

COMPARAÇÃO DE MODELOS QUE DETERMINAM A VELOCIDADE JUNTO A BARREIRAS ELETRÔNICAS

Charlie Williams Rengifo Bocanegra

Helena Beatriz Bettella Cybis

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
PPGEP – Laboratório de Sistemas de Transportes

Maria Alice Prudêncio Jacques

Universidade de Brasília, Mestrado em Transportes

Márcio Tassinari Stumpf

DAER - RS

RESUMO

Este artigo compara modelos de previsão de velocidades no entorno de barreiras eletrônicas. Os modelos apresentados neste trabalho foram construídos através de técnicas de redes neurais artificiais (RNA) e regressão linear a partir de uma mesma base de dados. As variáveis explicativas utilizadas nos modelos incluíram características físicas e operacionais da via e uso do solo no entorno da barreira eletrônica. A análise dos modelos indica que, tanto os modelos de regressão linear como o modelo de RNA, fornecem estimativas aceitáveis para velocidades no entorno das barreiras eletrônicas. O modelo de RNA apresentou melhores previsões que aquelas obtidas através de modelos de regressão linear, estimando perfis de velocidades mais próximos dos valores coletados em campo. Uma análise de sensibilidade dos modelos também indicou que a relação entre o fluxo veicular e velocidade é alterada pela presença da barreira eletrônica: as velocidades são menos sensíveis ao fluxo no trecho posterior à barreira no que no segmento anterior ao local do equipamento.

ABSTRACT

This paper compares speed forecasting models at the vicinity of electronic speed barriers. Two linear regression models and an Artificial Neural Networks (ANN) model were built from a common database. The variables used in the models include geometric and operational characteristics of the roads and the land use patterns. Statistical analyses indicate that all models were able to provide good estimations for the speed in the vicinity of the electronic barriers. However, the ANN model provided more accurate predictions than those obtained through the linear regression models. The speed profiles provided by the ANN closer resembled the measured values. A sensitivity analysis also indicated that electronic barriers have influence on the speed/flow relationships: vehicle speeds after the speed control devices are less sensitive to changes in traffic flow than before the barriers.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento do número de acidentes, em nível mundial, levou a uma reavaliação dos procedimentos que visavam o controle desse problema. Estudos têm mostrado que o excesso de velocidade é um fator contribuinte para a ocorrência de acidentes de trânsito e, sobretudo, para a severidade dos mesmos. Assim, dentre as estratégias adotadas para a redução da quantidade e severidade dos acidentes, os órgãos responsáveis pelo gerenciamento do trânsito têm implantado sistemas voltados ao controle da velocidade veicular que utilizam equipamentos de fiscalização eletrônica.

Em nível internacional, vários trabalhos têm investigado o impacto desses sistemas sobre a redução da velocidade e de acidentes de trânsito (Parker e Tschuchiyama, 1985; Corbett e Simon, 1999; Chen *et al.*; 2000; Gains *et al.*, 2003).

Em 1992, a partir de estudos sobre prejuízos causados pelas ondulações transversais (lombadas), foi desenvolvido na cidade de Curitiba um tipo de dispositivo, chamado de barreira eletrônica, com a finalidade de gerenciar a velocidade em pontos específicos da via.

Posteriormente, a Resolução nº 795/95 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) definiu o termo barreira eletrônica como sendo “a estação ou o conjunto de estações com a finalidade de exercer o controle e a fiscalização do trânsito em vias públicas, por meio de equipamentos mecânicos, elétricos e eletrônicos”, e estabeleceu as regras para sua homologação e implantação em vias públicas.

A Resolução nº 801/95 determinou os requisitos técnicos necessários a uma barreira eletrônica, indicando que o equipamento poderia ou não ser dotado de dispositivos complementares que alertasse o motorista sobre o cometimento da infração (CONTRAN, 2004). Assim, à luz dessa resolução, o equipamento desenvolvido em Curitiba pode ser classificado como barreira eletrônica dotada de dispositivos complementares, comumente conhecida como *lombada eletrônica*. A barreira eletrônica sem os dispositivos complementares passou a ser conhecida como *pardal*.

Atualmente, está em vigor a Resolução nº 146, de 27 de agosto de 2003. Essa resolução define Medidor de Velocidade como o “instrumento ou equipamento destinado à medição de velocidade de veículos automotores, reboques e semi-reboques”, que pode ser de um dos seguintes tipos:

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

Segundo Cannell (2001), em meados do ano 2000 existiam em torno de 50 cidades brasileiras empregando equipamentos medidores de velocidade, ou em processo de implantação da fiscalização eletrônica da velocidade. Segundo a CNT (2001), um estudo do Banco Interamericano de Desenvolvimento afirmou que a implantação dos radares eletrônicos reduziu em pelo menos 1500 o número de mortes no trânsito, por ano, no Brasil.

