



TRANSITO LENTO
AV DOS BANDEIRANTES
ATE VO STO AMARO

A rectangular variable message sign with a black background and yellow text. The sign is supported by a metal structure and is positioned above a road. The background shows green trees and a clear sky.

Painéis de Mensagens Variáveis - PMV



PAINÉIS DE MENSAGENS VARIÁVEIS

PMV

Cláudio Pires e Albuquerque de Souza

Prefeitura do Município de São Paulo

Fernando Haddad

Secretaria Municipal de Transportes

Jilmar Tatto

Companhia de Engenharia de Tráfego – CET

Presidência

Jilmar Tatto

Diretoria de Operações

Maurício Régio

Diretoria Administrativa e Financeira

Maria Lucia Begalli

Diretoria Adjunta de Planejamento, Projetos e Educação de Trânsito

Tadeu Leite Duarte

Diretoria Adjunta de Sinalização e Suporte à Fiscalização de Trânsito

Sérgio Marasco Torrecillas

Diretoria de Representação

Leandro Leme Camargo

Boletim Técnico 57

Gerência de Tecnologia e Gestão da Informação

Sun Hsien Ming

Elaboração

Cláudio Pires e Albuquerque de Souza

Revisão

Paulo Thadeu Souza Cardoso

José Antonio Dias Pedroso do Carmo

Virgílio dos Santos

Sun Hsien Ming

Apoio

Denise Lima Lopes

Rafael Moreira Cosentino

Tadeu Leite Duarte

Wilson Vargas Toledo

Edição do Texto

Núcleo de Gestão do Conhecimento e da Documentação Técnica - NCT

Heloisa Martins

Ivete Oddone

Edição

Gerência de Marketing e Comunicação

Rafael Teruki Kanki

Departamento de Marketing

Natália Pescaroli

Gerência de Tecnologia e Gestão da Informação

Denise Lima Lopes

Souza, Cláudio Pires e Albuquerque de
Painéis de Mensagens Variáveis: - PMV / Cláudio
Pires e Albuquerque de Souza. - São Paulo: Companhia
de Engenharia de Tráfego, 2015.
99 p. – (Boletim Técnico da CET, 57)

1. Mensagens Variáveis 2. Painéis 3. Sinalização
I. Título II. Série

Boletim Técnico 57

PAINÉIS DE MENSAGENS VARIÁVEIS

PMV

Cláudio Pires e Albuquerque de Souza

Boletim Técnico 57

A Coleção Boletins Técnicos, publicada pela CET desde a década de 1970, tem entre seus principais objetivos divulgar estudos e projetos de Engenharia de Tráfego, bem como difundir os trabalhos produzidos pela equipe técnica da CET.

O caráter inédito e o fato de serem experiências de interesse nacional tornaram a publicação uma referência bibliográfica obrigatória e fonte de ideias e subsídios para vários órgãos de gestão de trânsito.

ÍNDICE

Apresentação.....	11
1. Histórico.....	13
1.1. Classificação por Tipos e Tecnologias.....	14
1.1.1. PMVs Reflexivos.....	14
1.1.2. PMVs Luminosos.....	18
1.1.3. PMVs Híbridos.....	24
1.2. Classificação por Modularidade.....	26
2. Principais Elementos de um PMV Moderno.....	27
3. Arquitetura do Sistema PMV.....	31
3.1. Sistemas de Detecção.....	32
3.2. Central de Operação e Controle.....	34
3.3. Sistema de Comunicação.....	36
3.4. Equipamentos de Campo.....	36
4. Tópicos para Especificação de um PMV.....	38
4.1. Visibilidade e Legibilidade.....	38
4.2. Procedimentos para Seleção do PMV.....	53
4.3. Exemplo de Dimensionamento de um PMV.....	55
4.3.1. Determinação da Altura do Caractere.....	56
4.3.2. Determinação da Altura Útil do Painel.....	56
4.3.3. Determinação da Largura Útil do Painel.....	57
4.3.4. Determinação da Área Útil do Painel.....	58
4.3.5. Tamanho Físico Final do PMV.....	59
5. Mensagens.....	61
5.1. Mensagens de Orientação.....	62
5.2. Mensagens de Direcionamento.....	63
5.3. Mensagens Preventivas.....	63
5.4. Conteúdo da Mensagem.....	64
5.5. Formatos de Exibição.....	65
5.6. Exemplos da Experiência Internacional.....	65
5.6.1. Portugal.....	65

5.6.2. Estados Unidos	67
6. Posicionamento do PMV.....	68
7. Locação do PMV em Relação à Via	70
8. Padronização do Sistema PMV	74
9. Comportamento do Motorista	77
9.1. Interpretação / Compreensão	77
9.1.1. Uso dos Pictogramas em PMVs	78
9.1.2. Interpretação da Classificação dos Sinais de Trânsito.....	79
9.1.3. Interpretação da Mensagem Envolvendo Várias Técnicas de Exibição	80
9.1.4. Interpretação das Respostas Esperadas	80
9.1.5. Compreensão das Estratégias de Controle do PMV	81
9.1.6. Aceitação dos PMVs	81
9.2. Reação / Resposta	81
10. Consequências para o Tráfego	88
10.1. Efeito Global	90
10.2. Efeito Local	91
11. Perspectivas Futuras do Sistema PMV	95
12. O PMV na Cidade de São Paulo	96
Referências	97

Apresentação

Este boletim é o resultado de um vasto trabalho de pesquisa na literatura disponível sobre o assunto PMV, tanto em âmbito nacional quanto internacional.

