

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Larissa Santos Benetti

**MÉTODO DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE
FLUIDEZ DO TRÁFEGO PARA PROVISÃO DE
INFORMAÇÕES ATRAVÉS DE PAINÉIS DE
MENSAGEM VARIÁVEL**

Porto Alegre

2012

Larissa Santos Benetti

**Método de avaliação das condições de fluidez do tráfego para provisão de informações
através de painéis de mensagem variável**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientadora: Prof^ª. Helena Beatriz Bettella Cybis, *Ph. D.*

Porto Alegre

2012

Larissa Santos Benetti

Método de avaliação das condições de fluidez do tráfego para provisão de informações através de painéis de mensagem variável

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof^a. Helena Beatriz Bettella Cybis, *Ph D.*
Orientadora PPGEP/UFRGS

Prof^a. Carla Schwengber ten Caten
Coordenadora PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Christine Tessele Nodari, Dra. (PPGEP/UFRGS)

Professor João Fortini Albano, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Engenheira Paula Ariotti, Dra. (DNIT/SR/RS)

Às pessoas que amo, como forma de gratidão
aos momentos vividos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar o prazer de viver esta vida e de colocar pessoas maravilhosas no meu caminho.

Agradeço aos meus pais, Elizeu e Suzana, pelos valores me passados, por me ensinarem a ser a pessoa que sou, por me mostrarem o caminho correto, pelo incentivo e apoio nos momentos de dúvida e tristeza, enfim, pelo amor incondicional.

Agradeço ao meu irmão, Rafael, pelo carinho, pelos ensinamentos e ajuda durante a vida.

Agradeço ao meu noivo, Maurício, pelo incentivo, apoio, paciência e compreensão durante esta jornada e por fazer parte da minha vida.

Agradeço à minha orientadora, Prof^ª Helena Cybis, pelos ensinamentos passados e pela ajuda durante o período de aprendizado.

Agradeço aos membros da banca, professores Christine Nodari e João Albano, e a engenheira Paula Ariotti, pelas críticas e sugestões que possibilitaram o aprimoramento deste trabalho.

Agradeço ao professor Fernando Dutra Michel pelas importantes considerações levantadas ao longo do trabalho.

Agradeço também a todos aqueles que participaram do grupo focado e contribuíram com suas respostas para os questionários aplicados.

RESUMO

Este trabalho propõe um método para avaliação das condições de fluidez do tráfego em vias arteriais da cidade de Porto Alegre sob a ótica de seus usuários, de modo a subsidiar a apresentação destas informações através dos painéis de mensagem variável (PMV). Para atingir o objetivo proposto, foram levantados: (i) estado-da-arte e da prática sobre a utilização de PMV; (ii) características das vias arteriais da cidade; (iii) imagens de vídeo e dados de tráfego destas vias; (iv) a percepção dos usuários sobre a fluidez do tráfego. O levantamento do estado-da-arte e da prática permitiu conhecer quais as características das mensagens, sejam elas do padrão construtivo ou do conteúdo, podem influenciar no comportamento do usuário. O estudo do sistema viário permitiu a escolha de vias de grande importância para a mobilidade da população para a aplicação do estudo. Os dados de tráfego e as imagens de vídeo destas vias foram utilizados na elaboração de cenários que buscaram representar situações de tráfego encontradas nos grandes centros urbanos. Os cenários foram avaliados por usuários das vias em questão. A partir dos resultados da pesquisa qualitativa, foram realizadas modelagens e obtidas equações que relacionam a percepção de fluidez do tráfego por parte dos usuários com a velocidade média do trecho. Os resultados indicaram que: (i) a velocidade média tem grande influência sobre a percepção de fluidez por parte dos motoristas; (ii) a avaliação sobre a fluidez do tráfego piora significativamente com a redução da velocidade média; (iii) os modelos para vias em estudo tem comportamentos semelhantes. Além disso, este trabalho propõe uma escala de qualificação da fluidez do tráfego levando em consideração a percepção dos usuários, utilizando a velocidade média com indicador de desempenho.

Palavras-chave: fluidez do tráfego; percepção dos usuários; vias urbanas arteriais; painel de mensagem variável (PMV).

ABSTRACT

This paper proposes a method for analyzing the conditions of traffic flow on arterial roads of the Porto Alegre city from the perspective of its users in order to submit this information by variable message signs (VMS). To reach that goal has been raised: (i) state of the art and practice on the use of VMS; (ii) characteristics of the arterial roads of the city; (iii) video images and data traffic from these roads; (iv) the perception of users about the traffic flow. The lifting of the state of the art and practice which helped identify the characteristics of messages, whether constructive or the standard of content, can influence the behavior of the user. The study of the road system allowed the choice of channels of great importance to the mobility of the population to implement the study. Traffic data and video images of these routes were used in the preparation of scenarios that sought to represent traffic situations found in large urban centers. The scenarios were evaluated by users of the roads in question. From the results of qualitative research, modeling was performed and obtained equations that relate the perception of traffic flow for users with average speed of the stretch. The results indicated that: (i) the average speed has great influence on the perception of fluidity by the drivers, (ii) the assessment of traffic flow worsened significantly with the reduction of average speed, (iii) models for railway under study have similar behaviors. In addition, this paper proposes scales qualification of traffic flow from the perspective of users, using the average speed with performance indicator.

Keywords: traffic flow; users perception; urban arterial roads; variable message signs (VMS)

LISTA DE FIGURAS

2. PRIMEIRO ARTIGO

A utilização de painel de mensagem variável para fornecimento de informações sobre o tráfego para motoristas de veículos

Figura 1: painel de mensagem variável fixo.....	20
Figura 2: painel de mensagem variável móvel.....	21
Figura 3: fluxograma de decisão para implantação de painéis de mensagem variável.....	29

3. SEGUNDO ARTIGO

Avaliação das condições de fluidez do tráfego em vias arteriais de Porto Alegre sob a ótica de seus usuários

Figura 1: classificação das vias quanto à mobilidade e acesso local.....	42
Figura 2: mapa esquemático da localização das vias em estudo.....	46
Figura 3: fragmento do questionário eletrônico utilizado para avaliação dos cenários.....	50
Figura 4: variação da nota do cenário em função da variação das velocidades médias.....	55

LISTA DE TABELAS

3. SEGUNDO ARTIGO

Avaliação das condições de fluidez do tráfego em vias arteriais de Porto Alegre sob a ótica de seus usuários

Tabela 1: dados coletados e as principais características dos vídeos.....	49
Tabela 2: associação entre notas e conceitos atribuídos aos cenários da pesquisa.....	51
Tabela 3: notas médias atribuídas aos cenários da pesquisa.....	51
Tabela 4: notas médias atribuídas aos cenários por gênero e idade.....	53
Tabela 5: escala proposta para qualificação da fluidez com base na velocidade.....	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. OBJETIVOS.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA.....	14
1.3. MÉTODO.....	15
1.4. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	16
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2. A UTILIZAÇÃO DE PAINEL DE MENSAGEM VARIÁVEL PARA FORNECIMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE O TRÁFEGO PARA MOTORISTAS DE VEÍCULOS.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1. FORMA DE APRESENTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES.....	22
2.2. CONTEÚDO DAS INFORMAÇÕES.....	24
2.3. RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA E CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DOS USUÁRIOS E DA VIAGEM.....	26
2.4. LOCAL PARA IMPLANTAÇÃO DOS PMV.....	28
3. IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS DE MENSAGEM VARIÁVEL (PMV).....	28
3.1. ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DE PMV.....	28
3.2. DISCUSSÕES.....	31
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS.....	34
3. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FLUIDEZ DO TRÁFEGO EM VIAS ARTERIAIS DE PORTO ALEGRE SOB A ÓTICA DE SEUS USUÁRIOS.....	38
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS DE ACORDO COM A SUA UTILIZAÇÃO.....	41
3. METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CIRCULAÇÃO.....	42
4. MÉTODO DE TRABALHO.....	44
5. PLANEJAMENTO DA PESQUISA QUALITATIVA SOBRE A	

PERCEPÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FLUIDEZ DO TRÁFEGO EM VIAS URBANAS ARTERIAIS.....	44
5.1. DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS A SEREM ESTUDADAS.....	44
5.2. DADOS A SEREM COLETADOS E FORMA DE COLETA.....	46
6. ELABORAÇÃO DA PESQUISA QUALITATIVA.....	47
6.1. DEFINIÇÕES DOS NÍVEIS E NOMENCLATURA DAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO.....	47
6.2. ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS PARA A PESQUISA COM MOTORISTAS.....	48
7. APLICAÇÃO DA PESQUISA QUALITATIVA JUNTO AOS USUÁRIOS.....	49
8. ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA QUALITATIVA.....	50
9. MODELAGEM DA PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS E PROPOSIÇÃO DA ESCALA DE QUALIFICAÇÃO DA FLUIDEZ.....	54
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS.....	58
4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	61
REFERÊNCIAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

O sistema de transporte é essencial para o desenvolvimento urbano, permitindo o deslocamento das pessoas para a satisfação de suas necessidades e o funcionamento da cidade, caracterizando-se como uma dinâmica contínua entre as vias e o cidadão (MELO, 2004). Para o desenvolvimento de um eficiente sistema de transportes, com o intuito de servir aos diversos usos do solo e promover o crescimento da comunidade, é desejável estabelecer uma rede viária dividida em sistemas, sendo que cada sistema deve servir para uma função particular (GHODKE, 2010). Além disso, deve-se promover a hierarquização das vias pertencentes a este sistema, a fim de que a malha viária esteja adaptada às necessidades de circulação decorrentes do desenvolvimento que ela induz para que os atributos inerentes ao transporte, como rapidez, economia, segurança e conforto sejam alcançados (PANITZ, 2011).

Para que haja fluidez no trânsito, é primordial a presença, no sistema viário urbano, de duas funções do transporte, as quais: mobilidade e acessibilidade. O conceito de mobilidade está voltado para a facilidade de deslocamento, enquanto a acessibilidade refere-se ao acesso das pessoas aos locais desejados. Conceitualmente, as vias arteriais estão voltadas para atender ao conceito de mobilidade, as vias locais para acessibilidade e as coletoras para ambos os casos.

No entanto, a mobilidade da população urbana tem reduzido significativamente nestes últimos anos devido a diversos fatores, como o crescimento desordenado da população das cidades, a falta de planejamento urbano e o aumento do número de veículos. A oferta do sistema viário não consegue acompanhar a crescente demanda do uso de veículo privado, em detrimento aos demais modos, fazendo com que a capacidade viária chegue a seu limite. Como consequência, tem-se os congestionamentos e deslocamentos mais lentos e longos, saturando as vias arteriais e coletoras, antes utilizadas para o tráfego de passagem.

É reconhecido, mundialmente, que a aplicação de tecnologias avançadas é uma alternativa para a redução do congestionamento do tráfego através da realocação da demanda e da melhor utilização da infraestrutura viária (GAN *et al.*, 2008). A aplicação de diversas tecnologias denominadas Sistemas Inteligentes de Transporte ou ITS (*Intelligent Transportation Systems*), utilizadas para a otimização do fluxo de tráfego na rede viária, tem como objetivo ajudar os usuários a planejarem melhor suas necessidades de deslocamento e a tomada de decisão.

Tais tecnologias podem envolver desde sistemas avançados de informação ao motorista, através da difusão de informações via rádio, telefone e internet, painéis de mensagens variáveis, quiosques de informações e dispositivos instalados nos veículos; bem como técnicas das áreas de otimização e de telecomunicações e novas tecnologias, visando direção autônoma e rodovias informatizadas. No Brasil, as tecnologias mais difundidas relacionadas aos ITS são os painéis de mensagem variável (PMV) e pedágio eletrônico.

Estudos realizados em países de primeiro mundo, que já fazem uso destas tecnologias, estimam que a implantação de ITS, ao invés da ampliação da infraestrutura, acarreta numa economia de 35% (CHEQUER; RIBEIRO, 2010). Com isso, verifica-se que o investimento neste tipo de sistema possui uma boa relação custo-benefício em transportes (BAZZAN; KLÜGL, 2007). No entanto, estes benefícios podem ser incrementados com a agregação de serviços voltados aos usuários, para garantir, numa visão microscópica, uma melhor qualidade de vida às pessoas, e numa visão macroscópica, maior eficiência à economia urbana e melhor qualidade ambiental para a sociedade.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal a proposição de um método de avaliação das condições de fluidez do tráfego em vias arteriais de Porto Alegre sob a ótica dos usuários para subsidiar a elaboração de mensagens utilizadas em painéis de mensagem variável (PMV). Como objetivos específicos, tem-se:

(i) fazer uma revisão do estado-da-arte e da prática sobre a utilização de painéis de mensagem variável como meio de transmitir informações aos usuários de veículos sobre as condições viárias das vias;

(ii) propor um fluxograma com o passo-a-passo das etapas para a implantação de PMV, levando em consideração o tipo de mensagem a ser apresentada aos usuários, a infraestrutura necessária e a análise da viabilidade técnica, físico/geográfica e financeira/econômica;

(iii) realizar uma pesquisa qualitativa de modo a definir a quantidade de níveis e nomenclaturas a serem utilizadas na classificação das condições de fluidez do tráfego apresentadas nos PMV;

(iv) relacionar a percepção dos usuários de vias arteriais de Porto Alegre acerca da qualidade de circulação com dados de tráfego, de forma a definir parâmetros para o método proposto;

(v) criar uma escala de qualificação de fluidez do tráfego como forma de tradução da percepção dos usuários sobre a fluidez do tráfego.

1.2. JUSTIFICATIVA

Atualmente, a tendência em criar canais de comunicação entre as empresas gestoras do tráfego e os usuários das vias vem crescendo substancialmente. As informações disponibilizadas aos usuários do sistema viário permitem a avaliação das situações apresentadas e dão aos usuários o poder de decisão, diminuindo a incerteza frente às situações e o tempo desperdiçado em esperas.

As formas mais comuns utilizadas para a comunicação entre usuários e empresas gestoras do tráfego são a *internet* e os painéis de mensagem variável (PMV), sendo a primeira uma fonte de informação antes do início da viagem e a segunda durante a viagem. Estas ferramentas, além de dispositivos móveis, rádio e TV, entre outros, são utilizadas no gerenciamento do tráfego nos grandes centros urbanos para o aumento da qualidade da circulação.

Cidades brasileiras como o Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte, Recife, Salvador e Maceió já utilizam painéis de mensagem variável para transmitir aos usuários informações sobre as condições do tráfego durante a viagem, bem como já disponibilizam informações sobre as condições viárias em páginas da *internet*. No entanto, como o investimento necessário para a operacionalização dos PMV é alto, este necessita de estudos prévios para definição do tipo de informação que será fornecida e qual a infraestrutura necessária para tal fim, o que não acontece com informações fornecidas através da *internet*.

Geralmente, as avaliações qualitativas sobre as condições operacionais dos sistemas de transporte têm como base a metodologia do nível de serviço desenvolvida pelo *Transportation Research Board (TRB)*. Esta metodologia avalia diversas infraestruturas de transporte como rodovias, vias urbanas e interseções, entre outras, através de indicadores como velocidade, classificação das vias, número de rampas de acesso, etc. Apesar das empresas de trânsito utilizarem frequentemente a terminologia nível de serviço, na prática, normalmente, esta avaliação é visual e baseia-se na

experiência adquirida pelos técnicos e nas características específicas das vias em relação a determinados horários. Segundo Pranzl (1999), com isso pode-se ter uma via com tráfego intenso recebendo uma avaliação boa, sendo que este resultado refere-se às condições do tráfego no horário avaliado.

Portanto, as informações fornecidas aos usuários das vias não estão baseadas na percepção destes, estando os principais beneficiados com a apresentação destas informações excluídos do processo de construção das mesmas. Como reconhece o *Highway Capacity and Quality of Service Committee* (TRB, 2000), as metodologias utilizadas para avaliação do nível de serviço devem refletir o ponto de vista dos usuários do sistema viário.

1.3. MÉTODO

Esta pesquisa foi elaborada utilizando uma combinação de métodos. Inicialmente foi realizada uma pesquisa de objetivo exploratório. Com base na revisão da literatura, permitiu-se levantar o estado-da-arte e da prática sobre a utilização de PMV como meio de transmitir informações aos usuários de veículos sobre as condições viárias das vias. Os conceitos utilizados na literatura subsidiaram a elaboração de um fluxograma de decisão para implantação de PMV.

Num segundo momento, foi realizada uma pesquisa exploratória com a finalidade de coletar dados de tráfego utilizados como subsídio para a definição das informações referentes às condições de tráfego das vias postadas nos PMV. Esta coleta permitiu a elaboração de vídeos de tráfego para utilização na pesquisa aplicada.

O trabalho culminou em uma pesquisa aplicada, realizada com o apoio das imagens coletadas na etapa anterior. Utilizou-se um formulário via *internet* para aplicação das mesmas. A pesquisa aplicada permitiu consolidar a proposta de correlacionar dados quantitativos sobre as condições de tráfego e avaliações qualitativas destas condições por parte dos usuários das vias, como forma de subsidiar a elaboração de mensagens apresentadas a estes usuários. Além disso, permitiu estabelecer uma escala de qualificação da fluidez do tráfego sob a ótica dos usuários.

Operacionalmente, a pesquisa foi desenvolvida em sete etapas. A primeira etapa contemplou uma revisão da literatura buscando conhecer quais variáveis de tráfego são utilizadas como subsídio para geração de informações sobre o mesmo e as metodologias para avaliação da qualidade de circulação.