No entanto, a implantação dos equipamentos medidores de velocidade não tem sido precedida por estudos mais detalhados dos fatores que interferem em seu desempenho, assim como por uma avaliação dos efeitos de sua implantação, embora alguns trabalhos nessa direção já tenham sido realizados (Stumpf, 1999; Alves e Fernandes, 2002; Carneiro e Souza, 2003).

Dentre os trabalhos realizados no Brasil sobre o impacto dos equipamentos medidores de velocidade do tipo fixo com informador de velocidade, cabe destacar o de Stumpf (1999). No referido trabalho foram desenvolvidos dois modelos de regressão linear para a representação da velocidade veicular junto ao equipamento: um para o segmento viário anterior à localização do dispositivo, e outro para o posterior, representando os comportamentos de desaceleração e aceleração dos veículos, respectivamente.

No seu trabalho, Stumpf denominou o equipamento estudado (tipo fixo com informador de velocidade) por barreira eletrônica com informador de velocidade (BEIV), o qual será mantido ao longo desse artigo.

A partir de uma base de dados reduzida, Bocanegra *et al.* (2004), utilizando a técnica de Redes Neurais Artificiais (RNA), desenvolveram um modelo para o mesmo objetivo: estimar a velocidade veicular nos segmentos viários que antecedem e sucedem uma BEIV. Esse modelo incluiu variáveis não consideradas nos modelos de Regressão linear de Stumpf, tais como fluxo veicular, uso de solo e número de faixas.

Embora os modelos de regressão linear e RNA sirvam para a previsão de velocidades nas proximidades de barreiras eletrônicas, eles podem ter desempenhos diferentes. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar comparativamente o desempenho dos modelos construídos a partir dessas duas técnicas, desenvolvidos a partir do mesmo conjunto de dados. O trabalho se propõe também a avaliar mais profundamente a importância de variáveis não incluídas no trabalho original de Stumpf, como por exemplo, a influência do fluxo veicular na velocidade no entorno de uma BEIV.

Cabe destacar que os modelos originais de regressão linear foram calibrados utilizando toda a base de dados, incluindo também aqueles dados utilizados para teste do modelo de RNA. Os novos modelos de regressão linear, apresentados neste trabalho, foram desenvolvidos a partir da mesma base de dados utilizada para desenvolver o modelo de RNA. Dessa maneira foi possível realizar a comparação entre os modelos de regressão linear e o de RNA.

2. DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS A SEREM COMPARADOS

Apresenta-se, neste item, um resumo da abordagem adotada na definição dos modelos de regressão linear e de RNA para estimativa da velocidade do tráfego junto a barreiras eletrônicas com informador de velocidade (BEIV). Serão apresentados os locais de estudo, os dados básicos que foram coletados e os modelos desenvolvidos a partir desses dados.

2.1. Locais de estudo e coleta de dados

Para o desenvolvimento dos modelos foram utilizados dados coletados em seis locais, situados em Brasília. Na Tabela 1 são apresentadas as características próprias dos locais de estudo, tais como o número de faixas por via, a velocidade limite da via, a velocidade limite na barreira, a declividade da via - declive (D), a cive (A) ou plano (P) - e a ocupação do solo dos locais, que pode ser mista (M), Residencial (R) e sem uso (S).

Tabela 1: Características dos locais de estudo

Local	Código	Nº de faixas	Veloc. limite na barreira (km/h)	Veloc. limite da via (km/h)	Declividade da via	Ocupação do solo
Rua 3 (C.E. 02): BR 020 – Sobradinho	SD2	3	40	60	D	M
Eixo lateral Oeste-Norte – SQN 111: S-N	PP2	2	50	60	A	R
Via lago sul/PP (Costa e Silva): PP-Lago	PP4	2	60	60	D	S
Eixo lateral Oeste Sul - SQS 110: N-S	PP6	2	50	60	P	R
Eixo lateral Leste Sul - SQS 205: N-S	PP9	2	50	60	P	R
Via LJ2 – EQLN 1/3: via C/N - Taguatinga	TG2	2	40	50	P	M

Fonte: Adaptado de Stumpf (1999)

Os dados foram coletados ao longo de doze horas, entre 7:00 e 19:00 horas, durante dias típicos (terça, quarta ou quinta). Coletou-se a velocidade em nove pontos posicionados antes, depois e no local do dispositivo de controle de velocidade (Figura 1). Além disso, também foram coletados os fluxos veiculares das vias durante o período da pesquisa. Os fluxos

veiculares foram coletados na faixa de rolamento de maior velocidade e menor interferência externa.