O histórico da evolução tecnológica dos elementos que compõem um PMV, conceitos teóricos de óptica e fotometria, bem como manuais e notas técnicas de procedimentos operacionais utilizados em outros países fazem parte deste trabalho.

A coletânea deste material técnico destina-se a ser utilizada como uma ferramenta capaz de fornecer elementos com consistência técnica que possam auxiliar adequadamente na definição das características de um PMV, suas dimensões e localização na via, bem como a sua operacionalização no que diz respeito às mensagens a serem veiculadas.

Painéis de Mensagens Variáveis (PMVs) têm se transformado, nas últimas quatro décadas, num dos meios mais eficientes e populares de aplicação dos conceitos de *ITS-Intelligent Transportation Systems* (Sistemas Inteligentes de Transporte).

Os PMVs, desde o pequeno comércio a aeroportos, por sua flexibilidade, aceitação popular e custo relativamente baixo, vêm se espalhando rapidamente pelo mundo, encontrando aplicações não previstas nem mesmo pelos próprios fabricantes. Na área de Engenharia de Tráfego, sistemas de PMV são uma ferramenta útil para orientação aos motoristas e controle de tráfego urbano, informando situações de incidentes de tráfego, estimativa de tempo de percurso, obras e manutenção viária, entre outras, devendo divulgar informações variáveis ao longo do tempo e que sejam úteis aos usuários. As mensagens, por serem variáveis, necessitam de atualização constante. Como acontece com toda a sinalização viária, a credibilidade da mensagem exibida no PMV é fundamental.

Um PMV pode exibir alerta de congestionamento à frente, notificar os motoristas sobre rotas alternativas ou apresentar uma mensagem padrão. Os operadores da Central de Controle selecionam a mensagem apropriada com base nas condições atuais de tráfego. A operação do sistema deve zelar para evitar a exibição de mensagens inúteis, incorretas ou superadas, que desacreditem esta ferramenta perante o usuário.

Ao ser informado sobre condições adversas ou incidentes na pista, o motorista se sentirá mais **seguro**; havendo possibilidade de rotas alternativas, os veículos poderão sair de suas rotas originais, reduzindo a **lentidão** no local do incidente; e, mesmo quando isso não for possível, o motorista poderá saber de antemão os atrasos que sofrerá em seu trajeto, podendo adaptar seus planos de viagem de acordo com as novas condições. Mesmo em situação de normalidade, os painéis poderão exibir mensagens relativas a rotas e outras informações úteis aos usuários da via, tornando a viagem mais **confortável** e menos estressante. Ainda que haja incidentes que causem atrasos na viagem, o motorista se sentirá mais confortável se souber antecipadamente qual será este atraso, podendo, portanto, reajustar seus compromissos.

Assim, na área de transporte e tráfego, a aplicação dos PMVs baseia-se nos seguintes três tópicos:

SEGURANÇA
FLUIDEZ
CONFORTO

A Europa Ocidental utiliza PMVs, principalmente, em rodovias **interurbanas** para **segurança** e controle de **velocidade**, e para **fechamento** de faixas de rolamento. Na Europa (e, principalmente, na Alemanha, devido à sua posição geográfica central) são utilizados, preferencialmente, pictogramas associados a mensagens escritas devido às diferenças de idioma entre os países. PMVs também são utilizados para desviar o tráfego para rotas alternativas, seja devido a ocorrências de incidentes ou, simplesmente, devido ao volume intenso. Nos EUA, o início de utilização dos PMVs deu-se, principalmente, no meio urbano. No Japão, é comum a utilização de painéis exibindo mapas de orientação e de informação de lentidão e congestionamentos em anéis viários metropolitanos. As necessidades e a complexidade típicas dos grandes centros urbanos exigem uma grande variedade e flexibilidade de mensagens fornecidas pelos painéis. Por sua característica interurbana, as necessidades europeias são satisfeitas por um pequeno número de mensagens previamente gravadas, o que torna os procedimentos operacionais mais simples e rápidos.