Em uma segunda etapa, foram definidas as vias que seriam estudadas, em função de sua importância para o sistema viário; os dados a serem coletados e a forma de coleta, em virtude da facilidade de medição em campo através de câmeras de vídeo utilizadas no gerenciamento do tráfego.

À terceira etapa coube a realização das filmagens das vias selecionadas e posterior análise dos dados gerados. Esta análise permitiu a definição dos cenários que foram utilizados na pesquisa qualitativa.

Na quarta etapa, realizou-se um grupo focado com usuários das vias e especialistas em transporte da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Este tinha como objetivo determinar a quantidade de níveis e nomenclaturas a serem utilizadas na classificação das condições de fluidez do tráfego utilizados na pesquisa qualitativa.

Na quinta etapa, foi aplicada a pesquisa qualitativa aos usuários de três vias arteriais de Porto Alegre, através da *internet*. Foram utilizados os cenários e as definições provenientes do grupo focado, conforme mencionado nas etapas anteriores.

À sexta etapa coube a análise de resultados da pesquisa qualitativa, buscando extrair a visão dos usuários frente às situações de tráfego apresentadas. Por fim, na sétima etapa, foi determinada a correlação entre dados de tráfego e as condições de fluidez percebidas pelos usuários, através de um modelo matemático, além da proposição de uma escala de qualificação da fluidez do tráfego.

1.4. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Os painéis de mensagem variável fornecem informações de advertência, educativas e referentes à melhoria operacional, que dizem respeito às condições do tráfego no momento em que o motorista passa pelo painel, bem como orientações/sugestões, tais como a indicação da melhor rota a ser seguida para se chegar a um destino (*route guidance*) ou a sugestão de rotas alternativas. Apesar do panorama geral realizado, neste estudo somente foram avaliadas as informações relativas à melhoria operacional, já que a escala de qualificação de fluidez do tráfego proposta relaciona a variável velocidade média com a percepção dos usuários.

Com relação ao método que correlaciona dados quantitativos das condições de tráfego e avaliações qualitativas destas condições, proposto neste estudo, este é baseado em características de vias arteriais da cidade de Porto Alegre sob o ponto de vista de seus usuários. Portanto, a percepção dos usuários acerca da qualidade da circulação está restrita ao ambiente apresentado nos vídeos:

(i) três vias arteriais da cidade de Porto Alegre: Av. Ipiranga e Goethe e Rua Mostardeiro;

(ii) situações de tráfego do cotidiano, sob diferentes condições de fluidez do tráfego.

A fluidez do tráfego nas vias está relacionada a diversos elementos, tais como o número de faixas por sentido; a interferência do meio, que remete à existência de travessia de pedestres, estacionamento, paradas de ônibus; e composição do tráfego. Neste estudo, somente os fatores mencionados acima foram considerados na elaboração do método. Além disso, foram considerados, apenas, trechos das vias citadas que se localizavam em meio de quadra, para que a presença de semáforo ou de acessos de vias laterais não interferisse na percepção de fluidez dos usuários em virtude da redução da velocidade decorrente destas impedências.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos. O primeiro capítulo mostra uma introdução ao tema abordado, os objetivos e as etapas da pesquisa, com uma justificativa para o seu desenvolvimento.

O segundo capítulo apresenta o primeiro artigo da dissertação, no qual é feita uma revisão do estado-da-arte e da prática sobre a utilização de PMV como meio de transmitir informações aos usuários de veículos sobre as condições viárias da rota utilizada ou a ser utilizada. Através dessa revisão determinaram-se os fatores que podem contribuir significativamente para a efetividade do sistema de PMV em reduzir o congestionamento, o atraso e as filas geradas. Além disso, propõe-se um fluxograma com o objetivo de definir quais as atividades e prioridades que devem ser consideradas para a implantação eficiente de PMV.

O terceiro capítulo apresenta o segundo artigo da dissertação, no qual é proposto um método de avaliação das condições de fluidez do tráfego em vias arteriais sob a ótica dos usuários. Este método correlaciona dados quantitativos das condições de tráfego e avaliações qualitativas destas condições por parte dos usuários, dando subsídio para a elaboração de uma escala de qualificação da fluidez das vias. Esta informação pode subsidiar a elaboração de mensagens apresentadas através de PMV.

No quarto e último capítulo são apresentadas as conclusões e considerações para trabalhos futuros.

A UTILIZAÇÃO DE PAINEL DE MENSAGEM VARIÁVEL PARA FORNECIMENTO DE INFORMAÇÕES SOBRE O TRÁFEGO PARA MOTORISTAS DE VEÍCULOS

Larissa Santos Benetti

Helena Beatriz Bettella Cybis

Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Resumo

Os painéis de mensagem variável (PMV) são um dos principais componentes dos sistemas avançados de informação ao usuário (ATIS), já que estes dispositivos são instalados ao longo das vias para exibição de mensagens aos motoristas durante a viagem, em tempo real, incluindo informações relativas a acidentes, congestionamento e desvios. O principal objetivo deste estudo é fazer uma revisão do estado-da-arte e da prática sobre a utilização de PMV como meio de transmitir informações aos usuários de veículos sobre as condições viárias da rota utilizada ou a ser utilizada. Este trabalho propõe, ainda, um fluxograma com as decisões a serem tomadas para a implantação de PMV. A pesquisa bibliográfica realizada explora o tipo de informação apresentada e suas características físicas, o conteúdo desta informação, a relação entre a resposta dada pelo usuário e suas características socioeconômicas e da viagem e o melhor local para postá-la, determinando os fatores que podem contribuir significativamente para sua efetividade em reduzir o congestionamento, o atraso e as filas geradas. Além disso, a proposição do fluxograma visa definir quais as atividades e prioridades que devem ser consideradas para a implantação eficiente de PMV.

Palavras-chave: sistemas avançados de informação ao usuário; painel de mensagem variável; informação ao motorista

Abstract

The variable message signs (VMS) are a major component of advanced traveler information systems (ATIS), since these devices are installed along the paths to display messages to drivers while traveling in real time, including information accidents, congestion and detours. The main objective of this study is to review the state of the art and practice on the use of VMS as a means of transmitting information to vehicle users about road conditions or route to be used. This paper also proposes a flowchart with the decisions to be taken for the implementation of VMS. The literature search was undertaken explores the type of information presented and their physical characteristics, the content of this information, the relationship between the response given by the user and their socioeconomic characteristics and travel and the best place to post it, determining the factors that can contribute significantly for its effectiveness in reducing congestion, delays and queues generated. Furthermore, the proposal aims to define the flow chart which activities and priorities that should be considered for the effective deployment of VMS

Keywords: advanced traveler information systems; variable message sign; driver information

1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas Inteligentes de Transportes (SIT ou ITS – *Intelligent Transportation Systems*) consistem em uma ampla gama de tecnologias de comunicação (informação), de controle e de eletrônica que, integradas à infraestrutura do sistema de transportes e aos veículos, têm a finalidade de melhorar as condições de fluidez e segurança para motoristas e pedestres (PEREIRA, 2005; PEREIRA *et al.*, 2005). Os ITS são caracterizados por um conjunto de tecnologias oriundas das aplicações da telemática nos veículos e nos sistemas de transportes, sendo a telemática entendida como o resultado da integração das TELEcomunicações com a inforMÁTICA (ITS BRASIL, 2009).

Os ITS compreendem oito grandes áreas, descritas a seguir (PEREIRA, 2005):

- ATMS (*advanced travel management systems* ou sistemas avançados de gerenciamento de viagens): destinam-se à parte de infraestrutura e engenharia;
- ATIS (*advanced traveler information systems* ou sistemas avançados de informação ao usuário): destinam-se aos usuários do sistema de transporte;
- AVCS (*advanced vehicle control and safety systems* ou sistemas avançados de controle e segurança do veículo): destinam-se à automação de veículos e prevenção de acidentes;
- APTS (*advanced public transportation systems* ou sistemas avançados de transporte público): destinam-se ao gerenciamento de transporte público;
- CVO (*comercial vehicle operation* ou operação de veículo comercial): destinam-se ao gerenciamento de frota e rastreamento de veículos operacionais;
- EM (*emergency management systems* ou sistemas de gerenciamento de emergência): destinam-se ao gerenciamento de veículos de emergência e monitoramento de carga perigosa;
- EP (*electronic payment* ou pagamento eletrônico): destinam-se às transações financeiras eletrônicas (ex.: pedágio eletrônico);
- AEC (*automatic emission control* ou controle automático de emissões): destinam-se ao controle de emissões de poluentes.

Compostos de vários subsistemas integrados, conforme já mencionado, os ITS concentram um grande volume de dados que podem ser processados em informações que serão disponibilizadas ao público através dos Sistemas de Informação ao Usuário ou ATIS (*Advanced Traveler Information System*) (SANTOS, 2005). O principal objetivo

do ATIS é auxiliar os condutores e demais usuários do sistema de transporte na tomada de decisões através do fornecimento de informações no momento do início da viagem, para evitar congestionamentos, por exemplo, e na escolha de rotas (BAZZAN; KLÜGL, 2007; GAN *et al.*, 2008).

As recomendações ou aconselhamentos fornecidos aos motoristas relacionados ao tráfego da rota podem ser de duas formas distintas: antes da viagem (*pre-trip*) e durante a viagem (*en-route*). No primeiro caso, os meios utilizados são internet, celular e outros dispositivos móveis, rádio e TV. De posse deste tipo de informação, o usuário decide sobre o meio de transporte, horário de partida e rota inicial. No segundo caso, através de meio privado de transporte, o usuário pode continuar a ter acesso à informação via rádio, painéis de mensagem variável ou ainda via celular ou equipamento de bordo (BAZZAN; KLÜGL, 2007).

Os painéis de mensagem variável (PMV) são um dos principais componentes dos sistemas avançados de informação ao viajante, já que estes dispositivos são instalados ao longo das vias para exibição de mensagens aos motoristas durante a viagem, como informações de tráfego em tempo real, incluindo acidentes, congestionamento e desvios (KIM *et al.*, 2009). Os PMV's podem ser do tipo fixo ou móvel, conforme Figuras 1 e 2, respectivamente. Os painéis de mensagens variáveis fixos são instalados em pontos estratégicos das vias para fornecimento das informações. Já os painéis de mensagens variáveis móveis são dispostos sobre carretas ou reboques e utilizados para atendimento de situações especiais, tais como sinalização de obras, auxílio no atendimento de acidentes, eventos temporários, bem como para sinalização de apoio nos locais onde não existem painéis de mensagens variáveis fixos.



Figura 1: painel de mensagem variável fixo



Figura 2: painel de mensagem variável móvel

As mensagens apresentadas podem oferecer diversos tipos de informações, tais como compulsória (advertência), de melhoria operacional (orientativa) e educativa. A informação compulsória menciona alterações nas condições de operação das vias em função de incidentes ou eventos programados (exemplo: manutenção da via, jogos, shows). As informações referentes à melhoria operacional dizem respeito às condições atuais do sistema, referindo-se às condições do tráfego no momento em que o motorista passa pelo painel (fluidez do tráfego, tempos de viagem, velocidade) e sobre condições climáticas adversas, bem como orientações/sugestões, como a indicação da melhor rota a ser seguida para se chegar a um destino (*route guidance*) ou a sugestão de rotas alternativas (PEREIRA, 2005). As mensagens educativas dizem respeito, por exemplo, ao uso de cinto de segurança, à recomendação de não ingestão de bebidas alcoólicas e ao respeito ao limite de velocidade.

O objetivo principal deste trabalho é fazer uma revisão do estado-da-arte e da prática sobre a utilização de painéis de mensagem variável como meio de transmitir informações aos usuários de veículos sobre as condições viárias da rota utilizada ou a ser utilizada. Além disso, este estudo prevê a proposição de um fluxograma de decisão para a implantação de PMV, baseado nas informações adquiridas na revisão dos estados da arte e da prática.

Este artigo está organizado em quatro capítulos. O capítulo 2 apresenta o estado-da-arte e da prática de pesquisas envolvendo a utilização de painéis de mensagem variável, com o propósito de conhecer os fatores que influenciam na sua efetividade. O capítulo 3 apresenta um fluxograma com as decisões a serem tomadas para a implantação de PMV e discussões acerca do referencial teórico. O capítulo 4 apresenta as conclusões do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Um grande número de estudos tem sido conduzidos para analisar aspectos sob influência dos painéis de mensagem variável. As pesquisas relatadas na literatura se concentraram na forma de apresentação das informações e em seu conteúdo, na relação entre a resposta e as características socioeconômicas dos usuários e da viagem e na localização dos PMV. Cada um destes fatores é descrito a seguir.

2.1 FORMA DE APRESENTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

A forma de apresentação das mensagens diz respeito à quantidade de informações, à utilização de textos, gráficos, símbolos, animações e palavras abreviadas, à cor das palavras apresentadas, à legibilidade da informação, ao tempo de exposição da mensagem e à quantidade de repetições.

A quantidade de informações contida numa mensagem está intimamente relacionada à quantidade de tempo necessária para a sua leitura. Segundo Dudek *et al.* (2007), Machado (2007), Kim *et al.* (2009), Wang *et al.* (2009), a relação entre elas é crescente, sendo sugerido um máximo de 4 unidades de informação numa única mensagem.

As informações postadas nos PMV podem ser apresentadas através de textos, símbolos e gráficos. No entanto, há divergência nos resultados de estudos realizados com estes três itens. Erke *et al.* (2007), Clark *et al.* (2008), Wang *et al.* (2009) mostraram que os motoristas responderam mais rapidamente a mensagens que utilizavam gráficos, gráficos acompanhados de textos e símbolos, ao invés de texto somente. Isto se dá devido à rapidez com que são identificados (numa distância maior), mesmo em condições adversas de visibilidade, e da facilidade de compreensão dos vários tipos de mensagens. Os pontos negativos deste uso dizem respeito à redução do tamanho da letra devido à utilização de gráficos nas mensagens (CLARK *et al.*, 2008), à redução na velocidade quando da substituição do texto por símbolos (ERKE; SAGBERG, 2006), além da preferência dos motoristas por textos (CLARK *et al.*, 2008; WANG *et al.*, 2009).

Quanto à utilização de abreviações ou palavras por extenso no corpo da mensagem, um estudo realizado em Oslo, na Noruega, concluiu que não há diferenças significativas em relação à compreensão da mensagem pelos usuários quando esta é apresentada destas duas formas (ERKE; SAGBERG, 2006; ERKE *et al.*, 2007).

Entretanto, Clark *et al.* (2008) mostraram que os motoristas preferem mensagens que não utilizam abreviações em detrimento das que as utilizam.

A modernização dos painéis de mensagem variável permite a utilização de múltiplas cores nas mensagens apresentadas. Esta técnica tende a facilitar a transferência das informações e o seu entendimento entre os motoristas (MONT'ALVÃO *et al.*, 2000; CLARK *et al.*, 2008; BELO HORIZONTE, 2009; FORTALEZA, 2009; RIO DE JANEIRO, 2009). A Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) da cidade do Rio de Janeiro (CET-Rio) e a CET da cidade de São Paulo (CET-SP) utilizam cores diferenciadas nos painéis de mensagem variável para representar a fluidez do tráfego (livre, lento, congestionado) (MONT'ALVÃO *et al.*, 2000; RIO DE JANEIRO, 2009; SÃO PAULO, 2009). Nas cidades de Fortaleza e Belo Horizonte, as cores também são utilizadas para determinar o tipo de informação que será apresentada ao motorista (mensagens educativas, de advertência e obras, e sobre incidentes e intervenções) (BELO HORIZONTE, 2009; FORTALEZA, 2009).

Sobre a legibilidade das informações apresentadas, esta tem relação com a distância e o tempo hábil para a leitura. Quanto menor a distância hábil para leitura da informação mostrada no PMV, menor o tempo para leitura e seu entendimento. Além disso, a baixa visibilidade, as condições de tempo adversas, as distrações existentes na rodovia (propagandas) e a alta velocidade podem dificultar a leitura e o entendimento das mensagens mostradas no PMV (BRANNEN *et al.*, 2005; ERKE; SAGBERG, 2006; WANG *et al.*, 2009).

Quanto ao tempo de exposição da mensagem, este é calculado com base na altura da letra exibida no PMV e na velocidade com que os veículos se aproximam do PMV, respeitando o limite de velocidade imposto para aquela situação, e devendo contemplar a leitura da mensagem completa pelo menos duas vezes (MACHADO, 2007). Estudos recomendam um tempo de exposição de 2 segundos por unidade de informação (DUDEK *et al.*, 2007) e um tempo mínimo de 6 segundos numa mensagem de 3 linhas para motoristas não familiarizados com a rodovia (UPCHURCH; ARMSTRONG, 1992). Se não houver a repetição da mensagem apresentada no PMV, o tempo de exposição deve ser de 1 segundo por palavra, caso contrário, estudos indicam 0,5 segundos por palavra (DUTTA *et al.*, 2004).

Além da definição do tempo de exposição, pesquisas revelam que o entendimento da mensagem por parte dos motoristas sofre um acréscimo quando a mensagem é repetida. Estudos realizados em Boston, nos Estados Unidos, e em São

Paulo mostraram que vantagens são obtidas quando as mensagens são repetidas duas vezes durante o tempo em que estas estão dentro do campo de visão do motorista (DUTTA *et al.*, 2004; MACHADO, 2007). O estudo em Boston mostrou que 33% dos participantes não entenderam a mensagem quando esta não era repetida, reduzindo para 11% quando foi repetida uma vez (DUTTA *et al.*, 2004).