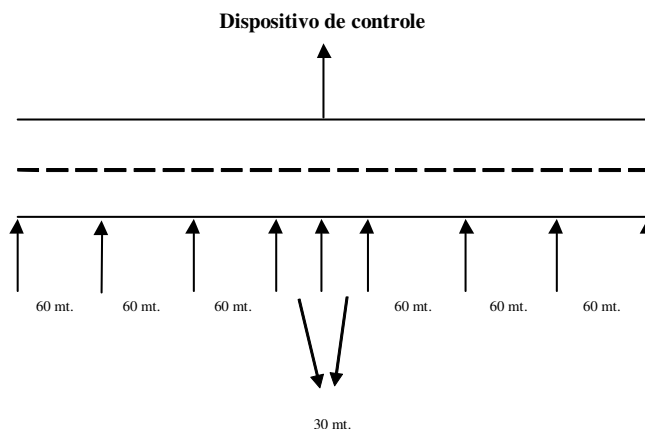


Figura 1: Distribuição dos pontos de coleta

2.2. Modelos Desenvolvidos

Para o desenvolvimento dos modelos foi utilizada uma mesma base de dados, onde os dados correspondentes a quatro locais de estudo (PP2, PP4, SD2 e TG2) foram empregados para treinamento do modelo de RNA e calibração do modelo de regressão linear. Os dados dos locais restantes (PP6 e PP9), formaram dois conjuntos para teste (RNA) ou validação (regressão linear).

Os locais para treinamento foram escolhidos visando garantir uma ampla representatividade das variáveis explicativas, objetivado o desenvolvimento de um modelo com melhor captação da realidade. Os conjuntos de teste serviram para comprovar o desempenho dos modelos na estimativa da velocidade veicular junto a BEIV, já que não entraram no processo de treinamento ou calibração.

2.2.1. Modelos de regressão linear

O processo de modelagem através de regressão linear incluiu originalmente todas as variáveis do banco de dados. Entretanto, a análise estatística dos modelos lineares indicou que algumas variáveis não eram estatisticamente significativas. Os modelos foram reformulados e as variáveis independentes incluídas na versão final dos modelos lineares foram: fluxo veicular, velocidade limite da via, velocidade limite na barreira, distância relativa ao eixo da barreira e declividade da via. A variável dependente foi a velocidade média atingida no entorno da barreira eletrônica.

A declividade da via foi subdividida em duas variáveis convencionadas como D_1 e D_2 . A combinação dos valores 0 (zero) e 1 (um) atribuídos a estas duas variáveis caracterizou as três situações existentes para a declividade, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Definição das variáveis D_1 e D_2

Declividade da Via	D_1	D_2
Active	0	1
Plano	0	0
Declive	1	0

A Tabela 3 apresenta as medidas de desempenho dos modelos de regressão linear desenvolvidos, o coeficiente de determinação (R^2) e o erro relativo absoluto médio (ERAM). Observa-se resultados satisfatórios, como R^2 acima de 75%, e erros abaixo de 7,5%.

Tabela 3: Medidas de desempenho para os modelos de Regressão linear

Modelos de Regressão linear					
Segmento anterior			Segmento posterior		
	R^2	ERAM		R^2	ERAM
Calibração	0,9134	0,0700	Calibração	0,8829	0,0570
Validação: PP6	0,8474	0,0737	Validação: PP6	0,7617	0,0530
Validação: PP9	0,8498	0,0627	Validação: PP9	0,7966	0,0560

As equações 1 e 2 correspondem aos modelos que estimam as velocidades médias atingidas antes e depois da barreira eletrônica, respectivamente.

$$V_{\text{ANTES}} = -0,0444 \text{ FV} - 0,4552 V_v + 1,5446 V_b + 0,0935 d - 0,6275 D_1 - 4,9876 D_2 \quad (1)$$

$$V_{\text{DEPOIS}} = -0,0203 \text{ FV} - 0,1122 V_v + 1,1374 V_b + 0,0607d - 0,4149 D_1 - 2,6140 D_2 \quad (2)$$

em que FV: fluxo veicular.

V_{ANTES} : velocidade da corrente de tráfego no segmento anterior [km/h];

V_{DEPOIS} : velocidade da corrente de tráfego no segmento posterior [km/h];

V_v : velocidade limite da via [km/h];

V_b : velocidade limite na barreira [km/h];

d: distancia relativa ao eixo da barreira [m]; e

D_1 e D_2 : variáveis correspondentes à declividade da via.