O principal propósito deste Boletim Técnico é abordar os diversos aspectos relativos à implementação de PMVs, como: estrutura de um sistema de PMV, tráfego de informações, procedimentos operacionais, padronização de mensagens, tecnologias, dimensões e posicionamento de painéis, efeitos na fluidez de veículos, interpretação e resposta do usuário e, simultaneamente, apresentação de recomendações para o uso consistente e ordenado deste recurso para informar os motoristas sobre as situações variáveis a que o tráfego urbano está sujeito, direcionando-os com mensagens orientativas, oportunas e tempestivas.

1. Histórico

Painéis de Mensagens Variáveis aplicados à área de tráfego têm sido utilizados há mais de 40 anos (inicialmente nos Estados Unidos e Europa Ocidental). O primeiro tipo de PMV era muito rudimentar e consistia de placas com mensagens que eram encaixadas em suportes, operados por policiais rodoviários. Posteriormente, surgiram outros tipos de painéis que permitiam a atualização da informação em tempo real: tambores (prismas) e fitas rotativas, néon, pás rotativas, matrizes de discos e lâmpadas etc. Esses tipos permitiam exibir um grande número de mensagens, porém, pré-existentes a serem selecionadas.

A partir dos anos 1970, com a evolução da eletrônica digital, os equipamentos microprocessados tornaram-se mais baratos, e muitos fabricantes de PMVs passaram a incorporar essa tecnologia em seus produtos, possibilitando uma variedade ilimitada de mensagens utilizando matriz de lâmpadas.

Logo depois da crise energética dos anos 1970, a popularidade das matrizes de lâmpadas diminuiu consideravelmente nos EUA. Apesar do custo inicial mais alto, a matriz de discos reflexivos (*flips*), controlados por microprocessador, mostrou-se mais econômica, tanto em consumo de energia quanto em manutenção. No Reino Unido foram desenvolvidas matrizes de lâmpadas incandescentes de *grade fixa*. “Grade fixa” significa que cada unidade luminosa (como lâmpadas) é distribuída em uma rede, somente nas posições necessárias para se exibir caracteres alfanuméricos, o que restringe o uso de mensagens que rolam no painel e a variação na altura e forma dos caracteres. Matrizes de fibras ópticas em grade fixa tornaram-se, mais tarde, muito populares na Europa. Esse tipo de PMV não possuía partes móveis, o que facilitava a manutenção.

A necessidade de melhor legibilidade e o aperfeiçoamento de novas tecnologias têm renovado o interesse por painéis luminosos nos últimos anos. Além da matriz de lâmpadas, as tecnologias de fibras ópticas, LEDs (diodos emissores de luz) e cristal líquido também foram pesquisadas como alternativas de aplicação em vias expressas desde o início dos anos 1970. Outras tecnologias foram lançadas, como híbridos fibra óptica/disco reflexivo, híbridos LED/disco reflexivo, tubos de raios catódicos e laser de varredura.

Os painéis de fibras ópticas foram muito utilizados na França, Alemanha, Holanda e Bélgica para controle de velocidade, segurança e restrição de faixa. No Reino Unido foram utilizados apenas painéis de matriz de lâmpadas. Apesar de PMVs de fibras ópticas serem usados nos EUA desde os anos 1970, não alcançaram uma utilização extensiva no país. Somente após o aperfeiçoamento dessa tecnologia, que melhorou a legibilidade e permitiu o aumento da altura dos caracteres, é que houve uma renovação do interesse das autoridades de tráfego do país por esse tipo de tecnologia.

O desenvolvimento de LEDs de alto brilho também despertou o interesse por painéis utilizando matriz de LEDs. Uma grande vantagem dos painéis de LEDs sobre outras tecnologias

é que o painel de LED é constituído, exclusivamente, de componentes em estado sólido (sem partes móveis), o que reduz extremamente os custos de manutenção e aumenta a expectativa de vida útil do painel.

Até o início dos anos 2000 existiu a tendência de se unir as características mais vantajosas de duas ou mais tecnologias em um mesmo painel; são os chamados **PMVs híbridos**. Um painel híbrido típico é composto de um elemento reflexivo e um elemento luminoso (LED, fibra óptica etc.).

Os fabricantes de matrizes de discos (*flips* ou *flaps*) introduziram um cabo de fibras óticas e LEDs na superfície do disco com o objetivo de melhorar a legibilidade e a aceitação desse tipo de painel.

A tecnologia de cristal líquido (LCD), embora utilizada em diversos tipos de mostradores, como monitores de computador, calculadoras, relógios etc., não foi muito utilizada em vias públicas, pois sua técnica de legibilidade nunca foi suficientemente aperfeiçoada. Outras tecnologias, tais como laser e holografia ainda não se tornaram factíveis para aplicação em tráfego.

1.1. Classificação por Tipos e Tecnologias

Os PMVs, historicamente, podem ser classificados em três grandes grupos:

- **Reflexivos:** refletem a luz de alguma fonte externa como o Sol, lâmpadas ou faróis dos próprios veículos (ex.: discos reflexivos, prisma com face reflexiva);
- **Luminosos:** possuem sua própria fonte de luz (ex.: fibra óptica, LED);
- **Híbridos:** combinação dos dois sistemas (ex.: fibra óptica com disco reflexivo).