A forma de apresentação das mensagens remete às características físicas e visuais das informações apresentadas nos painéis de mensagem variável. Esta tem como objetivo enaltecer, dentre estas características, quais são consideradas mais relevantes e possuem uma maior aceitação por parte dos usuários para a devida compreensão da mensagem.

2.2 CONTEÚDO DAS INFORMAÇÕES

O conteúdo das informações diz respeito ao tipo de informação apresentada, a sua compreensão, à credibilidade, confiabilidade, coerência, clareza, homogeneidade e à efetividade das informações fornecidas.

A literatura menciona que a mensagem apresentada no PMV deve fornecer ao motorista a situação do tráfego, com clareza, através de três informações primordiais: o motivo/natureza do evento (congestionamento, acidente ou obras), onde está localizado (local ou trecho em questão) e o que fazer para evitá-lo (recomendação) (WARDMAN *et al.*, 1997; CHATTERJEE *et al.*, 2002; ERKE *et al.*, 2007; CLARK *et al.*, 2008; HTMA, 2009). Além destes dados, alguns estudos mencionam que os PMV também deveriam fornecer informações quanto aos atrasos gerados apresentados na forma de tempo, filas, situações especiais como o fechamento de túneis e faixas de tráfego, além de alertas que ajudam na compreensão, pelo usuário, da mensagem que está sendo apresentada (EMMERINK *et al.*, 1996; WARDMAN *et al.*, 1997; GAN *et al.*, 2008; KHATTAK *et al.*, 2008).

As informações com maior relevância quanto ao motivo/natureza do evento que fazem com que os usuários alterem suas rotas variam entre acidente, congestionamento e incidente. O motivo acidente tem o mais alto percentual de mudança de rota, devido à incerteza inerente ao processo (WARDMAN *et al.*, 1997; LEVINSON; HUO, 2003; RICHARDS; McDONALD, 2007), sendo seguido por congestionamento e incidente, respectivamente (CHATTERJEE *et al.*, 2002; ATHENA *et al.*, 2005). Outros fatores apresentam percentuais de adesão mais baixos e correspondem aos motivos: fila, homens trabalhando ou nenhuma causa específica (BROCKEN *et al.*, 1991;

WARDMAN *et al.*, 1997). O detalhamento da informação influencia positivamente na decisão do motorista de trocar de rota, sendo que estes tendem a permanecer na rota original quando pouca ou nenhuma informação é fornecida quanto ao problema a ser por eles encontrado à frente (PEETA; RAMOS, 2006; DUDEK *et al.*, 2007; RICHARDS; McDONALD, 2007; WANG *et al.*, 2009).

A compreensão da informação é medida pelo grau de obediência à recomendação contida na mensagem. A habilidade de ler e compreender a mensagem é majorada quando esta se torna familiar aos motoristas ou quando possui uma uniformidade ou um padrão de construção (MACHADO, 2007; CHOOCHARUKUL, 2008; CLARK *et al.*, 2008). Segundo Machado (2007), os fatores intervenientes na compreensão das mensagens exibidas no PMV se relacionam com: (i) a velocidade máxima praticada pelos motoristas no local onde está o PMV; (ii) o tempo de exposição e de leitura da mensagem; e (iii) os fatores de desvio de atenção dos motoristas (geometria da via, outras sinalizações existentes, propagandas, comportamento dos outros veículos, etc).

A uniformidade da informação apresentada tem como princípios a homogeneidade e a não ambigüidade, de forma a assegurar que, em condições idênticas, o condutor encontre sinais e mensagens idênticas, apresentadas segundo o mesmo padrão de construção, não confundindo o usuário e contribuindo para a sua devida compreensão (BRASIL, 2004; MACHADO, 2007; RICHARDS; McDONALD, 2007). Segundo Chang e Chen (2009), a inconsistência existente entre informações sobre a viagem e as condições pelas quais o motorista está passando podem ser tratadas como informações incertas.

O sistema de PMV como um todo, para tornar-se efetivo e influente na decisão de induzir o motorista a trocar de rota, deve ter credibilidade junto a este, através do fornecimento de informações precisas, de confiança e coerentes (WARDMAN *et al.*, 1997; PEETA; RAMOS, 2006; MING, 2007; CHANG; CHEN, 2009). A mensagem apresentada deve ser concisa, clara, simples e inequívoca, de modo que possa ser lida, interpretada e entendida pelo motorista guiando na velocidade máxima permitida, e sujeito a elementos de distração (PEETA; RAMOS, 2006; DUDEK *et al.*, 2007; MACHADO, 2007). Além disso, as informações sobre o tráfego necessitam de atualizações freqüentes, de modo a auxiliarem na escolha a ser tomada pelos motoristas, a fim, por exemplo, de evitarem congestionamentos e reduzirem seus tempos de viagem (CHATTERJEE *et al.*, 2002; BRANNEN *et al.*, 2005; CHANG; CHEN, 2009).

2.3 RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA E CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DOS USUÁRIOS E DA VIAGEM

A relação entre a resposta dos usuários frente à mensagem apresentada no painel de mensagem variável, suas características socioeconômicas e da viagem, bem como suas atitudes comportamentais são apresentadas neste item.

Não há unanimidade nos resultados obtidos em estudos que levaram em consideração a influência de questões socioeconômicas e de características da jornada na decisão do usuário em mudar de rota. Brocken *et al.* (1991) e Athena *et al.* (2005) citam que informações como gênero, idade, nível de educação e renda não são estatisticamente significantes em explicar a mudança de rota ou de destino. Peeta e Ramos (2006) e Choocharukul (2008) indicam que as características socioeconômicas, mais especificamente às relacionadas à educação, gênero, idade, experiência na direção e o objetivo da viagem influenciam na decisão de trocar de rota.

Com relação à idade, pode-se citar que o tempo de leitura e de resposta aumenta com o aumento da idade, já que os motoristas mais velhos respondem às mensagens apresentadas nos PMV de forma mais lenta e com menor acurácia do que os motoristas mais jovens (UPCHURCH; ARMSTRONG, 1992; CLARK *et al.*, 2008). Isto se dá devido ao crescimento no tempo de processamento de dados para entender as mensagens ou por um excesso de zelo, já que usuários com mais idade querem ter certeza que as entenderam antes de respondê-las (CLARK *et al.*, 2008; KIM *et al.*, 2009). Estudos com resultados contraditórios revelam que os motoristas mais jovens (idade abaixo de 35 anos) são menos complacentes e sensíveis às mensagens apresentadas no PMV e a atrasos visíveis (WARDMAN *et al.*, 1997; CHOOCHARUKUL, 2008), bem como são mais propensos a trocarem de rota do que os mais velhos, já que os mais velhos tendem a tolerar maiores atrasos do que os motoristas mais jovens (ATHENA *et al.*, 2005; PEETA; RAMOS, 2006; GAN *et al.*, 2008). O motivo citado para serem menos complacentes com os PMV diz respeito a uma baixa tendência em observá-los, uma vez que acreditam mais nas suas próprias decisões.

Quanto ao grau de escolaridade e à atividade remunerada, motoristas com maior grau de escolaridade e economicamente ativos tem maior propensão para trocar de rota, devido ao alto valor do tempo e à sensibilidade a este (EMMERINK *et al.*, 1996; ATHENA *et al.*, 2005; PEETA; RAMOS, 2006). Entretanto, Choocharukul (2008) mostrou que os motoristas com maior nível de escolaridade tendem a serem menos

cientes da existência de PMV, e consideram outros meios para obtenção de informações.

Com relação ao gênero, as mulheres são menos sensíveis a maiores atrasos e tendem a tolerá-los mais do que os homens, já que são menos influenciadas por informações sobre o tráfego (EMMERINK *et al.*, 1996; WARDMAN *et al.*, 1997; ATHENA *et al.*, 2005). Os homens são mais propensos a trocarem de rota que as mulheres (WARDMAN *et al.*, 1997; CHATTERJEE *et al.*, 2002; PEETA; RAMOS, 2006), já que percebem o conteúdo da mensagem apresentada pelos painéis de mensagem variável como sendo útil e prático (CHOOCHARUKUL, 2008). No entanto, não há diferenças significativas no tempo de leitura entre mulheres e homens (KIM *et al.*, 2009; WANG *et al.*, 2009).

Motoristas mais experientes (com longos anos de habilitação) e habituais com o local de passagem são mais propensos a trocarem de rota do que motoristas menos experientes, devido à familiaridade com o ambiente (EMMERINK *et al.*, 1996; DUTTA *et al.*, 2004; PEETA; RAMOS, 2006; GAN *et al.*, 2008). Motoristas que dirigem onde a média do tempo de viagem diária é maior do que 30 minutos ou que dirigem uma grande quantidade de quilômetros por dia são mais propensos a trocarem de rota sob congestionamento inesperado, devido a terem uma maior percepção do tempo salvo, e por encontrarem mais alternativas de rotas ao longo do percurso, respectivamente (PEETA; RAMOS, 2006; CHOOCHARUKUL, 2008).

A atitude comportamental dos usuários frente à informação apresentada no PMV também foi avaliada nos estudos desenvolvidos. A apresentação dos atrasos adicionais que serão sofridos pelos motoristas devido a alguma situação anômala que interfere na fluidez do tráfego reflete em maior *stress* e frustração dos mesmos, já que estes se mantinham otimistas quanto ao fato do atraso gerado quando não havia PMV. Além disso, a incerteza sobre a mensagem fornecida contribui no aumento da ansiedade nos motoristas (WARDMAN *et al.*, 1997; BRANNEN *et al.*, 2005; CHANG; CHEN, 2009). No entanto, outros estudos revelam que a escolha de uma nova rota traz como benefícios a redução da ansiedade e do *stress* dos motoristas, ao invés de ficarem parados num congestionamento por qualquer motivo apresentado (acidente, congestionamento, incidente, etc.) (ATHENA *et al.*, 2005; RICHARDS; McDONALD, 2007).

2.4 LOCAL PARA IMPLANTAÇÃO DOS PMV

Quanto ao local para implantação dos PMV, os estudos mencionam que estes devem ser colocados ao longo da via, antes de acessos e pontos de saída para rotas alternativas, e depois de pontos de entrada, de forma a poder cobrir os possíveis locais de congestionamentos, obras e estreitamentos de pista (MING, 2007). Os painéis de mensagens variáveis móveis colocados próximos ao incidente podem informar aos motoristas sobre a causa do problema e quais são as faixas livres. Os painéis de mensagens variáveis fixos mais distantes do local do incidente podem sugerir rotas alternativas que evitam o local problemático (MACHADO, 2007).

Entretanto, alguns autores citam que o PMV deve estar suficientemente perto do local do incidente para que a decisão sobre trocar de rota seja influenciada pela evidência visual do congestionamento, aumentando as altas taxas de resposta desejadas para o dispositivo (WARDMAN *et al.*, 1997; PRANZL, 1999; CHATTERJEE *et al.*, 2002; RICHARDS; McDONALD, 2007). O conhecimento antecipado de algum perigo à frente dá ao motorista um tempo adicional para reflexão e reação, de forma que possa tomar uma decisão que julgue mais adequada para si.

Os painéis devem estar dispostos em locais que ofereçam boas alternativas de divergência de rotas, de modo a não provocar a transferência do problema da rota original, no caso de congestionamentos, para a rota recomendada, menos saturada, em virtude da escolha dos usuários, piorando ainda mais as condições do tráfego. Esta situação gera uma sensação de insatisfação no usuário, além de reduzir a credibilidade do mesmo neste sistema.

3. IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS DE MENSAGEM VARIÁVEL (PMV)

Neste capítulo são definidas as etapas para implantação de painéis de mensagem variável através de um fluxograma. Além disso, discutiram-se alguns pontos não abordados na literatura como a legislação que regulamenta a utilização de PMV no Brasil, a utilização destes em meio urbano e em horário de pico, bem como a padronização de caracteres, cores e palavras, o uso de abreviaturas e etc. nas mensagens apresentadas aos usuários.

3.1 ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DE PMV

Em condições ideais, o processo de implantação de painéis de mensagem variável em meio urbano poderia ser dividido em 5 etapas, conforme é mostrado na

Figura 3. Estas etapas representam uma seqüência de decisões a definições que deveriam ser consideradas para garantir a eficiência deste dispositivo.

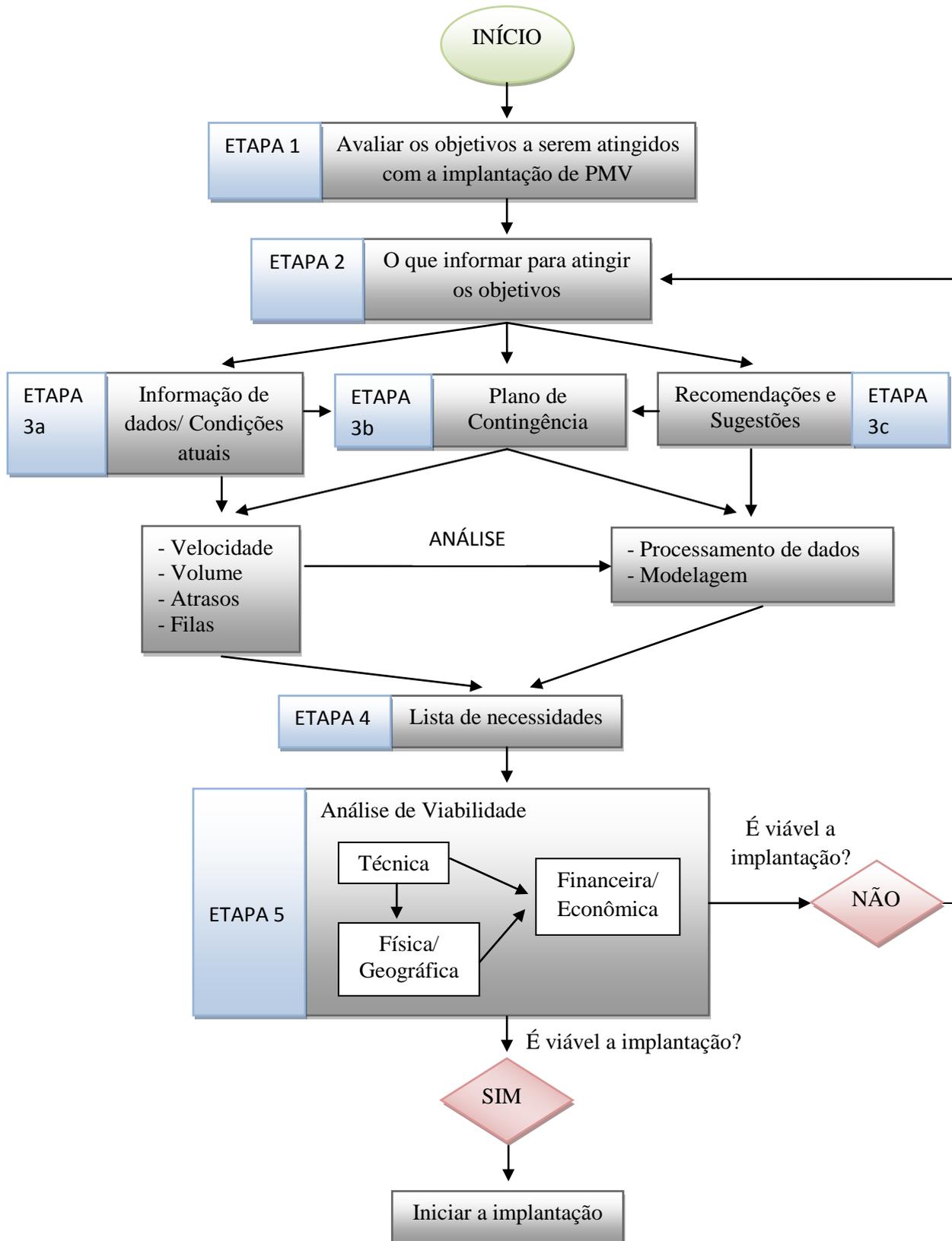


Figura 3: Fluxograma de decisão para implantação de painéis de mensagem variável

A implantação inicia-se pela avaliação dos objetivos a serem atingidos com este dispositivo, através da determinação do motivo pelo qual a cidade estaria interessada na utilização de PMV como forma de disseminação das informações obtidas no meio urbano (etapa 1). O principal motivo mencionado na literatura diz respeito a prestar informações aos usuários do sistema viário, durante a viagem e em tempo real, sobre as condições operacionais do ambiente viário, incluindo acidentes, congestionamentos e desvios. As informações fornecidas têm como objetivo tornar de conhecimento dos usuários as situações com que estes irão se deparar à frente e subsidiar a futura tomada de decisão.

A segunda e terceira etapas dizem respeito ao tipo de informação que será fornecida ao usuário para atendimento dos objetivos propostos. Neste fluxograma não são abordadas informações denominadas compulsórias e educativas, já que orientações compulsórias, por sua natureza, não oferecem alternativas de comportamento ao usuário e informações educativas não tem o objetivo de gerar uma alteração imediata no padrão do tráfego. As informações fornecidas nos PMV, abordadas neste fluxograma, podem ser divididas em dois tipos: (i) informação de dados e condições atuais do sistema; (ii) recomendações e sugestões. A primeira delas, mencionada na etapa 3a, é meramente informativa, referindo-se às condições do tráfego no momento em que o motorista passa pelo painel, refletindo em dados como fluidez do tráfego, volume de veículos, tempo de viagem, velocidade entre um ponto e outro, atraso e etc. A segunda, na etapa 3c, refere-se a indicações da melhor rota a ser seguida para se chegar a um destino (*route guidance*), ou a sugestão de rotas alternativas para o desvio de incidentes e indicações de horários alternativos para acessar o local pretendido. O plano de contingência, citado na etapa 3b, refere-se a ações pré-programadas como, por exemplo, indicações de rotas alternativas, que são colocadas em vigor quando os dados coletados atingem um valor limite para certa situação, sendo esta etapa alimentada com as informações provenientes das etapas 3a e 3c.