Destaca-se que todas as variáveis incluídas nesses modelos são estatisticamente significativas, e que eles diferem dos modelos desenvolvidos originalmente por Stumpf no que diz respeito aos seguintes aspectos:

- nos novos modelos as retas passam pela origem (intercepto igual a zero);
- a variável fluxo veicular não foi considerada nos modelos originais;
- as variáveis correspondentes à presença de faixa de pedestres e retorno, presentes no modelo original, não foram incluídas.
- os modelos originais foram desenvolvidos a partir dos dados coletados em nove locais (três a mais dos que os atuais).

Com o objetivo de avaliar a validade dos modelos gerados a partir da regressão linear, a Figura 2 apresenta os resíduos padronizados em função da variável dependente para as duas situações modeladas.

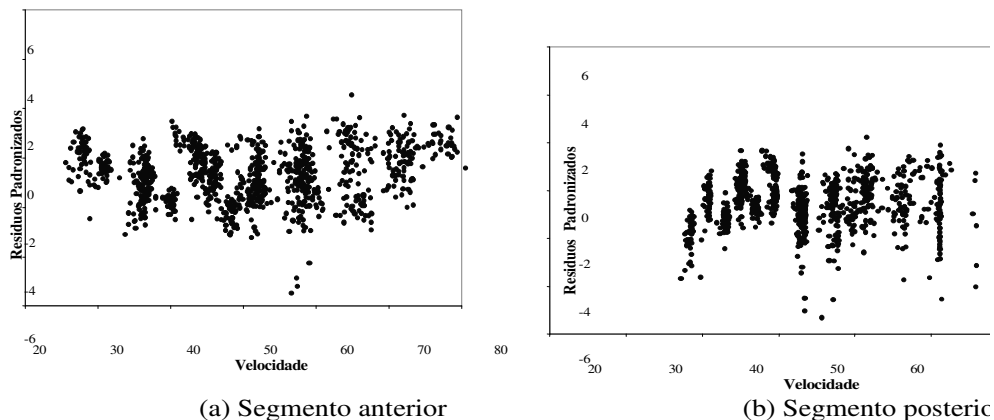


Figura 2: Resíduos padronizados *versus* velocidade

Analisando os gráficos apresentados na Figura 2, pode-se verificar uma distribuição e adequada dos resíduos nos dois segmentos viários, ratificando assim, a conclusão de que os modelos desenvolvidos representam satisfatoriamente o comportamento da velocidade veicular nas proximidades de barreiras eletrônicas.

2.2.2. Modelo de Redes Neurais Artificiais

No desenvolvimento do modelo foram utilizadas como variáveis de entrada o fluxo de veículos, o uso de solo, o número de faixas da via, a declividade da via, a posição do ponto de observação com respeito ao dispositivo de fiscalização (esta posição pode ser antes, depois ou no mesmo dispositivo), a velocidade limite da via, a velocidade limite no dispositivo de fiscalização, e a distância relativa ao eixo da barreira.

A variável de saída do modelo de RNA foi a velocidade média, esta velocidade é prevista e pode corresponder a um ponto antes, depois ou no mesmo dispositivo.

O *software* de Redes Neurais Artificiais *BrainMaker Professional* (California Software, 1998), foi empregado para a modelagem. O *software* forneceu as métricas de desempenho utilizadas para a escolha do melhor modelo, tais como o Erro Relativo Médio e o R^2 . O ERAM é definido pela seguinte equação:

$$ERAM = \frac{\sum \left| \frac{O - E}{O} \right|}{n}$$

Onde:
O : valor observado
E : valor estimado
n : número de observações

Esta medida de desempenho foi escolhida por não permitir a compensação de erros contrários e por independer da unidade de medida utilizada, tornando-se assim, um adequado para a comparação de séries de diferentes variáveis.

A arquitetura do melhor modelo encontrado consta de 11 neurônios na camada intermediária. As suas medidas de desempenho foram as seguintes: o ERAM, para o conjunto de treinamento e os dois de teste, foi de 0,0523, 0,0582 e 0,0766, respectivamente. Já o R^2 , para os mesmos conjuntos, foi de 92,99%, 81,16% e 80,81%, respectivamente. Esses resultados mostram que a capacidade de generalização da rede foi bastante efetiva.

3. ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS

Para comparação dos modelos foi realizada uma análise de sensibilidade, na qual o valor do fluxo veicular variou entre seu valor máximo, médio e mínimo, com a finalidade de observar a sensibilidade da velocidade com respeito ao fluxo veicular.