Combinações de sinalização estática com PMVs também podem ser consideradas tipos híbridos.

1.1.1. PMVs Reflexivos

Apesar da possibilidade do uso de materiais reflexivos em diversos tipos de PMVs, os tipos mais comuns de PMVs reflexivos são os de matriz de discos. Uma característica particular dos PMVs de matriz de discos reflexivos é o fato de que durante o **dia** só existe consumo de energia quando há **mudança de estado** (mensagem), isto é, quando os discos são girados, enquanto que os PMVs luminosos consomem energia todo o tempo em que a mensagem é exibida. À **noite**, os PMVs de matrizes reflexivas se equiparam aos PMVs luminosos, consumindo energia permanentemente, pois necessitam de iluminação externa.

A legibilidade dos discos reflexivos pode ser muito boa durante o dia, quando o Sol se encontra em frente ao painel. No entanto, quando o Sol se encontra atrás do painel, o baixo contraste resulta em fraca legibilidade, necessitando da utilização de iluminação externa ou interna para compensar o problema. Para iluminação externa, lâmpadas de vapor de mercúrio e sódio de alta pressão foram usadas com sucesso. Como os discos ficam embutidos em vãos na

face visível do painel, o Sol ou a iluminação externa podem formar sombras, o que encobre partes da mensagem, tornando-a ilegível.

A parte frontal do painel é revestida por material transparente, para protegê-lo das intempéries. O reflexo do Sol no material transparente pode torná-lo ilegível em certas horas do dia. As tentativas de se utilizar um tipo de material antifuscante não foram bem sucedidas.

Alguns painéis de discos reflexivos não são compostos de uma matriz contínua, mas de módulos de caracteres individuais separados. Com o tempo, a tinta preta do fundo do painel deteriora-se e desbota. Isso dificulta a leitura durante certas horas do dia, pois o espaço entre os caracteres fica quase da mesma cor dos discos.

Os PMVs de matriz de discos reflexivos permitem que as mensagens sejam exibidas de forma estática ou piscante. A exibição de uma nova mensagem pode ser feita módulo a módulo, linha a linha ou coluna a coluna. Isso significa que, na troca de mensagem, partes da mensagem nova e da antiga poderão ser vistas simultaneamente durante a fase de transição, a não ser que o painel seja “apagado” antes da substituição da mensagem.

Ressalte-se que, embora a palavra “disco” não seja a mais adequada, do ponto de vista geométrico, para definir os tipos de unidade matricial quadrada e retangular, ela será utilizada nesse texto por ser um desenvolvimento dos discos circulares. Há, pelo menos, 3 tipos de “discos” reflexivos:

- **Discos circulares**

A face visível é formada por uma rede de unidades circulares pivotantes, permanentemente magnetizadas, montadas em um fundo escuro. A mensagem é exibida ao se girar os discos eletromagnéticos apropriadamente de forma a exibir o lado amarelo reflexivo. Os tipos com redes modulares são os mais comuns.