Os dados coletados em campo são armazenados, processados e formatados para a apresentação aos usuários das condições atuais do tráfego na via, citados na etapa 3a. No momento seguinte, estes dados são tratados e modelados pra gerar informações que serão utilizadas para fornecer recomendações de rotas e horários alternativos para acessar o local pretendido, resultado da etapa 3b. Na etapa 4 é definida a lista de necessidades, denominada infraestrutura necessária, para a obtenção dos dados informados aos usuários e seu posterior tratamento. Esta infraestrutura está diretamente

relacionada aos equipamentos necessários para a coleta em campo e análise dos dados em laboratório, como detectores de veículos (tubos pneumáticos, sensores magnéticos, detectores de laços indutivos, etc), câmeras de vídeo, controladores de velocidade, dispositivos para gravação e armazenamento de dados, rede de transmissão, além de *software* gerenciador.

Por fim, na etapa 5, deve-se realizar a análise de viabilidade da implantação de painéis de mensagem variável. Esta análise engloba a viabilidade técnica, físico/geográfica e econômico/financeira. A viabilidade técnica diz respeito à definição quanto ao tipo de painel (refletor, emissor ou híbrido) e de infraestrutura para a coleta e tratamento dos dados que serão utilizados e quanto à qualificação do corpo de profissionais que será responsável por operar e analisar os dados extraídos dos equipamentos. Quanto à viabilidade físico/geográfica, cita-se a determinação do local de instalação do painel, sendo recomendada a localização próxima a locais com maior ocorrência de incidentes e próximo a rotas alternativas, e em locais em que não haja problemas de visibilidade. A viabilidade econômico/financeira, diz respeito, respectivamente, ao investimento necessário em equipamentos, tanto em quantidade quanto em qualidade, seja para os painéis ou para a infraestrutura em geral, e ao levantamento do benefício proporcionado à população em relação à redução do congestionamento, das filas, do atraso gerado (tempo perdido), enfim, à melhora da fluidez do tráfego como um todo.

Realizada a etapa de análise de viabilidade e atendido os requisitos necessários, a implantação de painéis de mensagem variável pode ser iniciada. Caso contrário, indica-se o retorno à etapa 2, onde irá se definir o tipo de informação que será passada ao usuário. Como foi mencionado anteriormente, nesta etapa as informações podem variar entre as condições atuais do sistema e recomendações e sugestões, sendo que a primeira possui um custo de obtenção menor do que a segunda, já que os dados não precisam ser trabalhados, o que acarreta um aumento do custo devido aos equipamentos e pessoal técnico qualificado necessários para esta atividade.

3.2 DISCUSSÕES

Baseado na revisão da literatura verificou-se que não há legislação vigente no Brasil que regule a utilização de painéis de mensagem variável. O Anexo II instituído pela Resolução 160 do CONTRAN (BRASIL, 2004) elenca os ‘Painéis Eletrônicos’ como um dos tipos de ‘dispositivos luminosos’, que são definidos como “...

dispositivos que se utilizam de recursos luminosos para proporcionar melhores condições de visualização da sinalização, ou que, conjugados a elementos eletrônicos, permitem a variação da sinalização ou de mensagens...”. Nestes podem ser reproduzidos sinais de regulamentação, cujas mensagens são imperativas e sua desobediência se constitui em infração, de advertência, que têm a finalidade de prevenir situações que se encontrem adiante para que providências de cautela sejam adotadas, bem como de indicação, que possuem caráter meramente informativo ou educativo.

Entretanto, excetuando-se a classificação das mensagens, a resolução não determina as características físicas do painel, referentes a sua altura de colocação e dimensões (altura, largura e comprimento), nem das mensagens apresentadas, referentes às dimensões dos caracteres (altura e largura), cor das palavras a serem utilizadas, padronização de abreviações, etc. Portanto, caso a implantação de PMV venha a ocorrer, deverão ser utilizadas outras fontes de pesquisa como normas americanas e européias.

Outro aspecto observado, amplamente citado na literatura e difundido no meio científico, refere-se à utilização dos painéis de mensagem variável em meio rodoviário. No entanto, estudos cuja aplicação de PMV ocorre em meio urbano são poucos, além de haver controversas opiniões quanto a sua eficácia para este caso e para os horários de pico. Richards e McDonald (2007) citam que a utilização de PMV em meio urbano não é muito recorrente devido ao fato de que dentro da cidade a quantidade de destinos dos motoristas e de rotas alternativas é muito grande, sendo o objetivo do PMV dificilmente alcançado. Quanto à utilização de PMV nos horários de pico, Levinson e Huo (2003) citam que estes são menos efetivos neste período já que o tráfego é instável e intenso para se poder trocar de rota facilmente.

Como a quantidade de estudos que abordam estes dois itens é pequena, cabe, como recomendação, o aprofundamento da pesquisa sobre a utilização de painéis de mensagem variável em meio urbano e em horários de pico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de sistemas avançados de informações de tráfego aos usuários é difundida mundialmente, principalmente quando se refere a informações fornecidas aos usuários de veículos através dos painéis de mensagem variável (PMV). Estes dispositivos são instalados ao longo das vias para exibição de mensagens aos motoristas durante a viagem, como informações de tráfego em tempo real, incluindo a ocorrência

de acidentes, congestionamento e desvios, e indicações de rotas alternativas. A revisão do estado-da-arte e da prática sobre a utilização de PMV subsidiou a proposição de um fluxograma de decisão para a implantação eficiente dos PMV.

De forma geral, pode-se avaliar que, apesar de alguns fatores serem comuns aos diferentes locais de implantação dos PMV, sua efetividade está diretamente relacionada à região de implantação, ao comportamento dos usuários e ao tipo de informação que se deseja fornecer. A aplicação de painéis em vias urbanas é diferenciada da aplicação em meio rodoviário. Autores mencionam que na primeira situação a eficácia é reduzida, já que o número de rotas alternativas existentes numa cidade é muito amplo, bem como a variação do volume de tráfego. Além disso, parâmetros utilizados numa via podem não ser aplicáveis a outras, mesmo numa mesma cidade.

A influência da bagagem cultural sobre o comportamento do usuário, seja ele motorista ou técnico de trânsito, também deve ser considerada, através do conhecimento do seu perfil. Para o caso de painéis que indicam rotas alternativas, por exemplo, a eficiência do sistema é avaliada através da quantidade de motoristas que seguiram o recomendado pela mensagem. No entanto, verifica-se que esta informação é gerada sob a ótica de profissionais da área de transportes, com conhecimento específico do assunto, e não sob a percepção do usuário frente à situação. A linguagem utilizada pode ser determinante para o alcance dos objetivos propostos.

Quanto ao tipo de informação a ser fornecida - compulsória (alterações nas condições de operação das vias), de melhoria operacional (condições atuais do sistema) ou educativa - esta está relacionada ao investimento necessário em infraestrutura. Este investimento deve ser comparado ao ganho econômico gerado através do benefício proporcionado à população com a melhora da fluidez do tráfego.

Como padrão, as mensagens apresentadas não devem ser extensas, para que o usuário tenha a capacidade de ler e compreender a mesma antes de tomar uma decisão. As informações devem ser homogêneas, de modo que, para uma mesma situação, o usuário encontre sinais e mensagens similares, sob o mesmo padrão de construção, como, por exemplo, a utilização de escalas ou padrões de cores. Além disso, as informações sobre o tráfego necessitam de atualizações frequentes para que o usuário não se depare com uma condição diferente da mostrada no painel, sendo a veracidade e a confiabilidade desta informação os alicerces da qualidade do serviço prestado.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o aprofundamento da pesquisa sobre a utilização de painéis de mensagem variável em meio urbano e em horários de pico, para

verificar a efetividade deste tipo de dispositivo nestas situações. Além disso, sugere-se ampliar os estudos que consideram a percepção e opinião dos usuários, principalmente quanto à linguagem utilizada nas mensagens, em virtude da falta de regulamentação sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

ATHENA, T.; AMALIA, P.; CONSTANTINOS, A. **Modelling the impact of advanced traveller information systems on travellers' behavior: puget sound region case study**. In: European Transport Conference, 2005, Strasbourg. **Anais eletrônicos...** Strasbourg: Association for European Transport and Contributors, 2005. Disponível em: <www.etcproceedings.org/paper/download/166>. Acesso em: 5 set. 2009.

BAZZAN, A.L.C.; KLÜGL, F. **Sistemas inteligentes de transporte e tráfego: uma abordagem de tecnologia da informação**. In: Jornadas de atualização em informática, 2007. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, [s. ed], 2007. p. 2296 – 2337.

BELO HORIZONTE. **Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte**.

Disponível em:

<<http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublico/Opera%C3%A7%C3%A3o%20de%20Tr%C3%A2nsito/Pain%C3%A9is%20de%20Mensagens>>. Acesso em: 25 set. 2009.

BRANNEN, R.; EDWARDS, T.; MURPHY, P. *et al.* **Effectiveness of variable message signs – a users perspective**. In: European transport conference, 2005, Strasbourg. **Anais eletrônicos...** Strasbourg: Association for European Transport and Contributors, 2005. Disponível em: <www.etcproceedings.org/paper/download/178>. Acesso em: 7 set. 2009.

BRASIL. **Conselho Nacional de Trânsito**: Resolução n. 160 de 22 de abril de 2004 – Aprova o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, 2004.

BROCKEN, M.G.M.; VAN DER VLIST, M.J.M. **Traffic control with variable message signs**. In: Vehicle Navigation and Transportation Systems Conference, 1991, Dearborn. **Anais eletrônicos...** Dearborn: [s. ed], 1991. p. 27-45. v. 2.

CHANG, H.L.; CHEN, P.C. **The impact of uncertain travel information on drivers' route choice behavior**. In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2009, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2009. *CD-ROM*.

CHATTERJEE, K.; HOUNSELL, N.B.; FIRMIN, P.E. *et al.* **Driver response to variable message sign information in London**. Transportation Research Part C, v. 10, n. 2, p. 149-169, 2002.

CHOOCHARUKUL, K. **Effects of attitudes and socioeconomic and travel characteristics on stated route diversion**: structural equation modeling approach of

road users in Bangkok, Thailand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2048, p. 35-42, 2008.

CLARK, A.T.; WANG, J.H.; MAIER-SPEREDELLOZZI, V. *et al.* **Assisting elder drivers' comprehension of dynamic message signs**. In: 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2008, Washington. *Anais eletrônicos...* Washington: Transportation Research Board, 2008. *CD-ROM*.

DUDEK, C.L.; SCHROCK, S.D.; ULLMAN, B.R. **License plate and telephone numbers in changeable message sign amber alert messages**. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2012, p. 64-71, 2007.

DUTTA, A., FISHER, D.L.; NOYCE, D.A. **Use of a driving simulator to evaluate and optimize factors affecting understandability of variable message signs**. *Transportation Research Part F*, v. 7, n. 4, p. 209-227, 2004.

EMMERINK, R.H.M.; NIJKAMP, P.; RIETVELD, P. *et al.* **Variable message signs and radio traffic information: an integrated empirical analysis of drivers' route choice behavior**. *Transportation Research Part A*, v. 30, n. 2, p. 135-153, 1996.

ERKE, A.; SAGBERG, F. **Effects of variable message signs (VMS) on driver attention and behavior**. In: European transport conference, 2006, Strasbourg. *Anais eletrônicos...* Strasbourg: Association for European Transport and Contributors, 2006. Disponível em: <www.etcproceedings.org/paper/download/1391>. Acesso em: 7 set. 2009.

ERKE, A.; SAGBERG, F.; HAGMAN, R. **Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behaviour**. *Transportation Research Part F*, v. 10, n. 6, p. 447-457, 2007.

FORTALEZA. **Autarquia municipal de trânsito, serviços públicos e cidadania de Fortaleza**. Disponível em: <<http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=16>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

GAN, H.C.; YE, X.; GAO, W.S. **Drivers' en-route diversion decisions under the influence of variable message sign information: an empirical analysis**. In: 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2008, Washington. *Anais eletrônicos...* Washington: Transportation Research Board, 2008. *CD-ROM*.

HIGHWAYS TERM MAINTENANCE ASSOCIATION (HTMA). **Reading the signs**. Disponível em: <<http://www.htma.co.uk/smartweb/hot-topics/road-user-information>>. Acesso em: 11 out. 2009.

ITS BRASIL. Disponível em: <<http://www.itsb.org.br>>. Acesso em: 8 out. 2009.

KHATTAK, A.J.; PAN, X.; WILLIAMS, B. *et al.* **Traveler information delivery mechanisms: impacts on consumer behavior**. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2069, p. 77-84, 2008.

KIM, T.; OH, C.; YEON, J. *et al.* **Estimation of message reading time for variable message signs.** In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2009, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2009. *CD-ROM.*

LEVINSON, D.; HUO, H. **Effectiveness of variable message signs.** In: 82th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2003, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2003. *CD-ROM.*

MACHADO, R.F. **Uso técnico dos painéis de mensagens variáveis.** Disponível em: <<http://sinaldetransito.com.br/artigos>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

MING, S.H. **Critérios para implantação de painéis de mensagens variáveis.** Disponível em: <<http://sinaldetransito.com.br/artigos>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

MONT'ALVÃO, C.; BRAGA, M.G.C.; MORAES, A. **Painéis de mensagem variável: forma de apresentação da informação e preferência dos motoristas a influência das palavras e das cores.** In: XI CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE, 2000, Rio de Janeiro, R.J. **Anais...** Rio de Janeiro, R.J.: PANAM, 2000, v.1, p. 117-130.

PEETA, S.; RAMOS, J.L. **Driver response to variable message signs-based traffic information.** IEE Proceedings Intelligent Transport Systems Part P, v. 153, n. 1, p. 2-10, 2006.

PEREIRA, L.F. **Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle de tráfego considerando a coleta automatizada de dados.** 2005. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA, L.F.; CAMPOS, V.B.G.; FILHO, A.S.F. **Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle visando o planejamento do tráfego.** In: XIX CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 2005, Recife, PE. **Anais...** Recife, PE.: ANPET, 2005. v. 1, p. 842-852.

PRANZL, M. **O painel de mensagem variável como fonte de informação das condições de tráfego: uma metodologia de suporte ao operador.** 1999. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1999.

RICHARDS, A.; McDONALD, M. **Investigating the limits of the benefits provided by VMS in an urban network.** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n. 2000, p. 25-34, 2007.

RIO DE JANEIRO (Município). **Secretaria Municipal de Transportes Urbanos.** Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/smtu/ctetrio/cta_paineis.htm>. Acesso em: 30 set. 2009.

SANTOS, A.F. **Quantificando as informações aos usuários dos serviços de mobilidade urbana** - Publicações na internet em *Sites* europeus e norte-americanos. Disponível em: <<http://sinaldetransito.com.br/artigos>>. Acesso em: 17 nov. 2009.

SÃO PAULO (Município). **Companhia de Engenharia de Tráfego**. Disponível em: <<http://cetsp1.cetsp.com.br/pdfs/nt/NT173.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2009.

UPCHURCH, J.; ARMSTRONG, J.D.; THOMAS, G.B. *et al.* **A human factors evaluation of alternative variable message sign technologies**. In: The 3rd International Conference on Vehicle Navigation and Information Systems, 1992, Oslo. **Anais...** Oslo: IEEE Conference, 1992. p. 262-267.

WANG, J.H.; KECELI, M.; MAIER-SPEREDELOZZI, V. **Effect of dynamic message sign messages on traffic slowdowns**. In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2009, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2009. *CD-ROM*.

WARDMAN, M.; BONSALL, P.W.; SHIRES, J.D. **Driver response to variable message signs: a stated preference investigation**. *Transportation Research Part C*, v. 5, n. 6, p. 389-405, 1997.

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FLUIDEZ DO TRÁFEGO EM VIAS ARTERIAIS DE PORTO ALEGRE SOB A ÓTICA DE SEUS USUÁRIOS

Larissa Santos Benetti

Helena Beatriz Bettella Cybis

Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

RESUMO

Os painéis de mensagem variável são ferramentas utilizadas no gerenciamento do tráfego para melhorar a qualidade da circulação, fornecendo informações prévias aos usuários sobre as condições viárias. No entanto, estas informações são geradas por profissionais com conhecimentos técnicos específicos da área, estando o usuário fora deste processo construtivo. Este trabalho propõe um método que correlaciona dados quantitativos das condições de tráfego e avaliações qualitativas destas condições por parte dos usuários de vias arteriais da cidade de Porto Alegre. O método proposto é baseado na percepção dos usuários das vias acerca da qualidade da circulação, inserindo-os no processo de concepção das informações sobre o tráfego postadas nos PMV. A percepção dos usuários foi captada através de pesquisa qualitativa *on-line*, que envolveu o uso de imagens de vídeo de situações variadas de tráfego. A partir dos resultados da pesquisa qualitativa, foi realizada a modelagem e obtida a equação que relaciona as condições de fluidez do tráfego com a velocidade média, utilizada como variável explicativa. Os resultados indicaram que a avaliação de qualidade das vias, baseada na fluidez do tráfego, sofre mudanças significativas quando a velocidade média está em patamares mais baixos. Além da equação, é proposta uma escala de qualificação da fluidez como forma de tradução da percepção dos usuários sobre o comportamento do tráfego.