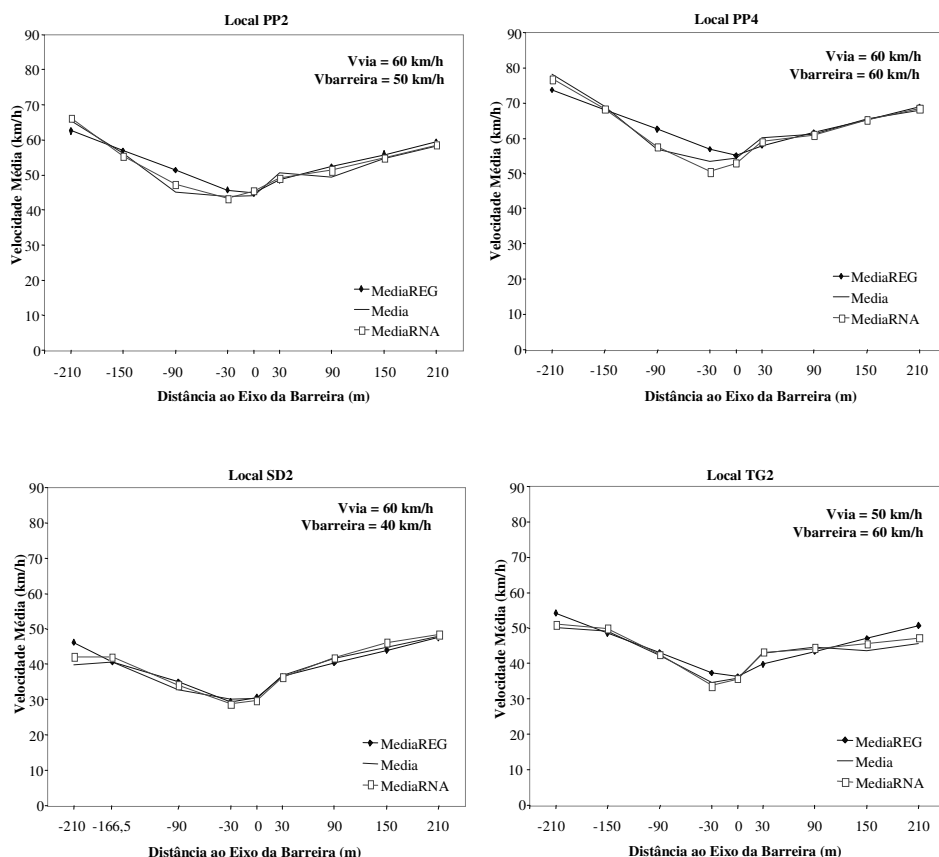


Figura 3: Perfil de velocidade média real nos locais de treinamento e os correspondentes perfis estimados pelos modelos de regressão linear e de RNA para o fluxo veicular médio.

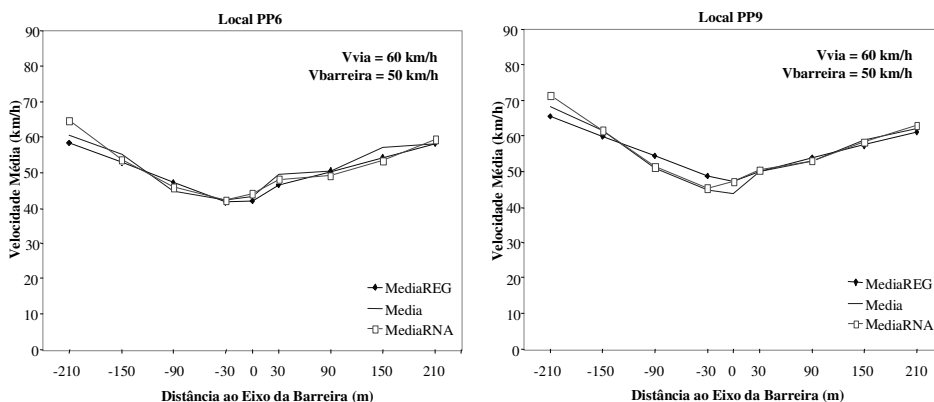


Figura 4: Perfil de velocidade média real nos locais de teste e os correspondentes perfis estimados pelos modelos de regressão linear e de RNA para o fluxo veicular médio

Nas Figuras 3 e 4 pode ser observada a comparação entre o perfil médio de velocidade e os resultados estimados pelos modelos de regressão linear e pelo de RNA. Os perfis estimados são comparados com os valores reais de velocidade obtidos para os locais de estudos utilizados para treinamento e teste, respectivamente.