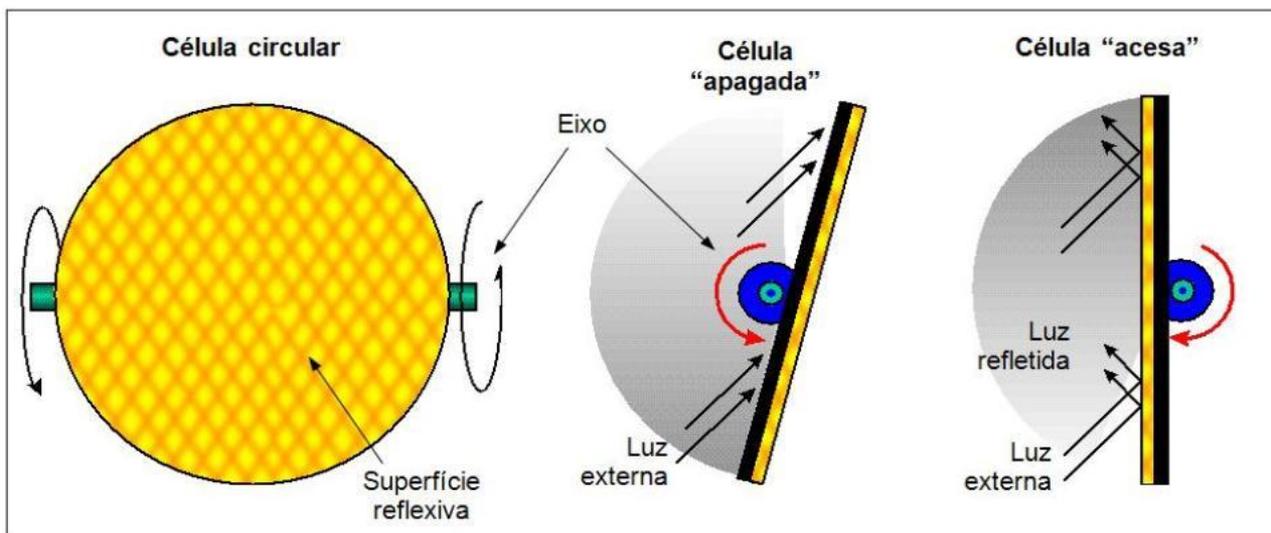


Figura 1- PMV de discos circulares – detalhe da célula individual

Tipicamente, os discos são coloridos de um lado (amarelo reflexivo) e preto fosco do outro. Como a maioria das matrizes utilizadas em vias expressas limitava-se a módulos de 5×7 discos ou 4×7 discos para formar cada caractere, a exibição de formas precisas e letras minúsculas ficava prejudicada.

As alturas mais comuns de caracteres vão de 12 a 18 polegadas (305mm a 457mm), embora alguns modelos possam combinar 2 ou 3 linhas para formar caracteres com o dobro ou o triplo da altura normal.

- **“Discos” quadrados**

Os painéis de discos reflexivos quadrados são muito semelhantes aos circulares.

A face visível é formada por uma matriz completa de elementos que giram para exibir o lado amarelo reflexivo ou preto.

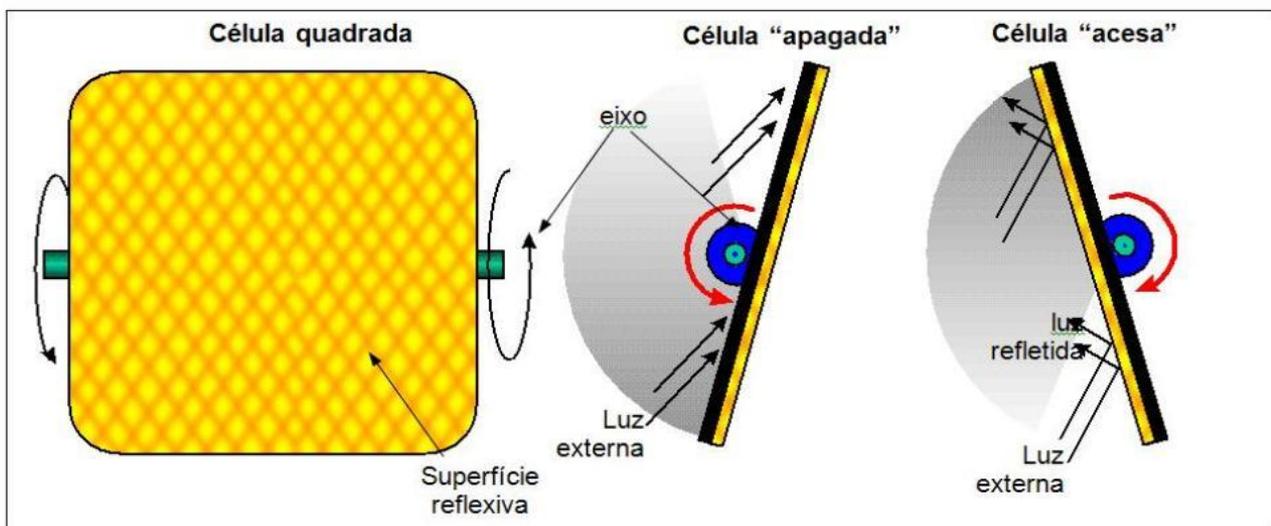


Figura 2 - PMV de "discos" quadrados - detalhe da célula individual

Cada unidade mede, geralmente, 2,25 polegadas (57,2mm) de lado. Os elementos têm lados inclinados e são tridimensionais, oferecendo, assim, alguma profundidade ao elemento da mensagem. Cada elemento é encerrado em uma caixa quadrada formando um cubo. A forma quadrada oferece um aumento de cerca de 30% de área visível em relação ao disco circular.

O desenho tridimensional dos elementos visa melhorar a legibilidade à medida que o observador se afasta do centro do painel. Os elementos são moldados em policarbonato com material fluorescente aplicado na superfície plástica.

A altura dos caracteres varia de 7,5 a 75 polegadas (190,5mm a 1905mm). Cada elemento da matriz é controlado por um minimotor elétrico. Uma corrente elétrica momentânea magnetiza a armadura e vira a superfície reflexiva para um lado ou outro, dependendo do sentido da corrente. É possível girar o elemento 5 vezes por segundo.