Palavras-chave: percepção dos usuários; fluidez do tráfego; painel de mensagem variável

ABSTRACT

The variable message signs are tools used to manage traffic to improve the quality of movement, providing users with advance information on road conditions. However, this information is generated by professionals with specific expertise in the area, being the user off this constructive process. This paper proposes a method that correlates quantitative data on traffic conditions and qualitative assessments of these conditions by users of arterial roads of Porto Alegre city. The proposed method is based on the perception of road users about the quality of movement, placing them in the design of traffic information posted in the PMV. The perception of users was captured by qualitative research online, which involved the use of video images of various traffic situations. From the results of qualitative research, modeling was performed and obtained the equation that relates the conditions of traffic flow with average speed, used as an explanatory variable. The results indicated that the quality assessment of the routes based on traffic flow, undergoes significant changes when the average speed is at lower levels. In the equation, we propose a classification scale of fluidity as a way of translating the users' perception about the behavior of traffic.

Keywords: perception of road users; traffic flow; variable message sign

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades, o aumento da frota de veículos e a ausência de investimentos em estratégias para priorização do transporte público urbano geram um aumento nos volumes de tráfego, provocando problemas operacionais que se relacionam a baixas velocidades, aumento nos tempos de viagem e grandes congestionamentos. Segundo pesquisa do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (Ipea) (BRASIL, 2011) sobre a percepção da mobilidade urbana, mais da metade dos motoristas no Brasil enfrentam congestionamentos todos os dias. Mais de 40% dos usuários de carros são obrigados a enfrentar um ou mais congestionamentos diariamente, e quase 10% dos motoristas lidam com a lentidão no tráfego com frequência semanal.

A aplicação de tecnologias avançadas, como os sistemas inteligentes de transportes (ITS), é uma das alternativas para a redução dos congestionamentos através da realocação da demanda de tráfego e da melhora na utilização da infraestrutura viária (GAN *et al.*, 2008; LAM; CHAN, 2008). Os painéis de mensagem variável (PMV) são um dos principais componentes dos subsistemas formadores dos ITS. Eles auxiliam no aumento da qualidade da circulação, já que são instrumentos utilizados no gerenciamento do tráfego com o objetivo de fornecer informações prévias aos usuários sobre problemas na rede viária. Desta forma podem contribuir para a redução dos congestionamentos, dos tempos de viagem e do atraso em geral (BRANNEN *et al.*, 2005; ROSHANDEH; PUAN, 2009).

As informações fornecidas aos usuários dos PMV podem ser do tipo compulsória (advertência), referente a alterações nas condições de operação das vias em função de incidentes ou eventos programados, informações de melhoria operacional, referente às condições atuais do sistema bem como orientações/sugestões de rotas, ou mensagens educativas. O tipo de informação fornecida está relacionado ao investimento necessário em infraestrutura, sendo este em equipamento ou pessoal qualificado para análise dos dados, refletindo na disponibilidade financeira da cidade de implantação. As utilizações mais frequentes dos PMV são para o fornecimento de informações de melhoria operacional, que abrangem as condições do tráfego durante a viagem, bem como a indicação de rotas alternativas (PEREIRA, 2005).

As informações geradas pelos técnicos das empresas de trânsito apresentadas aos usuários através dos PMV são subsidiadas por dados provenientes, principalmente, de laços indutivos e câmeras de vídeo. Os laços indutivos são detectores de veículos

instalados no pavimento que fornecem dados de fluxo, velocidade e taxa de ocupação e são utilizados, principalmente, no cálculo da velocidade para fins de fiscalização. As câmeras de vídeo são utilizadas para monitoramento das condições do tráfego e gerenciamento de incidentes, devido à grande área de sua abrangência.

A literatura reporta diversos estudos baseados em variáveis de tráfego como fluxo, velocidade, taxa de ocupação e densidade, entre outras, como subsídio para a tomada de decisão sobre as informações postadas nos PMV. O fluxo de veículos e a taxa de ocupação, coletados através de laços indutivos, foram usadas por Levinson e Huo (2003) para verificar a efetividade dos PMV na melhora da *performance* da rede rodoviária de Minnesota (EUA). Um modelo de probabilidades foi utilizado para estimar o comportamento dos motoristas na mudança de rota em função de características das mensagens apresentadas e da natureza e localização do incidente. Em Benjing (China), Jizhen *et al.* (2008) discutiram, durante os Jogos Olímpicos de Beijing, o benefício do fornecimento de informações por meio de PMV com a utilização de dados de fluxo. As informações fornecidas mencionavam o tempo de viagem e as condições em tempo real das principais vias da cidade.

O fluxo de veículos e taxa de ocupação também foram utilizados por Meng *et al.* (2007) para propor uma estratégia de tráfego para manter um nível de serviço pré-determinado numa via de Singapura (Malásia) através da disseminação de informações sobre congestionamento com o uso de PMV. Richards e McDonald (2007) utilizaram dados como fluxo de veículos, também provenientes de laços indutivos, para verificar os benefícios atingidos com a utilização de PMV em vias urbanas na cidade de Southampton (Reino Unido). Pranzl (1999), através de variáveis de tráfego como fluxo de veículos e taxa de ocupação, coletados com o uso de laços indutivos, além de imagens provenientes de câmeras de vídeo, desenvolveu um estudo cujo objetivo era estabelecer uma relação entre estas variáveis e as classificações das condições do tráfego apresentadas nos PMV na cidade do Rio de Janeiro.

O processo diário que envolve a operação dos PMV está baseado, portanto, na coleta de dados em campo, na transcrição destes dados por parte dos técnicos das empresas de trânsito e sua disponibilização aos usuários. Desta forma, os motoristas, principais beneficiados com esta tecnologia, não participam deste processo. Este trabalho tem por objetivo definir uma correlação entre dados quantitativos das condições de tráfego, como, por exemplo, fluxo e velocidade, e avaliações qualitativas destas condições por parte dos usuários de vias arteriais da cidade de Porto Alegre,

inserindo os usuários no processo de avaliação. Além disso, este estudo sugere uma escala de qualificação da fluidez do tráfego como forma de tradução da percepção dos usuários sobre o comportamento do tráfego. Os resultados obtidos neste estudo podem subsidiar a escolha dos tipos de mensagens a serem utilizadas nos painéis de mensagem variável, sendo uma fonte dinâmica de informação aos usuários do sistema viário.

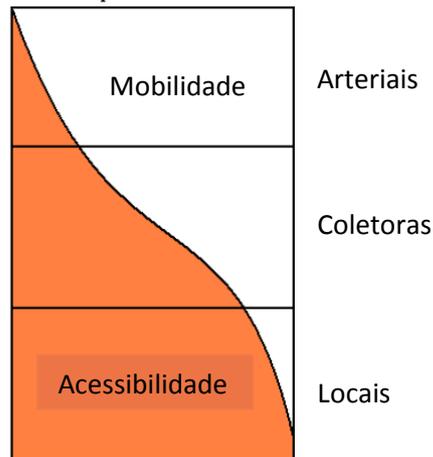
2. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS DE ACORDO COM A SUA UTILIZAÇÃO

Segundo Brasil (2008), as vias urbanas são ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizadas principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão. Nelas encontram-se as vias de trânsito rápido, arteriais, coletoras e locais.

As vias de trânsito rápido são aquelas caracterizadas por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível. As vias arteriais são aquelas caracterizadas por interseções em nível, geralmente controladas por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade.

As vias coletoras são aquelas destinadas a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade. As vias locais são aquelas caracterizadas por interseções em nível, não semaforizadas, destinadas apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

As vias arteriais têm grande importância na configuração viária já que são corredores responsáveis pelo escoamento do fluxo de veículos, utilizadas em deslocamentos de longas distâncias, voltadas para o conceito de mobilidade, conforme é apresentado na Figura 1 (SAMPEDRO; CAMPOS, 2006; TRB, 2010).



Figural: classificação das vias quanto à mobilidade e acesso local (adaptada de GHODKE, 2010)

O alto investimento necessário para a operacionalização do sistema de painéis de mensagem variável condiciona a sua implantação em locais com grande fluxo de veículos, onde problemas como redução da velocidade, filas e congestionamentos ocorrem com frequência. No caso de vias arteriais, cuja função principal é dar boa mobilidade para a corrente de tráfego, a implantação deste tipo de sistema é justificável, já que a melhora na fluidez do tráfego proporciona o aumento da velocidade e a redução do tempo perdido nas principais vias de um sistema viário urbano. Além disso, como as vias arteriais são alimentadas pelas vias coletoras, em situações de congestionamento ou incidentes numa arterial, há um grande número de opções de rotas alternativas através de vias coletoras, permitindo a dissipação do problema com maior agilidade (PENG *et al.*, 2004).

3. METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CIRCULAÇÃO

O *Highway Capacity Manual* – HCM (TRB, 2010) apresenta metodologias para avaliação do nível de serviço (NS) e estimação da capacidade de diversos elementos do sistema viário, como rodovias, vias urbanas, ciclovias, entre outros. O nível de serviço é o método mais utilizado para a determinação da adequabilidade das facilidades de transporte pela perspectiva dos planejadores, construtores e operadores. Ele é descrito como uma avaliação qualitativa acerca das condições operacionais do sistema de transporte que mede o efeito de uma gama de fatores, incluindo fluxo de tráfego, atraso, velocidade, entre outros.

No entanto, não há um consenso entre especialistas sobre a consideração da percepção dos usuários nestas avaliações. Segundo Flannery *et al.* (2005), o nível de serviço pode ser considerado uma medida indireta da satisfação do usuário, pois são poucos os testes empíricos que avaliam a qualidade da via segundo o ponto de vista dos motoristas. Paula (2006) menciona que a evolução do manual tem dedicado pequenos esforços na avaliação de atributos de percepção dos usuários.

Esta metodologia americana, amplamente utilizada, deve ser aplicada com ressalvas, já que parâmetros considerados na sua elaboração podem não representar as condições reais da rede viária brasileira. No trabalho realizado por Gasparini e Silva (2002) fez-se uma análise crítica da metodologia apresentada pelo HCM para a determinação do NS de vias urbanas arteriais, concluindo-se que o mesmo utiliza simplificações que não correspondem ao que efetivamente acontece ao longo das vias. Paula (2006) ressalta que esta metodologia foi desenvolvida em um país que possui um sistema viário com características geométricas e operacionais diferentes das brasileiras, questionando a sua aplicabilidade neste cenário.

A forma qualitativa da análise proveniente da metodologia do nível de serviço, referente à fluidez do tráfego, é transmitida aos usuários de grandes cidades brasileiras através de painéis de mensagem variável. No Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2010), a Companhia de Tráfego (CET-Rio) utiliza quatro classificações qualitativas para determinar as condições de fluidez do tráfego aos motoristas, tais como livre, bom, intenso/lento e congestionado. Em Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 2010), a Empresa de Transportes e Trânsito (BHTRANS) utiliza três classificações qualitativas: bom, intenso e lento/retido.

Em Recife (RECIFE, 2010), as três classificações utilizadas pela Companhia de Trânsito e Transporte Urbano (CTTU) para determinar as condições de fluidez do tráfego são normal, lento e congestionado. Em Salvador (SALVADOR, 2010), a Superintendência de Trânsito e Transporte utilizada as classificações livre, intenso e congestionado. Ainda, em Maceió (MACEIÓ, 2010), são utilizados quatro níveis qualitativos pela Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito: livre, intenso, lento e congestionado. Portanto, verifica-se que a análise da fluidez do tráfego não é padronizada, já que cada cidade utiliza uma forma de avaliação.

4. MÉTODO DE TRABALHO

O método que relaciona dados quantitativos das condições de tráfego em vias arteriais da cidade de Porto Alegre e avaliações qualitativas por parte de seus usuários é baseado na percepção dos motoristas acerca das condições de fluidez. Neste estudo, a condição de fluidez das vias está relacionada a diversos elementos, como: (i) número de faixas por sentido; (ii) interferência do meio (travessia de pedestres, estacionamento, paradas de ônibus) e (iii) composição do tráfego. Outros fatores, além dos citados, não foram considerados na elaboração do método.

Para o alcance dos objetivos propostos, a percepção das condições de fluidez do tráfego pelos usuários foi captada através da aplicação de dois questionários contendo imagens de vídeo representativas das vias selecionadas para o estudo. A pesquisa quantitativa foi realizada através da coleta de dados realizada em campo e sua posterior análise, com base nas imagens de vídeo.

O método foi obtido através das seguintes etapas: (i) planejamento da pesquisa qualitativa sobre a percepção das condições de fluidez do tráfego, com a definição das vias a serem estudadas, dos dados a serem coletados e da forma de coleta; (ii) elaboração da pesquisa qualitativa, através da gravação das imagens de campo e da realização de grupo focado para determinação da quantidade de níveis e nomenclaturas a serem utilizadas; (iii) aplicação da pesquisa junto aos usuários das vias em questão; (iv) análise de resultados da pesquisa qualitativa; e (v) determinação da correlação entre dados de tráfego e as condições de fluidez percebidas pelos usuários, através de um modelo matemático, e (vi) proposição de uma escala de fluidez do tráfego.

5. PLANEJAMENTO DA PESQUISA QUALITATIVA SOBRE A PERCEPÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FLUIDEZ DO TRÁFEGO EM VIAS URBANAS ARTERIAS

No planejamento da pesquisa qualitativa foram definidas as vias a serem estudadas, com base nas semelhanças operacionais existentes entre elas e na interação com o ambiente na qual estão inseridas. Além disso, definiu-se os dados de tráfego a serem utilizados e a sua forma de coleta.

5.1 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS A SEREM ESTUDADAS

As vias selecionadas para o desenvolvimento do trabalho foram as Avenidas Ipiranga e Goethe e Rua Mostardeiro, em Porto Alegre. Estas vias foram escolhidas em

decorrência das suas semelhanças na classificação funcional como vias arteriais, pelo número de faixas de tráfego, pela interferência urbana lateral, determinada em função da interação da via com a circunvizinhança, bem como pela composição do tráfego. Além das características citadas acima, os trechos das vias selecionados encontram-se em meio de quadra, sem a presença de semáforos, para que a percepção de fluidez do tráfego por parte dos usuários não seja influenciada pela redução da velocidade causada por estas interferências.

A Avenida Ipiranga, ponto 1 da Figura 2, é a principal via de fluxo no sentido leste-oeste/oeste-leste de Porto Alegre, iniciando na zona oeste da cidade (Rio Guaíba) até próximo aos limites com o município de Viamão. A via é composta por duas pistas, com quatro faixas de tráfego por sentido separadas por um canal central – o Arroio Dilúvio. No local de estudo, próximo à Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUC, apesar das quatro faixas existentes, somente três delas são utilizadas para o tráfego, sendo uma faixa ocupada por vagas para estacionamento ao longo da via. Quanto à interferência urbana lateral, variando de baixa a alta, é classificada como alta, devido à presença de pedestres, estacionamento lateral e paradas de ônibus próximas uma das outras. O tráfego é composto, principalmente, por automóveis e ônibus.

A Avenida Goethe, ponto 2 da Figura 2, faz parte da II Perimetral que é responsável pela ligação dos bairros Praia de Belas e Floresta. A via possui duas pistas com três faixas de tráfego por sentido separadas por um canteiro central. No local de estudo, próximo ao parque Moinhos de Vento, o Parcão, quanto à interferência urbana lateral é classificada como baixa devido a proibição de estacionamento e a baixa circulação de pedestres, apesar da proximidade do parque. Com relação à composição do tráfego, é composto, principalmente, por automóveis e ônibus.

A Rua Mostardeiro, ponto 3 da Figura 2, faz parte da continuação da Avenida Independência, eixo principal do bairro homônimo, servindo de ligação entre o centro da cidade e os bairros da zona leste. Esta via possui sentido único com uma pista com três faixas de tráfego. Quanto à interferência urbana lateral, é classificada como alta, devido ao elevado número de pedestres e vias laterais com acesso à via. O tráfego é composto, principalmente, por automóveis e ônibus.