A partir das figuras anteriores pode-se verificar que os perfis de velocidade estimados pelo modelo de RNA replicam de maneira mais realista os perfis de velocidade reais do que os estimados pelos modelos de regressão linear. Esta diferença provavelmente se deve à estrutura funcional mais flexível do modelo de RNA, assim como ao maior número de variáveis explicativas que puderam ser incluídas na sua formulação. Devido às restrições da sua forma funcional (modelo linear) os modelos de regressão não conseguem reproduzir o perfil curvilíneo das velocidades médias reais.

Na Tabela 4, podemos observar o ERAM, em cada um dos pontos de coleta, para as velocidades médias estimadas pelos modelos de regressão linear e de RNA. Essas velocidades foram as utilizadas para a construção dos perfis médios de velocidade apresentados nas Figuras 3 e 4. O modelo de RNA foi mais satisfatório, tendo os mais baixos ERAM.

Tabela 4: Erro Relativo Absoluto Médio para as estimativas dos modelos.

Modelo	Modelo de Regressão Linear						Modelo de Redes Neurais Artificiais					
	PP2	PP4	PP6	PP9	SD2	TG2	PP2	PP4	PP6	PP9	SD2	TG2
Ponto1	0,0490	0,0653	0,0327	0,0450	0,1638	0,0811	0,0120	0,0181	0,0711	0,0462	0,0578	0,0244
Ponto2	0,0159	0,0209	0,0338	0,0313	0,0122	0,0112	0,0110	0,0120	0,0293	0,0020	0,0397	0,0161
Ponto3	0,1457	0,1020	0,0679	0,0670	0,0845	0,0223	0,0488	0,0182	0,0210	0,0040	0,0363	0,0037
Ponto4	0,0554	0,0714	0,0056	0,0971	0,0106	0,1057	0,0117	0,0556	0,0053	0,0099	0,0491	0,0211
Barreira	0,0156	0,0093	0,0266	0,0741	0,0122	0,0115	0,0271	0,0272	0,0189	0,0723	0,0190	0,0075
Ponto6	0,0476	0,0494	0,0605	0,0101	0,0297	0,0844	0,0268	0,0215	0,0269	0,0064	0,0090	0,0086
Ponto7	0,0492	0,0033	0,0049	0,0099	0,0482	0,0282	0,0353	0,0035	0,0273	0,0008	0,0051	0,0020
Ponto8	0,0238	0,0064	0,0476	0,0240	*	0,0754	0,0044	0,0073	0,0620	0,0092	*	0,0392
Ponto9	0,0303	0,0170	0,0005	0,0121	0,0102	0,1185	0,0076	0,0079	0,0231	0,0147	0,0148	0,0351
TOTAL	0,0481	0,0383	0,0311	0,0412	0,0464	0,0598	0,0205	0,0190	0,0317	0,0184	0,0289	0,0175

A partir das Figuras 5 e 6 pode-se comparar os perfis de velocidade estimados através dos modelos de regressão linear e RNA para os fluxos veiculares máximos e mínimos coletados nos diversos locais.