- “Discos” retangulares

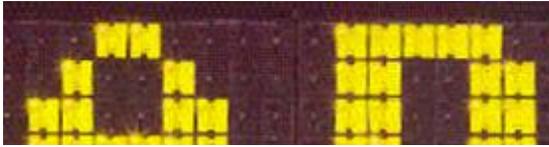


Figura 3 - Detalhe de painel de "discos" retangulares

A face visível é formada por uma rede de unidades retangulares pivotantes, magnetizadas permanentemente, geralmente na proporção 3×2, que podem ser montadas na horizontal ou na vertical. Esse tamanho de “disco” retangular oferece um aumento mínimo de 16% de área visível em relação ao disco circular. Por outro lado, os caracteres formados têm desenho mais grosseiro.

Cada disco é composto de duas partes: uma base fixa pintada de amarelo fluorescente e preto fosco em cada metade, e uma aleta móvel (*flipper* ou *flap*) pintada de amarelo fluorescente em uma face e preto fosco na outra.

O painel consiste em uma série de módulos de caracteres 5×7 espaçados uniformemente. A exibição de formas precisas e letras minúsculas fica prejudicada.

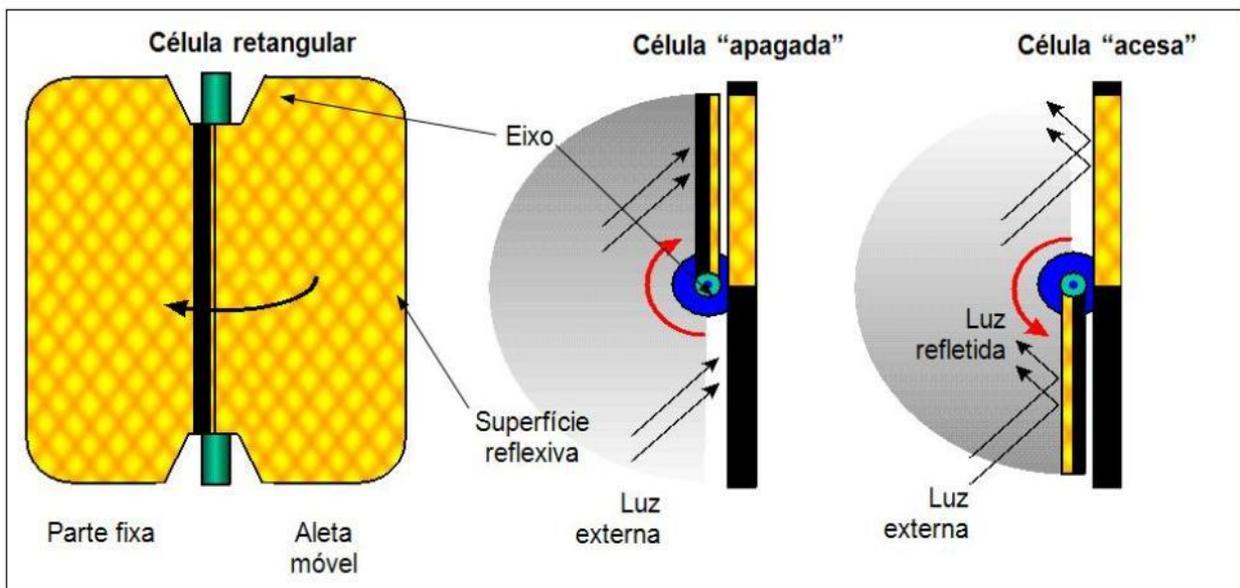


Figura 4 – PMV de “discos” retangulares – detalhe da célula individual

A porção do *flipper* de cada disco tem dois ímãs permanentes fixos em um dos lados. Um eletroímã é colocado diretamente atrás do disco e, ao mudar a polaridade, reage com os ímãs permanentes forçando o *flipper* a girar.

Todas as linhas podem ser mudadas simultaneamente. Uma mensagem num painel de 3 linhas pode mudar em 0,1 segundo.

A altura típica dos caracteres é de 18 polegadas (457mm), apesar de que caracteres de 28 polegadas (711mm) também são comuns.

A confiabilidade de tecnologias eletromecânicas usadas em PMVs é medida pelo número de movimentos de certas partes do mostrador. Apesar de, a princípio, os componentes individuais não sofrerem desgaste, a maioria das falhas é decorrente do ambiente (poeira, umidade, sal, gelo, calor etc.) e a exposição a ambientes agressivos tende a travar certas partes móveis.

Medidas realizadas em painel instalado em Toronto, Canadá, registraram uma média anual de 4% de falhas individuais. O mesmo estudo mostrou que essas falhas concentravam-se no rigoroso inverno canadense por dois motivos principais: acúmulo de gelo, condensado da umidade do ar (o que não se aplica à maioria das cidades brasileiras), e maior concentração de partículas no ar, devido ao fenômeno da inversão térmica (comum em São Paulo).