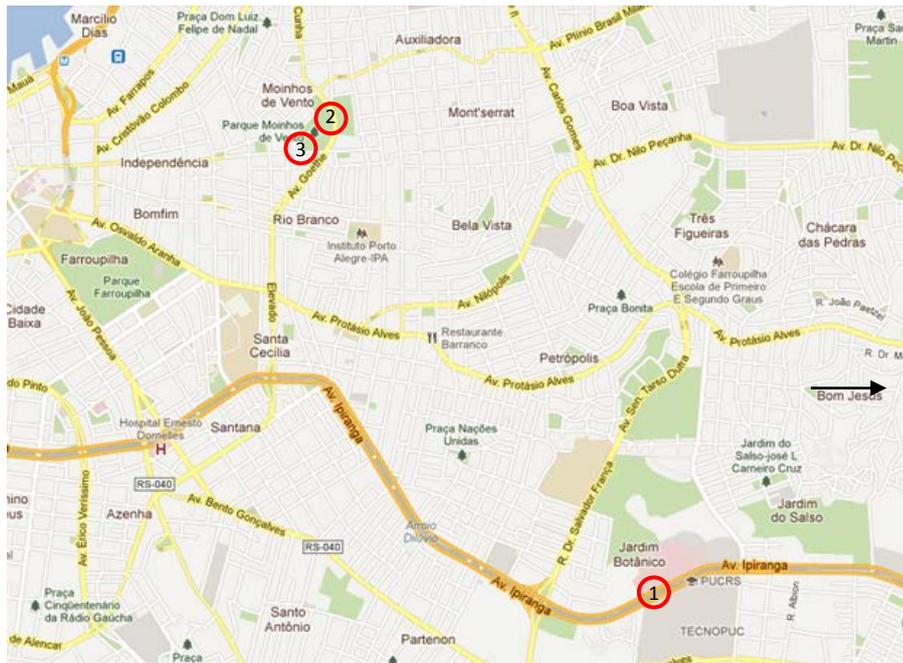


Figura 2: mapa esquemático da localização das vias em estudo

5.2 DADOS A SEREM COLETADOS E FORMA DE COLETA

No estudo realizado por Pranzl (1999) na cidade do Rio de Janeiro, foram utilizados dados de tráfego como fluxo de veículos e taxa de ocupação provenientes de detectores instalados nas vias. A escolha destas variáveis baseou-se na disponibilidade dos dados para consulta. No presente estudo, a coleta de dados foi realizada através de imagens de vídeos e medições em campo em pontos estratégicos das Avenidas Ipiranga e Goethe e Rua Mostardeiro, em Porto Alegre. As gravações foram realizadas nas três vias em horários e dias distintos, sendo estes no turno da manhã (8:30), ao meio-dia e no final da tarde (18:00), com o intuito de obter dados variados sobre as condições de fluidez do tráfego.

As variáveis explicativas consideradas na pesquisa foram a velocidade média medida da corrente de tráfego e a razão do volume pela capacidade da via (V/C) em virtude da facilidade de medição destas variáveis através da análise dos vídeos. Além disso, associa-se à escolha destas variáveis ao fato de o HCM (TRB, 2010) utilizá-las na concepção de avaliação da qualidade da circulação, sendo que o nível de serviço das vias urbanas é baseado na velocidade média.

A velocidade média caracteriza-se como um indicador das condições de fluidez do tráfego, já que, por exemplo, altas velocidades médias significam que o tráfego está fluindo enquanto que baixas velocidades médias significam que o tráfego está

congestionado. A medição da velocidade foi realizada através da marcação de dois pontos na via, a medição da distância entre estes dois pontos e a marcação do tempo gasto pelos veículos para percorrer estes pontos.

A relação volume/capacidade (V/C) remete à idéia de ocupação da via (quantidade de veículos), já que uma via com baixa relação V/C, por exemplo, tem poucos veículos em circulação enquanto que uma via com alta relação V/C aproxima-se da saturação. A medição do volume foi realizada através da contagem do número de veículos num certo espaço de tempo, delimitado por dois pontos, e extrapolado para uma hora.

6. ELABORAÇÃO DA PESQUISA QUALITATIVA

Para elaboração da pesquisa qualitativa foi realizado um grupo focado com motoristas e especialistas em transporte para determinação da quantidade de níveis de fluidez e definição de sua nomenclatura. Além disso, fez-se a seleção dos cenários extraídos das imagens gravadas que melhor retratassem as condições de tráfego a serem utilizados nos questionários.

6.1 DEFINIÇÕES DOS NÍVEIS E NOMENCLATURA DAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO

Para a determinação da quantidade de níveis e nomenclaturas a serem utilizadas na classificação das condições de fluidez do tráfego, de modo a facilitar o entendimento e homogeneizar a informação passada aos motoristas, realizou-se um grupo focado. Este grupo focado foi composto por usuários das vias e especialistas em transporte da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e fez-se necessário em virtude da falta de padronização da nomenclatura utilizada pelas cidades brasileiras para informações sobre as condições de fluidez do tráfego nas mensagens apresentadas nos PMV.

Inicialmente, foram apresentadas as classificações utilizadas por cidades brasileiras, conforme descritas anteriormente. Foi mencionado pelo grupo que a quantidade de níveis utilizada não poderia ser elevada, uma vez que o usuário deve ter conhecimento sobre cada um deles e seus limites, sendo a nomenclatura utilizada a mais simples possível, para facilitar o entendimento por parte dos motoristas.

Em seguida, foi definido pelo grupo focado que a melhor alternativa seria a utilização de três níveis de classificação. No entanto, com o andamento da discussão,

verificou-se que somente três níveis não seriam suficientes para captar as mudanças de comportamento dos usuários em função dos congestionamentos. Assim, definiu-se pela utilização de quatro níveis para representar as condições de tráfego. Os níveis que representam as situações extremas do tráfego foram definidos com maior facilidade, sendo, respectivamente, “livre” e “parado”. No entanto, os níveis intermediários foram os que geraram as maiores discussões, já que deveriam representar as mudanças das condições de fluidez sentidas pelos usuários quando comparado ao nível predecessor e sucessor. Portanto, os níveis intermediários escolhidos foram, respectivamente, “intenso” e “congestionado”.

A condição “livre” indica que a via apresenta tráfego bastante leve, onde o motorista tem total liberdade e facilidade de mudança de faixa de tráfego, escolhendo a velocidade que desejar trafegar dentro dos limites permitidos. A condição “intenso” indica que a via apresenta um volume de tráfego considerável, com menor facilidade para mudança de faixa de tráfego, podendo ou não interferir na velocidade que o motorista desejar trafegar. A condição “congestionado” indica que a via apresenta grande volume de tráfego, com constantes paradas e baixas velocidades, situação do “anda e pára”, sendo a condição “parado” aquela em que a via apresenta problemas graves de congestionamento de tráfego, com mais situações de parada do que de movimento (PRANZL, 1999; MONT’ALVÃO *et al.*, 2000; TRB, 2010).

6.2 ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS PARA A PESQUISA COM MOTORISTAS

Para a elaboração dos cenários, foram calculadas as velocidades médias da corrente de tráfego e realizada a contagem de veículos para obtenção da relação volume/capacidade para cada um dos intervalos das imagens de vídeo pré-selecionadas. Do material coletado, foram extraídos vídeos de, aproximadamente, 10 segundos, que melhor retratassem essas condições de tráfego. Portanto, cada vídeo possuía sua identificação de local, a velocidade média medida e a razão do volume pela capacidade.

Do banco de dados formado foram extraídos 16 cenários. Teve-se a preocupação de uma distribuição homogênea entre as três vias, além da definição de um número de cenários que não exigisse dos respondentes um dispêndio de tempo excessivo. Os resultados da coleta e análise de dados selecionados para serem utilizados na pesquisa qualitativa são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: dados coletados e as principais características dos vídeos

Cenário	Localização	Velocidade média (km/h)	V/C
1	Av. Goethe	55,92	0,69
2	R. Mostardeiro	15,53	0,86
3	Av. Ipiranga	32,00	0,91
4	Av. Goethe	0,00	1,00
5	Av. Ipiranga	62,20	0,51
6	Av. Goethe	44,86	0,76
7	R. Mostardeiro	42,81	0,77
8	Av. Ipiranga	25,42	0,98
9	Av. Goethe	11,30	0,92
10	R. Mostardeiro	26,53	0,91
11	Av. Ipiranga	45,36	0,76
12	Av. Ipiranga	20,31	0,92
13	R. Mostardeiro	59,04	0,57
14	Av. Goethe	23,85	0,95
15	R. Mostardeiro	6,85	1,00
16	Av. Ipiranga	51,62	0,69

7. APLICAÇÃO DA PESQUISA QUALITATIVA JUNTO AOS USUÁRIOS

A pesquisa foi estruturada através de 2 questionários eletrônicos, contendo, cada um deles, 8 cenários. A aplicação dos questionários foi realizada através da *internet*, sendo os questionários enviados através de *e-mail*, com o intuito de atingir um maior número de respondentes.

A percepção dos motoristas acerca das condições de fluidez do tráfego apresentadas nos cenários foi obtida através da atribuição de conceitos qualitativos, provenientes do grupo focado, variando de “livre” a “parado”, conforme Figura 3. Os respondentes foram instruídos a marcar a alternativa que mais se aproximava das condições de fluidez observadas nos vídeos, caso estivessem trafegando nestes locais no momento apresentado.



Figura 3: Fragmento do questionário eletrônico utilizado para avaliação dos cenários

A escolha das variáveis idade, gênero e habilitação profissional ou não, fez-se: (i) homens e mulheres podem ter percepções diferentes quanto às condições de congestionamento aos quais estão submetidas, já que as mulheres são menos sensíveis a atrasos dos que os homens; (ii) pessoas mais jovens tendem a avaliar negativamente uma mesma situação quando comparada aos mais velhos; (iii) motoristas profissionais e não profissionais tem avaliações distintas sobre as condições viárias, já que a tolerância, por exemplo para casos de congestionamento, é menor para o primeiro do que para o segundo.

8. ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA QUALITATIVA

A amostra pesquisada foi composta por 253 motoristas habilitados, com idade igual ou maior a 18 anos, de diferentes faixas etárias, gênero e residentes em Porto Alegre. Do total dos questionários devolvidos, foram excluídos àqueles onde uma das questões contida no questionário não estava respondida. Considerando-se a estratificação da amostra, tem-se que 60% dos respondentes são do sexo masculino e 40% são do sexo feminino. Com relação à idade, 54% da amostra possuem idade superior a 35 anos e 46% da amostra possuem idade inferior a 35 anos. Já com relação à carteira de habilitação, 3% da amostra possuem CNH tipo A (motocicletas ou triciclos), 91% tipo B (automóveis), 3% tipo C (caminhões) e 3% tipo D (ônibus).

Os conceitos atribuídos para cada condição de tráfego foram transformados em notas, conforme a associação apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Associação entre notas e conceitos atribuídos aos cenários da pesquisa

Avaliação do Cenário				
	Livre	Intenso	Congestionado	Parado
Nota	1	2	3	4

Para cada conceito de fluidez do tráfego atribuído a cada vídeo, está relacionado uma velocidade média da corrente de tráfego e uma relação de V/C. A nota de cada cenário foi obtida através da média das notas a ele atribuídas, descartando-se valores atípicos, conforme é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Notas médias atribuídas aos cenários da pesquisa

Cenário	Localização	Velocidade média (km/h)	V/C	Nota do cenário
1	Av. Goethe	55,92	0,69	1,17
2	R. Mostardeiro	15,53	0,86	2,76
3	Av. Ipiranga	32,00	0,91	1,92
4	Av. Goethe	0,00	1,00	3,82
5	Av. Ipiranga	62,20	0,51	1,00
6	Av. Goethe	44,86	0,76	1,30
7	R. Mostardeiro	42,81	0,77	1,72
8	Av. Ipiranga	25,42	0,98	2,04
9	Av. Goethe	11,30	0,92	3,21
10	R. Mostardeiro	26,53	0,91	2,03
11	Av. Ipiranga	45,36	0,76	1,64
12	Av. Ipiranga	20,31	0,92	3,12
13	R. Mostardeiro	59,04	0,57	1,00
14	Av. Goethe	23,85	0,95	2,23
15	R. Mostardeiro	6,85	1,00	3,48
16	Av. Ipiranga	51,62	0,69	1,04

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 3, verifica-se que a variável volume/capacidade (V/C) tende a exercer pouca influência sobre as notas atribuídas aos cenários. Por exemplo, para o caso do cenário 3, com uma velocidade de 32,00 km/h e V/C de 0,91, tem-se uma nota média de 1,92. Já para o cenário 10, com a mesma relação V/C e velocidade de 26,53 km/h, tem-se uma nota de 2,03. Outros exemplos

como este se repetem entre os cenários 6 e 11 e cenários 9 e 12. A pouca influência da variável V/C se dá devido a aproximações simplificadas realizadas no início do experimento, em virtude da dificuldade de apropriação da capacidade para cada via em função da sua variabilidade.

Em contrapartida, as notas dos cenários são altamente influenciadas pelas velocidades médias para cada um deles. No entanto, para velocidades altas, a redução na nota do cenário não segue uma relação de proporcionalidade, como pode ser visto através da comparação entre os cenários 5 e 16. Para o caso do cenário 5, a velocidade média é de 62,20 km/h para uma nota de 1,00. Já para o cenário 16, a velocidade é de 51,62 km/h e a nota de 1,04, havendo uma redução de 17% na velocidade e um aumento de somente 4% na nota do cenário. No entanto, verifica-se a situação inversa para velocidades mais baixas, onde as notas são altamente influenciadas pela alteração da velocidade. Por exemplo, no cenário 14, a velocidade média dos veículos é de 23,85 km/h para uma nota de 2,23. Já no cenário 12, a velocidade é de 20,31 km/h para uma nota de 3,11, havendo uma redução da velocidade de 17% e um aumento da nota do cenário em 39%.

Pode-se concluir, através das análises citadas, que os motoristas têm uma avaliação mais rígida das condições de fluidez do tráfego para situações em que a velocidade média é mais baixa, demonstrando uma menor tolerância quando da ocorrência destas situações. Esta redução na tolerância justifica o acréscimo de níveis de classificações das condições viárias para explicar o comportamento dos usuários quando submetidos a velocidades mais baixas, do que nas situações onde o tráfego é fluente. Esta percepção já havia sido mencionada no grupo focado realizado, onde se verificou uma maior dificuldade em definir os níveis de fluidez do tráfego nas condições onde a velocidade é mais baixa do que em velocidades mais altas.

Utilizando-se como comparativo as notas médias dos cenários e as notas médias atribuídas por gênero e idade, conforme apresentado na Tabela 4, tem-se:

Tabela 4: Notas médias atribuídas aos cenários por gênero e idade

Cenário	Localização	Nota do cenário	Gênero		Idade	
			Masculino	Feminino	>= 35 anos	< 35 anos
1	Av. Goethe	1,17	1,23	1,09	1,16	1,19
2	R. Mostardeiro	2,76	2,79	2,77	2,71	2,80
3	Av. Ipiranga	1,92	1,97	1,88	1,90	1,93
4	Av. Goethe	3,82	3,87	3,79	3,77	3,85
5	Av. Ipiranga	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Av. Goethe	1,30	1,40	1,09	1,23	1,36
7	R. Mostardeiro	1,72	1,79	1,60	1,71	1,75
8	Av. Ipiranga	2,04	2,01	2,06	2,03	2,04
9	Av. Goethe	3,21	3,15	3,09	3,08	3,14
10	R. Mostardeiro	2,03	2,04	2,03	2,02	2,05
11	Av. Ipiranga	1,64	1,67	1,62	1,61	1,67
12	Av. Ipiranga	3,12	3,19	3,21	3,16	3,26
13	R. Mostardeiro	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
14	Av. Goethe	2,23	2,25	2,18	2,25	2,21
15	R. Mostardeiro	3,48	3,43	3,55	3,43	3,53
16	Av. Ipiranga	1,04	1,07	1,00	1,04	1,05

Em comparação com a nota média do cenário, verificou-se que em 11 dos 16 cenários, aproximadamente 70%, as notas médias atribuídas pelos homens são piores do que as notas atribuídas pelas mulheres, comprovando que as mulheres são mais tolerantes a situações de piora nas condições do tráfego. Já com relação à idade, verificou-se que em 15 dos 16 cenários, aproximadamente 94%, as notas médias atribuídas pelos mais jovens eram piores do que as notas atribuídas pelos mais velhos, comprovando que os mais velhos tendem a tolerar maiores atrasos do que os mais jovens, conforme mencionado por Benetti (2011).

9. MODELAGEM DA PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS E PROPOSIÇÃO DA ESCALA DE QUALIFICAÇÃO DA FLUIDEZ

A partir dos resultados da pesquisa qualitativa, foi realizada a modelagem e obtida a equação que relaciona a percepção de fluidez do tráfego por parte dos usuários com os fatores intervenientes desta condição utilizados na pesquisa.

As variáveis explicativas inicialmente consideradas na modelagem foram a velocidade média e a razão do volume pela capacidade (V/C), sendo a variável dependente a “Nota do Cenário”. No entanto, a utilização da variável V/C foi excluída em virtude da sua pouca relevância em explicar a condição de fluidez do tráfego pelos usuários. Além disso, fez-se a exclusão dos *outliers* nos limites entre a média e dois desvios padrões para mais e para menos, de maneira a refinar os valores provenientes da pesquisa qualitativa.

As modelagens foram realizadas com a utilização do *software* Excel, sendo que as equações que melhor representaram os dados foram polinomiais de segundo grau, obtidas através de regressão múltipla não linear. A equação obtida para representar a percepção de fluidez do tráfego por parte dos usuários, considerando-se as três vias concomitantemente, é:

$$\text{Nota do Cenário}_{\text{GERAL}} = 0,00044 * \text{VEL}^2 - 0,073 * \text{VEL} + 3,872 \quad (1)$$

em que *VEL* representa a variável “velocidade média no trecho”, expressa em quilômetros/hora.

Para o caso da equação 1, obteve-se um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,815, o que significa um bom ajuste dos dados.

Para o caso das vias Ipiranga, Mostardeiro e Goethe, separadamente, as equações que descrevem a percepção dos usuários acerca das condições de fluidez são apresentadas nas equações 2, 3 e 4, respectivamente. O modelo representativo da Av. Ipiranga obteve um coeficiente de determinação de 0,734.

$$\text{Nota do Cenário}_{\text{IPIRANGA}} = 0,00108 * \text{VEL}^2 - 0,131 * \text{VEL} + 5,048 \quad (2)$$

Os modelos representativos das Rua Mostardeiro e Av. Goethe são apresentados nas equações 3 e 4, tendo estes um coeficiente de determinação de 0,787 e 0,866, respectivamente.

$$\text{Nota do Cenário}_{\text{MOSTARDEIRO}} = 0,000436 * \text{VEL}^2 - 0,071 * \text{VEL} + 3,829 \quad (3)$$

$$\text{Nota do Cenário}_{\text{GOETHE}} = 0,0006 * \text{VEL}^2 - 0,082 * \text{VEL} + 3,857 \quad (4)$$

As equações 1 a 4 mostram que os modelos representativos da percepção das condições de fluidez do tráfego são semelhantes. A Figura 4 apresenta a variação da “Nota do Cenário” em função da variação da velocidade média para o caso geral, onde as três vias são analisadas concomitantemente, bem como para os casos isolados.