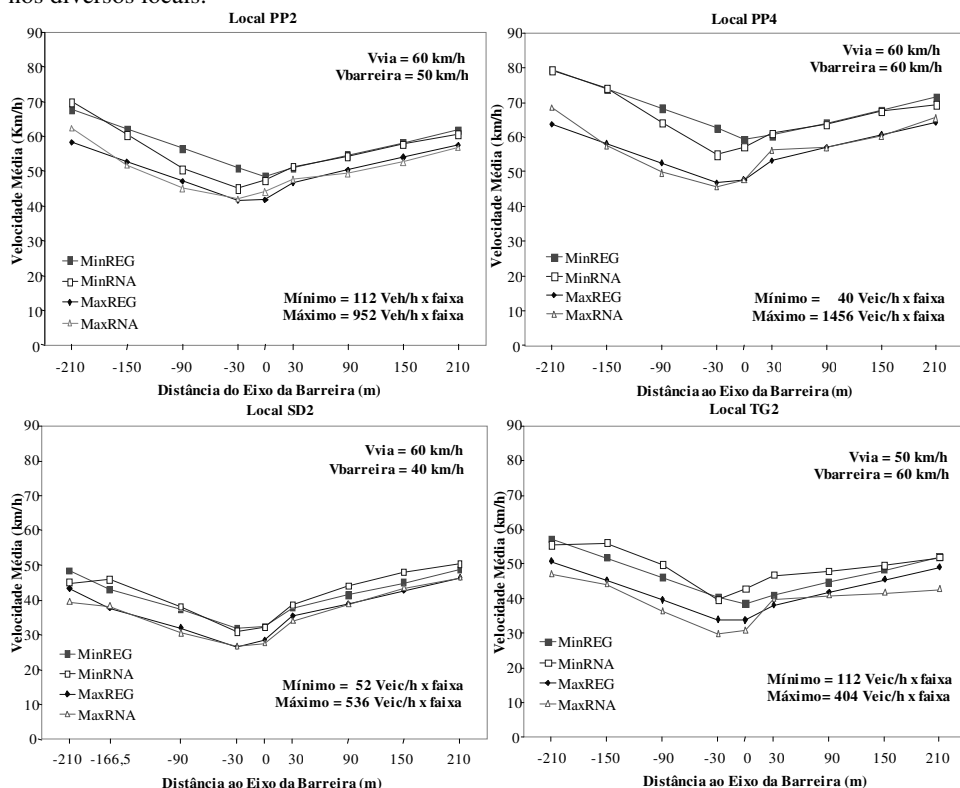
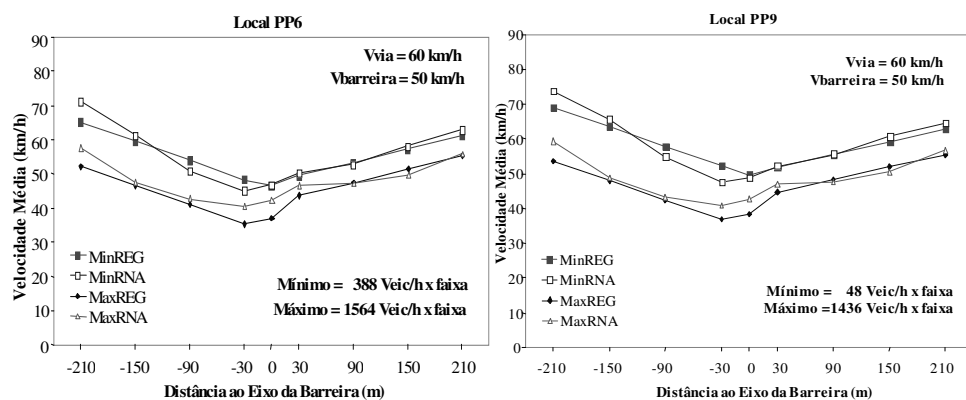


Figura 5: Comparação dos perfis médios de velocidade estimados nos modelos de regressão linear e de RNA para o maior e o menor fluxo veicular, nos locais para treinamento.



As figuras permitem a identificação do processo de aceleração e desaceleração ocorrido a distâncias próximas da barreira eletrônica. Na maioria dos locais modelados, o processo de desaceleração parece ser mais intenso que a retomada de velocidade após a barreira eletrônica.

Pode ser notado, também, que em todas as curvas estimadas com as RNA a menor velocidade é atingida sempre antes da barreira eletrônica, refletindo o comportamento real do fluxo veicular. Já nos perfis estimados através dos modelos de regressão linear este comportamento é observado apenas em alguns locais.

Um ponto importante é que, conforme esperado, as velocidades médias estimadas no entorno da barreira são dependentes do fluxo de veículos. Entretanto, a variação da velocidade com o fluxo é menor no trecho de retomada de velocidades, após a barreira. Esse fato é observado tanto nos modelos de regressão como no modelo RNA.

Cabe destacar que a variação da velocidade em função do fluxo é diferente em cada um dos modelos de previsão. De maneira geral, os modelos de RNA apresentaram maiores variações de velocidade que os modelos de Regressão Linear.

4. CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas é possível concluir que:

- ✓ os modelos construídos através de RNA e regressão linear apresentaram bom desempenho reproduzindo de forma satisfatória o perfil de velocidade dos veículos (aceleração e desaceleração) no entorno das BEIV;
- ✓ o modelo desenvolvido com o auxílio de Redes Neurais Artificiais replica de maneira mais realista os efeitos da barreira eletrônica sobre a velocidade veicular. A inclusão de variáveis tais como fluxo veicular, uso do solo e número de faixas contribui para seus resultados satisfatórios;
- ✓ análises de sensibilidade dos modelos indicaram que a variação da velocidade com o fluxo é mais evidente no segmento anterior à barreira eletrônica, isto é, no estágio de desaceleração, do que após a barreira, estágio de retomada de velocidade;
- ✓ a velocidade dos veículos nos segmentos posteriores às barreiras consegue ser melhor capturada pelos modelos desenvolvidos do que nos segmentos anteriores. As próprias estimativas realizadas pelos dois tipos de modelos nos segmentos posteriores são, em geral, bem mais próximas entre si do que as produzidas para os segmentos anteriores.