Com uma manutenção preventiva 2 vezes ao ano era possível reduzir a taxa de falhas para menos de 2% ao ano. A manutenção consiste em simples limpeza dos discos com ar comprimido. Apesar de o custo do material ser muito baixo, o processo de manutenção tem o custo equivalente a 3 homens/dia. Além disso, a manutenção do sistema de iluminação artificial representa um custo extra que não pode ser desprezado.

1.1.2. PMVs Luminosos

Historicamente, os tipos mais comuns de PMVs luminosos são:

- **Matriz de lâmpadas incandescentes**

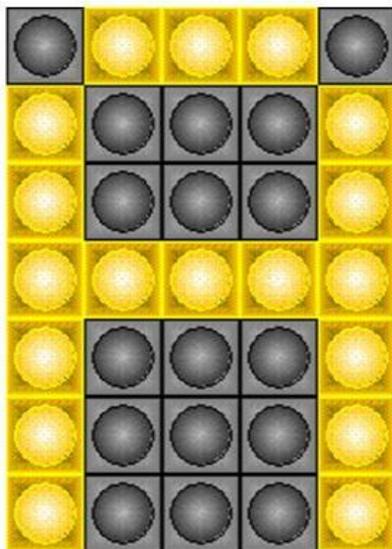


Figura 5 – Módulo de lâmpadas incandescentes em matriz 5 x 7

A face visível é formada por uma rede de lâmpadas incandescentes fixadas a um fundo escuro. A rede de lâmpadas pode ser tanto contínua quanto dividida em módulos matriciais.

Cada lâmpada pode ser cercada por refletores ou pestanas para formar uma grade que direciona a luz e evita que lâmpadas apagadas reflitam a luz das que estão acesas.

Quando usados, os refletores são, geralmente, cobertos por prata colorida que tende a reduzir o contraste quando o Sol ilumina a face do painel.

A exibição de formas precisas e letras minúsculas fica prejudicada, pois as matrizes mais comuns são de 5×7 ou 4×7 que resultam em contornos pouco definidos. Como a intensidade das lâmpadas pode variar graças a circuitos de *dimming* relativamente simples, o painel pode se adaptar à maioria das condições de iluminação ambiente. A redução da corrente com circuito de *dimming* também ajuda a aumentar a vida útil da lâmpada.

As mensagens podem ser exibidas estaticamente ou de forma piscante, sequencial ou deslizante. A alteração de mensagens é quase instantânea.

Os painéis típicos aplicados em vias expressas tinham até 4 linhas. O número de caracteres por linha variava de 12 a 20. As alturas mais comuns de caracteres variavam de 12 a 18 polegadas (305mm a 457mm), embora existissem outras maiores.

Apesar de lâmpadas incandescentes consumirem muita energia e terem vida útil relativamente curta, foram muito utilizadas em painéis de propaganda. Isso se deve, provavelmente, à excelente visibilidade sob todas as condições de luz e baixo custo. O Ministério de Transportes de Ontário (Canadá) avalia que a única tecnologia que se aproxima, em brilho, à de lâmpadas incandescentes, com tamanho de *pixel* (ponto) semelhante, é a de grupos de LEDs de alto brilho.

Não há partes móveis em painéis de lâmpadas incandescentes. Um dos maiores problemas de confiabilidade e manutenção é a vida útil das próprias lâmpadas. A vida de uma lâmpada é afetada por vibrações, surtos de corrente, ciclo e chuva. Inversamente, a redução da tensão nas lâmpadas à noite pode aumentar consideravelmente sua vida útil. Por exemplo, se uma lâmpada de potência nominal de 40W for alimentada com uma corrente equivalente a uma lâmpada de 30W poderá ter sua vida útil aumentada até, aproximadamente, 6.000 horas (250 dias), contra 1.000 horas em condições nominais de operação.

- **Matriz de fibras ópticas (grade fixa)**

A luz emitida por uma fonte interna (lâmpada halógena) é direcionada até a face visível do painel através de um feixe de fibras ópticas. Na face visível, os pontos de luz (pixels) podem ser arranjados em uma rede matricial. Cada ponto de luz vem da extremidade de um guia de luz individual. O guia de luz termina em um cone condutor que aumenta o ponto de luz e fornece um pequeno ângulo controlado de emissão.