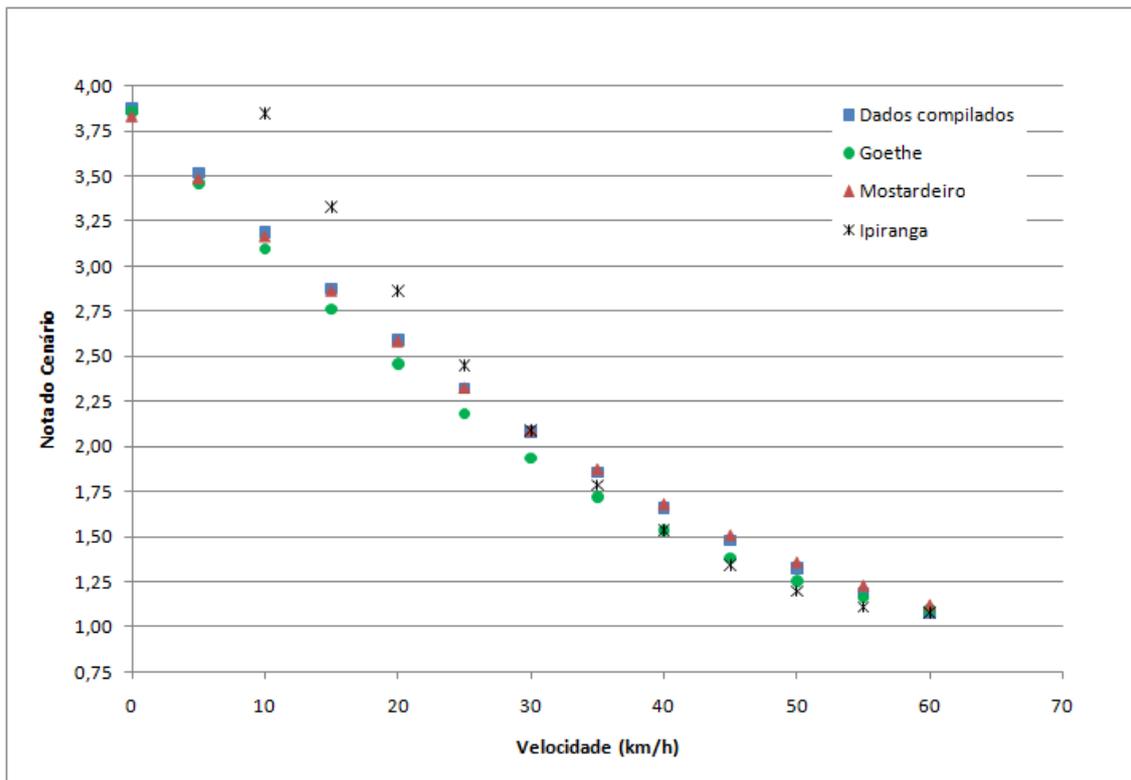


Figura 4: variação da nota do cenário em função da variação das velocidades médias

Para o caso Geral, Avenida Goethe e Rua Mostardeiro, com base na análise do gráfico, verifica-se que a percepção de fluidez por parte dos usuários tem comportamento similar. Para velocidades mais altas, acima de 40 km/h, a variação na nota atribuída para os cenários é pequena, demonstrando que reduções de velocidade ocorridas dentro deste limite não alteram significativamente a percepção de fluidez do tráfego por parte dos usuários. No caso de velocidades abaixo de 20 km/h, a variação na nota atribuída para os cenários é maior, demonstrando que variações de velocidade dentro deste limite são percebidas mais rapidamente e influenciam significativamente na avaliação da fluidez por parte dos usuários.

Para o caso da Avenida Ipiranga, em particular, verifica-se que a nota do cenário decresce progressivamente para velocidades médias menores do que 30 km/h, refletindo na diminuição acentuada da condição de fluidez do tráfego quando comparada às outras vias pesquisadas. Esta menor tolerância para velocidades mais baixas nesta via, quando comparada aos outros modelos, pode ser justificada pela percepção de via expressa que os motoristas têm em função do número de acessos limitados à via. Além disso, o histórico de congestionamento nesta via é muito pequeno, podendo antever o motorista que alguma ocorrência grave tenha provocado aquela situação.

Com base na equação 1 e nas médias das notas dos cenários atribuídas a cada situação de tráfego compreendida entre os níveis de fluidez “livre” e “parado”, definidos através da pesquisa qualitativa, elaborou-se uma escala de qualificação da fluidez para vias arteriais, conforme Tabela 5. Esta escala tem como base a velocidade média desenvolvida, sendo que seus limites levam em consideração a média, somada a um desvio padrão para mais e para menos, para cada um dos níveis descritos.

Tabela 5: Escala proposta para qualificação da fluidez com base na velocidade

Qualificação da fluidez	Velocidade (km/h)
Livre	$v \geq 45,00$
Intenso	$22,00 \leq v < 45,00$
Congestionado	$7,00 \leq v < 22,00$
Parado	$v < 7,00$

Esta escala proposta tem como objetivo a compatibilização dos dados quantitativos como a velocidade média, com dados qualitativos como os níveis de classificação das condições viárias, para a disseminação de informações sobre as condições de fluidez do tráfego por parte dos órgãos responsáveis. Isto é, a consideração da visão do usuário na construção das informações sobre a situação do tráfego apresentada nos painéis de mensagem variável.

No entanto, em virtude das mudanças no tráfego que ocorrem durante os anos e da adaptação dos usuários às novas realidades, esta escala não deve ser estanque, sendo seus limites verificados e alterados periodicamente. Desta forma, uma situação de tráfego considerada “intensa” atualmente, pode passar a ser vista como “livre” com o passar do tempo. Além disso, a utilização desta escala em outras cidades deve ser feita com ressalvas, já que as avaliações dos usuários sobre as situações de tráfego são diferentes de um local para outro. Por exemplo, a condição de fluidez do tráfego em uma via de São Paulo pode ser considerada por seus usuários como “livre”, sendo que esta mesma via sob avaliação dos motoristas de Porto Alegre é considerada como “intensa”.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de painéis de mensagem variável (PMV) como ferramenta na gestão do tráfego tem como objetivo a redução dos congestionamentos, do atraso e dos tempos

de viagem. O fornecimento de informações prévias aos usuários sobre problemas na rede viária fornece subsídios para a tomada de decisão a fim de evitar a ocorrência de danos/atrasos/transtornos. No entanto, esta informação precisa ser adaptada ao nível de conhecimento e percepção do usuário, uma vez que o mesmo, em sua maioria, não compartilha do conhecimento técnico referente à engenharia de tráfego. A participação do usuário no processo de construção das informações apresentadas nos PMV permite a interação do sistema com seu público alvo.

Levando em consideração o exposto acima, esta pesquisa buscou apresentar a percepção do usuário sobre a fluidez do tráfego em vias arteriais de Porto Alegre, sob um aspecto qualitativo e outro quantitativo. A análise qualitativa teve como base um grupo focado para determinação da quantidade de níveis e nomenclaturas a serem utilizadas na classificação das condições de fluidez do tráfego. A maior dificuldade percebida foi relacionada aos níveis de fluidez mais baixos, onde estes deveriam captar as mudanças de comportamento dos usuários em função dos congestionamentos, sendo definidas 3 intensidades: intenso, congestionado e parado. Já para quando o tráfego está fluindo, definiu-se a condição “livre”.

Com os dados extraídos da pesquisa quantitativa, realizada através de filmagens nas Av. Ipiranga e Goethe e Rua Mostardeiro, e aplicada aos usuários através de questionários *on-line*, gerou-se um modelo que relaciona a velocidade média com a percepção dos usuários. A definição da velocidade média como variável explicativa se deu em virtude desta ser de fácil medição, além de remeter, por si só, a uma situação de fluidez. A percepção de fluidez por parte dos usuários tem comportamento similar para as vias analisadas. Para velocidades médias mais altas, não há grande alteração na avaliação da via realizada pelos motoristas. No entanto, para velocidades médias mais baixas, esta alteração torna-se significativa, demonstrando uma intolerância dos motoristas à ocorrência deste tipo de situação.

Além disso, a proposição de uma escala de qualificação de fluidez para vias arteriais, baseada na velocidade média obtida através da pesquisa quantitativa e nas classificações das condições de tráfego estabelecidas através do grupo focado, possibilita uma ligação entre os usuários e os órgãos responsáveis pelo tráfego. Isto se faz necessário já que existe uma grande lacuna entre a técnica de engenharia utilizada na gestão do tráfego e a percepção do usuário, que normalmente não é levada em consideração nestas análises.

Embora a cidade de Porto Alegre tenha feito uso de painéis de mensagem variável (PMV) no gerenciamento do tráfego por um curto espaço de tempo, apesar de analisar esta alternativa para a Copa do Mundo de 2014, a utilização desta metodologia é mundialmente conhecida. O estabelecimento de escalas de fluidez facilita a determinação da mensagem a ser postada pelos técnicos sobre as condições operacionais do sistema porque torna clara a delimitação de intervalos entre uma situação de tráfego e outra, padronizando a informação apresentada.

Trabalhos futuros podem levar em consideração a aplicação desta pesquisa em técnicos das empresas responsáveis pelo gerenciamento do tráfego, bem como a profissionais que informam estas condições através de rádio e televisão, de forma a comparar a percepção dos usuários a estes profissionais. Além disso, sugere-se a expansão da pesquisa para vias similares de outras cidades, verificando se o comportamento do usuário sofre alteração em função do local de aplicação.

REFERÊNCIAS

- BELO HORIZONTE. **Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte**. Disponível em: <http://infotrafego.pbh.gov.br/info_trafego_mapa.html>. Acesso em: 26 out. 2010.
- BRANNEN, R.; EDWARDS, T.; MURPHY, P. *et al.* **Effectiveness of variable message signs** – a users perspective. In: European transport conference, 2005, Strasbourg. **Anais eletrônicos...** Strasbourg: Association for European Transport and Contributors, 2005. Disponível em: <www.etcproceedings.org/paper/download/178>. Acesso em: 12 dez. 2010.
- BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**. Instituído pela lei nº 9.503, de 23/09/97 – 3ª Edição - Brasília: DENATRAN, 2008.
- _____. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)**. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/SIPS/110504_sips_mobilidadeurbana.pdf>. Acesso em: 4 maio 2011
- FLANNERY, A.; WOCHINGER, K.; MARTIN, A. **Driver assessment of service quality on urban streets**. Highway Research Record. Nº 1920, p.25-31, 2005.
- GAN, H.C.; YE, X.; GAO, W.S. **Drivers' en-route diversion decisions under the influence of variable message sign information: an empirical analysis**. In: 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2008, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2008. *CD-ROM*.
- GASPARINI, R.; SILVA, P. **Análise da adequabilidade do Highway Capacity Manual para o estudo de vias urbanas brasileiras**. In: XII CONGRESSO

PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE, 2002, Quito, Equador. **Anais...** Quito, Equador: PANAM, 2002 (meio magnético)

GHODKE, R. **Urban Streets**: classification, operacional performance measures, congestion management. Apostila de aula.

JIZHEN, G.; CHANGQING, Z.; XUELIANG, Z. *et al.* **VMS release of traffic guide information in Beijing Olympics**. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, vol. 8 (6), p. 115-120, 2008.

LAN, W.H.K.; CHAN, K.S. **A model for assessing the effects of dynamic travel time information via variable message signs**. Transportation, vol. 28 (1), p. 79-99, 2001.

LEVINSON, D.; HUO, H. **Effectiveness of variable message signs**. In: 82th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2003, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2003. *CD-ROM*.

MACEIÓ (Município). **Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito**. Disponível em: <<http://www.smtt.maceio.al.gov.br/portal/index.jsp>>. Acesso em: 26 out. 2010.

MENG, Q.; KHOO, H.L.; CHEU, R.L. **An ATIS-based online dynamic traffic control strategy for the urban expressway-arterial corridor systems**. In: 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2007, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2007. *CD-ROM*.

MONT'ALVÃO, C.; BRAGA, M.G.C.; MORAES, A. **Painéis de mensagem variável: forma de apresentação da informação e preferência dos motoristas a influência das palavras e das cores**. In: XI CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE, 2000, Rio de Janeiro, R.J. **Anais...** Rio de Janeiro, R.J.: PANAM, 2000, v.1, p. 117-130.

PAULA, F.S.M. **Proposta de adaptação da metodologia do Highway Capacity Manual 2000 para análise de vias arteriais urbanas em Fortaleza**. 2006. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

PENG, Z.R.; GUEQUIERRE, N.; BLAKEMAN, J.C. **Motorist response to arterial variable message signs**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n. 1899, p. 55-63, 2004.

PEREIRA, L.F. **Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle de tráfego considerando a coleta automatizada de dados**. 2005. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2005.

PRANZL, M. **O painel de mensagem variável como fonte de informação das condições de tráfego: uma metodologia de suporte ao operador**. 1999. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-Graduação em Engenharia

de Transportes, Escola de Engenharia, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1999.

RECIFE. **Companhia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife**. Disponível em: <<http://www.recife.pe.gov.br/transito/Legenda.aspx>>. Acesso em: 26 out. 2010.

RICHARDS, A.; McDONALD, M. **Investigating the limits of the benefits provided by VMS in an urban network**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n. 2000, p. 25-34, 2007.

RIO DE JANEIRO (Município). **Secretaria Municipal de Transportes Urbanos**. Disponível em: <<http://transito.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 26 out. 2010.

ROSHANDEH, A.M.R.; PUAN, O.C. **Assessment of Impact of Variable Message Signs on Traffic Surveillance in Kuala Lumpur**. In: 2009 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics, 2009, New York. **Anais...** New York: IEEE Conference, 2009. p. 223-225.

SALVADOR. **Superintendência de Trânsito e Transporte do Salvador**. Disponível em: <http://www2.set.salvador.ba.gov.br/transito_principais.asp>. Acesso em: 26 out. 2010.

SAMPEDRO, A; CAMPOS, V.B.G. **Avaliação e Tratamento das Características da Infra-Estrutura Viária Urbana que Influenciam a Segurança do Tráfego**. Instituto Militar de Engenharia. Disponível em: <http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs.htm>

TRB (2010). **Highway Capacity Manual** (5ª edição). Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., EUA

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou um estudo sobre a avaliação das condições de fluidez do tráfego levando em consideração a percepção dos usuários do sistema viário, como forma de subsidiar a elaboração de mensagens apresentadas através de painéis de mensagem variável. Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas através do desenvolvimento do estudo, assim como considerações para trabalhos futuros.

O primeiro artigo desta dissertação correspondeu à etapa inicial da pesquisa, onde se revisou o estado-da-arte e da prática sobre a utilização de painéis de mensagem variável (PMV). Nesta etapa buscou-se compreender o funcionamento dos painéis como um todo, bem como o comportamento dos usuários frente às informações apresentadas. O conhecimento do comportamento do usuário permite ao órgão gestor definir quais as melhores alternativas, frente ao orçamento disponível, que serão colocadas em prática na instalação deste tipo de sistema. Nisto pode-se incluir a localização dos painéis e o tipo de informação apresentada, tais como compulsória, de melhoria operacional ou educativa.

Com relação ao tipo de informação, as compulsórias mencionam alterações nas condições de operação das vias em função de incidentes ou eventos programados. As informações referentes à melhoria operacional dizem respeito às condições atuais do tráfego, como fluidez, tempos de viagem e velocidade, bem como orientações/sugestões de rotas alternativas a serem seguidas. Já as mensagens educativas dizem respeito, por exemplo, ao uso de cinto de segurança, a não ingestão de bebidas alcoólicas e ao respeito ao limite de velocidade.

De maneira geral, para o caso de painéis utilizados para indicação de rotas alternativas, a mensagem apresentada deve fornecer informações sobre o motivo do evento, onde este está localizado e o que fazer para evitá-lo. No entanto, quanto mais detalhada for a informação, maior será a influência sobre os usuários para a troca de rota e maior o custo para tratamento e modelagem dos dados. Já os painéis que apresentam condições do tráfego, com informações relativas à fluidez, velocidade, tempo de viagem e atrasos, tendem a ter custos mais baixos devido à simplicidade da informação quando comparada com a anterior.

Portanto, conforme apresentado no fluxograma proposto, a implantação deste sistema requer uma análise quanto às informações que se deseja apresentar aos usuários, refletindo num maior investimento em infraestrutura e corpo técnico qualificado. A análise econômico/financeira desta implantação, num âmbito geral, permite a

comparação entre o investimento necessário para a operacionalização e o benefício proporcionado à população em relação à redução do congestionamento, das filas, do atraso gerado (tempo perdido), enfim, à melhora da fluidez do tráfego.