Estas últimas observações podem ser creditadas à menor variabilidade da velocidade dos veículos nos segmentos posteriores à barreira. Independentemente do fluxo, os veículos atingem velocidades bastante próximas entre si no ponto de controle, assim, a retomada da velocidade acaba ocorrendo de forma mais homogênea. Já nos segmentos anteriores, a velocidade dos veículos no início do trecho de influência do equipamento (aproximadamente 210 m antes da barreira) varia bastante, sofrendo acentuada influência do volume de tráfego na via (ver Figura 6). Desta forma, para chegarem ao local do equipamento à velocidade de controle, o processo de desaceleração dos veículos é bem mais variável e, portanto, mais difícil de ser estimado, mesmo em termos de valores médios das suas velocidades.

Cabe, por fim, ressaltar a importância do desenvolvimento de modelos para a avaliação do comportamento do tráfego no entorno de barreiras eletrônicas de velocidade. A partir de uma melhor compreensão sobre o comportamento do tráfego na presença destes instrumentos de

controle de velocidade, será possível desenvolver critérios mais acurados para definir a implantação de barreiras eletrônicas de velocidade, assim como prever os possíveis impactos de sua implantação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, R. M. R.; Fernandes, T. L. e M.A.P. Jacques, (2002) Impacto da Utilização de Barreiras Eletrônicas sobre os Acidentes nas Rodovias Goianas. Em: *VII Encontro Nacional de Conservação Rodoviária*. Anais (Em CD-ROM), Vitória, Brasil.
- Bocanegra, C.W.R.; Cybis, H.B.B.; Jacques, M.A.P. e M.T. Stumpf (2004) Modelo de Redes Neuronais Artificiais para determinar la velocidad en vías con Fiscalización Electrónica de la Velocidad. Em: *VI Congreso de Ingeniería del Transporte*. Anais (Em CD-ROM), Zaragoza, Espanha.
- California Scientific Software (1998) *Brainmaker Profesional: User's guide and reference*. Nevada City, EUA.
- Cannell, A. (2001) A taste of discipline: Brazil's electronic enforcement efforts. *Traffic Technology International*, p.65-69, agosto/setembro.
- Carneiro, B. A. e R.F. Sousa (2003) *Estudo da velocidade veicular em trechos viários controlados por equipamentos de fiscalização do tipo fixo – "Pardais"*. Monografia de Projeto Final. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.
- Chen, G.; Meckle, W. e J. Wilson (2000) Speed and Safety Effect of Photo Radar Enforcement on a Highway Corridor in British Columbia. *Accident Analysis and Prevention*, v. 34, n.2, p.129-138.
- Conselho Nacional de Trânsito (2004) CONTRAN – Resoluções. Disponível na internet via: <http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>. Capturado em 07/06/2004.
- Corbett, C e F. Simon (1999) *The Effects of Speed Cameras: how drivers respond*. Department for Transport, Reino Unido. Disponível na internet via: <http://www.peterharris.org.uk/roadsafety/camera.pdf>. Capturado em 15/06/2004.
- Gains, A.; Humble, R.; Heydecker, B. e S. Robertson (2003) *A Cost Recovery System for Speed and Red-light Cameras – two year pilot evaluation*. Department for Transport, Reino Unido. Disponível na internet via: http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_rdsafety/documents/page/dft_rdsafety_507639.pdf. Capturado em 15/06/2004.
- Revista CNT (2001) A polêmica dos pardais. Brasília, v.7, n.74, p.42-43, Julho.
- Parker, M.R.e K.H. Tsuchiyama (1985) *Methods for reducing large speed differences in traffic streams, volume I – Inventory of methods*. Report FHWA/RD-85/103. Department of Transportation, EUA.
- Stumpf, M.T. (1999) *Análise dos efeitos da barreira eletrônica com informador de velocidade sobre a operação do trafego*. Brasília. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.

Endereço dos autores:

Charlie Williams Rengifo Bocanegra (charlie@producao.ufrgs.br)
Helena Beatriz Bettella Cybis (helenabc@producao.ufrgs.br)

Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Praça Argentina, 9 sala 408
Porto Alegre – RS – Brasil

Maria Alice Prudêncio Jacques (mapj@unb.br)
Universidade de Brasília, Mestrado em Transportes

Márcio Tassinari Stumpf (stumpf@daer.rs.gov.br)
DAER - RS

Capítulo 6

Planejamento e Controle de Tráfego Urbano