No entanto, a inexistência de normas que padronizem a forma de apresentação das informações, apesar da utilização de PMV já estar retratada no Código de Trânsito Brasileiro (CTB), torna-se um ponto negativo para o usuário, já que para condições idênticas a forma de apresentação das mensagens não é idêntica. Teoricamente, as informações sobre as condições de fluidez do tráfego apresentadas nos PMV são baseadas na metodologia americana do *Highway Capacity Manual* – HCM (TRB, 2010), que não reflete a condição brasileira. No entanto, na prática, esta avaliação é feita por pessoal técnico qualificado das empresas de trânsito, que não compartilha do mesmo conhecimento dos usuários das vias.

Portanto, no segundo artigo, buscou-se incluir o usuário do sistema viário na elaboração da sistemática utilizada na construção das informações postadas nos painéis de mensagem variável. O método proposto levou em consideração a percepção dos usuários de vias arteriais da cidade de Porto Alegre na avaliação sobre as condições do tráfego. Este método relaciona dados quantitativos das condições de tráfego e avaliações qualitativas por parte dos motoristas.

Inicialmente, foram definidas as vias arteriais que fariam parte do estudo em virtude da importância para a mobilidade da cidade e das semelhanças operacionais. Como semelhanças operacionais definiu-se o número de faixas por sentido, a existência de interferência com o meio (travessia de pedestres, estacionamento, paradas de ônibus) e a composição do tráfego. A aplicação do método em três vias teve como objetivo a comparação da percepção dos usuários em situações semelhantes aplicadas a locais diferentes.

Das vias selecionadas foram gravadas imagens em horários diversificados de maneira a contemplar as mudanças do tráfego, utilizadas, posteriormente, na pesquisa qualitativa. Das imagens foram extraídos cenários e dados de tráfego como a velocidade média da corrente e a razão do volume pela capacidade (V/C), variáveis estas escolhidas em função da facilidade de medição através de imagens de vídeo.

Já a pesquisa qualitativa, realizada através de um grupo focado, teve como objetivo homogeneizar as nomenclaturas utilizadas para transmitir informações sobre as condições viárias aos usuários e definir a quantidade de níveis de classificação destas condições. Em levantamento bibliográfico realizado, verificou-se que as cidades

brasileiras utilizam classificações qualitativas e quantidade de níveis diferentes para situações de tráfego semelhantes. Isto se deve, principalmente, em função da falta de padronização das informações, conforme mencionado anteriormente. Como resultado do grupo focado foram definidos 4 níveis de informação, variando entre a melhor e a pior situação: “livre”, “intenso”, “congestionado” e “parado”.

A pesquisa aplicada aos usuários das vias foi baseada nos cenários extraídos da pesquisa quantitativa, juntamente com os níveis de classificação do grupo focado. A aplicação da pesquisa por meio da *internet* se mostrou uma maneira fácil e atual de abranger um número significativo de respondentes. Os resultados da pesquisa foram utilizados em modelagens que resultaram em equações do tipo polinomial de segundo grau. As equações relacionam as percepções de fluidez do tráfego dos motoristas com a variável explicativa escolhida para os modelos, a velocidade média do trecho.

A velocidade média tem grande influência sobre a percepção de fluidez por parte dos motoristas. Já a relação do volume/capacidade foi excluída em virtude da pouca relevância desta em explicar esta condição. Os resultados indicaram que os motoristas têm uma avaliação mais rígida da fluidez para situações em que a velocidade média é mais baixa, demonstrando uma menor tolerância quando da sua ocorrência. Entretanto, a variação da percepção dos motoristas é pequena quando a velocidades mais altas, demonstrando que estas variações não geram insatisfação nos usuários.

Além disso, de maneira geral, as 3 vias estudadas possuem comportamento similar sob o ótica dos usuários. A Av. Ipiranga, no entanto, foi a que apresentou limites menores de tolerância, fato este que pode ser justificado pela percepção de via expressa que os motoristas têm da mesma, devido ao número de acessos limitados e pelo baixo histórico de congestionamentos.

Por fim, a partir dos modelos representativos da percepção de fluidez do tráfego por parte dos motoristas, foi definida uma escala de qualificação da fluidez para vias arteriais, tendo como base a velocidade média. Esta escala representa a compatibilização dos dados quantitativos, a velocidade média, com dados qualitativos, os níveis de classificação das condições viárias, sob a ótica dos usuários. A delimitação de parâmetros para as informações apresentadas auxiliam os usuários no seu entendimento.

De uma forma geral, a utilização de tecnologias para a melhora da qualidade da circulação e do aproveitamento da infraestrutura viária existente auxilia os órgãos de trânsito e agrada aos usuários, principalmente quando estão relacionadas à redução dos

tempos de viagem, dos congestionamentos e atrasos. As informações construídas com a participação dos próprios usuários e apresentadas através dos PMV permitem que os mesmos avaliem a situação e ajam da forma que considerarem mais benéfica para si, ou, em outros casos, sejam conduzidos para situações menos conflitantes.

Entretanto, cabem algumas ressalvas a sua utilização. Apesar de haver certa concordância na literatura em relação a muitos fatores, conforme mencionado no primeiro artigo, a análise profunda quanto ao benefício deste sistema está relacionada fortemente às características do meio, como a configuração do sistema viário e seus usuários. Além disso, na indicação de rotas alternativas, deve-se ter a preocupação para que o problema não seja deslocado para outra rota, criando um malefício ao invés de um benefício para as vias da região e os usuários.

Como relação ao tipo de informação apresentada, está relacionada ao investimento necessário em infraestrutura e corpo técnico qualificado. A implantação do sistema de PMV pode iniciar com informações sobre as condições viárias (velocidade, fluidez), que possuem um custo de obtenção mais baixo. Num segundo momento, um incremento no investimento permite a indicação de rotas alternativas.

Já com relação à utilização da *internet* para a aplicação da pesquisa, esta foi bastante satisfatória devido a um grande número de respondentes num curto espaço de tempo. Por fim, a utilização de escalas em geral permite a padronização das informações e estabelece limites entre situações ou condições parecidas.

Trabalhos futuros sobre o tema poderiam ampliar a pesquisa para os seguintes aspectos: (i) levantamento de outros fatores explicativos para a qualificação da fluidez, além da velocidade média utilizada pelo método proposto; (ii) verificação do comportamento dos usuários para outras vias, como, por exemplo, as vias coletoras, ou para vias arteriais de outros centros urbanos; (iii) aplicação desta pesquisa qualitativa a técnicos das empresas responsáveis pelo gerenciamento do tráfego, já que as situações de tráfego são analisadas pelos mesmos, bem como aos comunicadores de rádio e televisão.

REFERÊNCIAS

ATHENA, T.; AMALIA, P.; CONSTANTINOS, A. **Modelling the impact of advanced traveller information systems on travellers' behavior: puget sound region case study.** In: European Transport Conference, 2005, Strasbourg. **Anais eletrônicos...** Strasbourg: Association for European Transport and Contributors, 2005. Disponível em: <www.etcproceedings.org/paper/download/166>. Acesso em: 5 set. 2009.

BAZZAN, A.L.C.; KLÜGL, F. **Sistemas inteligentes de transporte e tráfego: uma abordagem de tecnologia da informação.** In: Jornadas de atualização em informática, 2007. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, [s. ed], 2007. p. 2296 – 2337.

BELO HORIZONTE. **Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte.** Disponível em: <http://infotrafego.pbh.gov.br/info_trafego_mapa.html>. Acesso em: 26 out. 2010.

BRANNEN, R.; EDWARDS, T.; MURPHY, P. *et al.* **Effectiveness of variable message signs – a users perspective.** In: European transport conference, 2005, Strasbourg. **Anais eletrônicos...** Strasbourg: Association for European Transport and Contributors, 2005. Disponível em: <www.etcproceedings.org/paper/download/178>. Acesso em: 7 set. 2009.

BRASIL. **Conselho Nacional de Trânsito:** Resolução n. 160 de 22 de abril de 2004 – Aprova o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, 2004.

_____. **Código de Trânsito Brasileiro.** Instituído pela lei nº 9.503, de 23/09/97 – 3ª Edição - Brasília: DENATRAN, 2008.

_____. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).** Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/SIPS/110504_sips_mobilidadeurbana.pdf>. Acesso em: 4 maio 2011

BROCKEN, M.G.M.; VAN DER VLIST, M.J.M. **Traffic control with variable message signs.** In: Vehicle Navigation and Transportation Systems Conference, 1991, Dearborn. **Anais eletrônicos...** Dearborn: [s. ed], 1991. p. 27-45. v. 2.

CHANG, H.L.; CHEN, P.C. **The impact of uncertain travel information on drivers' route choice behavior.** In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2009, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2009. *CD-ROM*.

CHATTERJEE, K.; HOUNSELL, N.B.; FIRMIN, P.E. *et al.* **Driver response to variable message sign information in London.** Transportation Research Part C, v. 10, n. 2, p. 149-169, 2002.

CHEQUER, C. J.; RIBEIRO, P.C.M. **Contribuição à implantação de sistemas ITS nas rodovias federais concedidas no Brasil.** I Congresso da Rio de Transportes, 2003, Rio de Janeiro.

CHOOCHARUKUL, K. **Effects of attitudes and socioeconomic and travel characteristics on stated route diversion:** structural equation modeling approach of road users in Bangkok, Thailand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2048, p. 35-42, 2008.

CLARK, A.T.; WANG, J.H.; MAIER-SPEREDELOZZI, V. *et al.* **Assisting elder drivers' comprehension of dynamic message signs.** In: 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2008, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2008. *CD-ROM*.

DUDEK, C.L.; SCHROCK, S.D.; ULLMAN, B.R. **License plate and telephone numbers in changeable message sign amber alert messages.** *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2012, p. 64-71, 2007.

DUTTA, A., FISHER, D.L.; NOYCE, D.A. **Use of a driving simulator to evaluate and optimize factors affecting understandability of variable message signs.** *Transportation Research Part F*, v. 7, n. 4, p. 209-227, 2004.

EMMERINK, R.H.M.; NIJKAMP, P.; RIETVELD, P. *et al.* **Variable message signs and radio traffic information:** an integrated empirical analysis of drivers' route choice behavior. *Transportation Research Part A*, v. 30, n. 2, p. 135-153, 1996.

ERKE, A.; SAGBERG, F. **Effects of variable message signs (VMS) on driver attention and behavior.** In: European transport conference, 2006, Strasbourg. **Anais eletrônicos...** Strasbourg: Association for European Transport and Contributors, 2006. Disponível em: <www.etcproceedings.org/paper/download/1391>. Acesso em: 7 set. 2009.

ERKE, A.; SAGBERG, F.; HAGMAN, R. **Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behaviour.** *Transportation Research Part F*, v. 10, n. 6, p. 447-457, 2007.

FLANNERY, A.; WOCHINGER, K.; MARTIN, A. **Driver assessment of service quality on urban streets.** *Highway Research Record*. Nº 1920, p.25-31, 2005.

FORTALEZA (Município). **Autarquia municipal de trânsito, serviços públicos e cidadania de Fortaleza.** Disponível em: <<http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=16>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

GAN, H.C.; YE, X.; GAO, W.S. **Drivers' en-route diversion decisions under the influence of variable message sign information: an empirical analysis.** In: 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2008, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2008. *CD-ROM*.

GASPARINI, R.; SILVA, P. **Análise da adequabilidade do Highway Capacity Manual para o estudo de vias urbanas brasileiras.** In: XII CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE, 2002, Quito, Equador. **Anais...** Quito, Equador: PANAM, 2002 (meio magnético)

GHODKE, R. **Urban Streets**: classification, operacional performance measures, congestion management. Apostila de aula.

HIGHWAYS TERM MAINTENANCE ASSOCIATION (HTMA). **Reading the signs**. Disponível em: <<http://www.htma.co.uk/smartweb/hot-topics/road-user-information>>. Acesso em: 11 out. 2009.

ITS BRASIL. Disponível em: <<http://www.itsb.org.br>>. Acesso em: 8 out. 2009.

JIZHEN, G.; CHANGQING, Z.; XUELIANG, Z. *et al.* **VMS release of traffic guide information in Beijing Olympics**. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, vol. 8 (6), p. 115-120, 2008.

KHATTAK, A.J.; PAN, X.; WILLIAMS, B. *et al.* **Traveler information delivery mechanisms**: impacts on consumer behavior. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n. 2069, p. 77-84, 2008.

KIM, T.; OH, C.; YEON, J. *et al.* **Estimation of message reading time for variable message signs**. In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2009, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2009. *CD-ROM*.

LAN, W.H.K.; CHAN, K.S. **A model for assessing the effects of dynamic travel time information via variable message signs**. Transportation, vol. 28 (1), p. 79-99, 2001.

LEVINSON, D.; HUO, H. **Effectiveness of variable message signs**. In: 82th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2003, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2003. *CD-ROM*.

MACEIÓ (Município). **Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito**. Disponível em: <<http://www.smtt.maceio.al.gov.br/portal/index.jsp>>. Acesso em: 26 out. 2010.

MACHADO, R.F. **Uso técnico dos painéis de mensagens variáveis**. Disponível em: <<http://sinaldetransito.com.br/artigos>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

MELO, B. **Indicadores de ocupação urbana sob o ponto de vista da infra-estrutura viária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2004.

MENG, Q.; KHOO, H.L.; CHEU, R.L. **An ATIS-based online dynamic traffic control strategy for the urban expressway-arterial corridor systems**. In: 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2007, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2007. *CD-ROM*.

MING, S.H. **Critérios para implantação de painéis de mensagens variáveis**. Disponível em: <<http://sinaldetransito.com.br/artigos>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

MONT'ALVÃO, C.; BRAGA, M.G.C.; MORAES, A. **Painéis de mensagem variável: forma de apresentação da informação e preferência dos motoristas a influência das**

palavras e das cores. In: XI CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE, 2000, Rio de Janeiro, R.J. **Anais...** Rio de Janeiro, R.J.: PANAM, 2000, v.1, p. 117-130.

PANITZ, M. **Perimetral: Cinco anos depois.** Revista mensal do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio Grande do Sul. Junho 2011. Ano VI. Nº 82

PAULA, F.S.M. **Proposta de adaptação da metodologia do Highway Capacity Manual 2000 para análise de vias arteriais urbanas em Fortaleza.** 2006. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

PEETA, S.; RAMOS, J.L. **Driver response to variable message signs-based traffic information.** IEE Proceedings Intelligent Transport Systems Part P, v. 153, n. 1, p. 2-10, 2006.

PENG, Z.R.; GUEQUIERRE, N.; BLAKEMAN, J.C. **Motorist response to arterial variable message signs.** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n. 1899, p. 55-63, 2004.

PEREIRA, L.F. **Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle de tráfego considerando a coleta automatizada de dados.** 2005. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA, L.F.; CAMPOS, V.B.G.; FILHO, A.S.F. **Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle visando o planejamento do tráfego.** In: XIX CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 2005, Recife, PE. **Anais...** Recife, PE.: ANPET, 2005. v. 1, p. 842-852.

PRANZL, M. **O painel de mensagem variável como fonte de informação das condições de tráfego: uma metodologia de suporte ao operador.** 1999. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1999.

RECIFE. **Companhia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife.** Disponível em: <<http://www.recife.pe.gov.br/transito/Legenda.aspx>>. Acesso em: 26 out. 2010.

RICHARDS, A.; McDONALD, M. **Investigating the limits of the benefits provided by VMS in an urban network.** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n. 2000, p. 25-34, 2007.

RIO DE JANEIRO (Município). **Secretaria Municipal de Transportes Urbanos.** Disponível em: <<http://transito.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 26 out. 2010.

ROSHANDEH, A.M.R.; PUAN, O.C. **Assessment of Impact of Variable Message Signs on Traffic Surveillance in Kuala Lumpur.** In: 2009 IEEE International

Conference on Intelligence and Security Informatics, 2009, New York. **Anais...** New York: IEEE Conference, 2009. p. 223-225.

SANTOS, A.F. **Quantificando as informações aos usuários dos serviços de mobilidade urbana** - Publicações na internet em *Sites* europeus e norte-americanos. Disponível em: <<http://sinaldetransito.com.br/artigos>>. Acesso em: 17 nov. 2009.

SALVADOR. **Superintendência de Trânsito e Transporte do Salvador**. Disponível em: <http://www2.set.salvador.ba.gov.br/transito_principais.asp>. Acesso em: 26 out. 2010.

SAMPEDRO, A; CAMPOS, V.B.G. **Avaliação e Tratamento das Características da Infra-Estrutura Viária Urbana que Influenciam a Segurança do Tráfego**. Instituto Militar de Engenharia. Disponível em: <http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs.htm>

SÃO PAULO (Município). **Companhia de Engenharia de Tráfego**. Disponível em: <<http://cetsp1.cetsp.com.br/pdfs/nt/NT173.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2009.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway Capacity Manual** (4ª edição). Special Report n. 209. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 2000.

_____. **Highway Capacity Manual** (5ª edição). Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 2010.

UPCHURCH, J.; ARMSTRONG, J.D.; THOMAS, G.B. *et al.* **A human factors evaluation of alternative variable message sign technologies**. In: The 3rd International Conference on Vehicle Navigation and Information Systems, 1992, Oslo. **Anais...** Oslo: IEEE Conference, 1992. p. 262-267.

WANG, J.H.; KECELI, M.; MAIER-SPEREDELOZZI, V. **Effect of dynamic message sign messages on traffic slowdowns**. In: 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2009, Washington. **Anais eletrônicos...** Washington: Transportation Research Board, 2009. *CD-ROM*.

WARDMAN, M.; BONSALL, P.W.; SHIRES, J.D. **Driver response to variable message signs: a stated preference investigation**. Transportation Research Part C, v. 5, n. 6, p. 389-405, 1997.