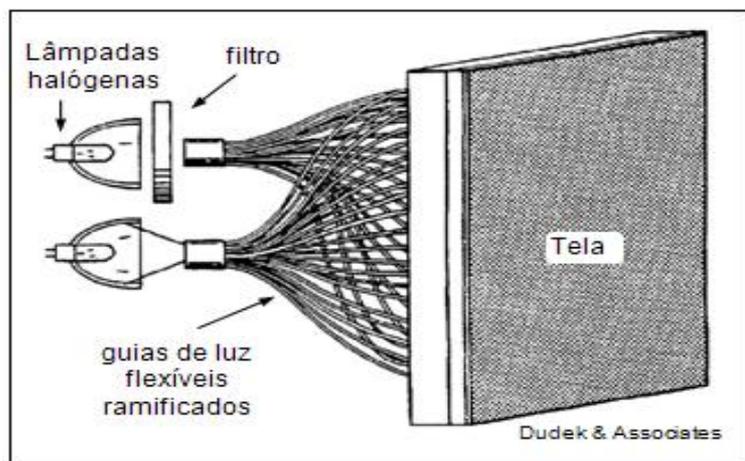


Figura 6 – PMV de fibras ópticas de grade fixa com 2 lâmpadas

Alguns fabricantes usam módulos com dois feixes divididos e duas lâmpadas: se a primeira falha, a segunda entra em operação automaticamente. O arranjo com feixes divididos permite iluminar até 240 pontos com uma lâmpada. As duas lâmpadas também podem ser acesas ao mesmo tempo para aumentar o contraste da mensagem.

Os primeiros PMVs de fibra óptica utilizavam a chamada “macrograde” (*macrogrid*). A macrograde possui um cabo de fibra com pontos luminosos com 24mm de diâmetro. Um aperfeiçoamento nos PMVs de Fibra Óptica foi o desenvolvimento — especialmente na

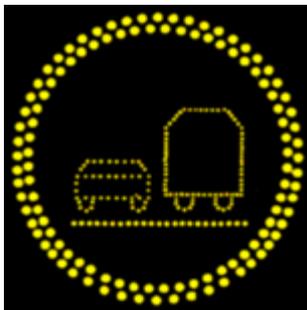


Figura 7 – Painel de grade mista (microgrid e macrogrid)

Alemanha — do painel com “micrograde”. A micrograde possui menor diâmetro (4 a 6 mm), possibilitando melhor resolução de imagens. Combinando-se os dois sistemas, é possível construir painéis mistos, que podem exibir tanto textos detalhados quanto grandes figuras (círculos, triângulos etc.). Na França, foi desenvolvido um sistema que utiliza discos metálicos perfurados, em cujos furos são colocadas fibras ópticas individuais.

É possível realizar quaisquer combinações de cores utilizando-se filtros individuais coloridos.

Em comparação com os painéis de lâmpadas e os de discos reflexivos, o ângulo de legibilidade dos PMVs de fibra óptica é muito estreito.

A mensagem é exibida somente quando a fonte interna de luz é ativada, podendo ser estática ou piscante. O painel pode exibir símbolos (com certas limitações) e texto. A troca de mensagens é quase instantânea.

Os pontos de luz são fixados com cliques especiais que podem ser reposicionados manualmente para formar a mensagem. Cada mensagem está associada a um feixe individual de fibras ópticas. Essa característica limita o número de mensagens que podem ser armazenadas (geralmente 16).

As primeiras fibras ópticas eram feitas com fibra de vidro ou cristal de quartzo. Atualmente, as fibras são feitas de material plástico, mais barato.

Esse tipo de painel, com um conjunto fixo de mensagens programadas, foi muito popular em países europeus, como Bélgica, França, Alemanha e Holanda. Não existem partes móveis, o número de lâmpadas é muito pequeno (1 ou 2 por mensagem) e lâmpadas halógenas têm vida útil 2 a 3 vezes superior às incandescentes. Os países que utilizavam esse tipo de tecnologia registraram alta confiabilidade e baixo custo de manutenção (basicamente, substituição periódica de lâmpadas).

- **Matriz de fibras ópticas com obturador (*shutter*)**

O princípio de funcionamento é semelhante ao da matriz de fibras ópticas de grade fixa. Duas lâmpadas halógenas de 50W são utilizadas para cada conjunto de 3 caracteres. Uma lâmpada é utilizada na operação diurna normal para iluminar dois pontos luminosos de cada pixel. Ambas as lâmpadas são acesas simultaneamente quando o Sol ilumina frontalmente o painel para aumentar o contraste. A segunda lâmpada é também utilizada como reserva da primeira.

A lâmpada primária fica permanentemente acesa. Cada pixel tem um correspondente obturador que pode bloquear ou permitir a passagem de luz. Os obturadores são controlados por um pulso de corrente e permanecem no mesmo estado indefinidamente devido a uma memória magnética.

Os fabricantes estimam que duas fibras por pixel são suficientes para um painel com caracteres de 320mm de altura. O cone de visão é muito estreito e, conseqüentemente, a visão periférica é restrita.

A altura dos caracteres pode variar de 12,6 a 18 polegadas (320mm a 457mm). Como o tamanho do pixel é fixo (1 polegada), alturas maiores são obtidas aumentando-se o espaçamento entre os pixels. Cada linha de texto é composta por módulos com 3 caracteres cada e assim também ampliada. Usuários da Europa e Canadá consideraram este tipo de painel altamente confiável.

Do ponto de vista da manutenção, este sistema tem o inconveniente de possuir partes móveis, em comparação com o de grade fixa, o que obriga a uma manutenção periódica mais frequente.

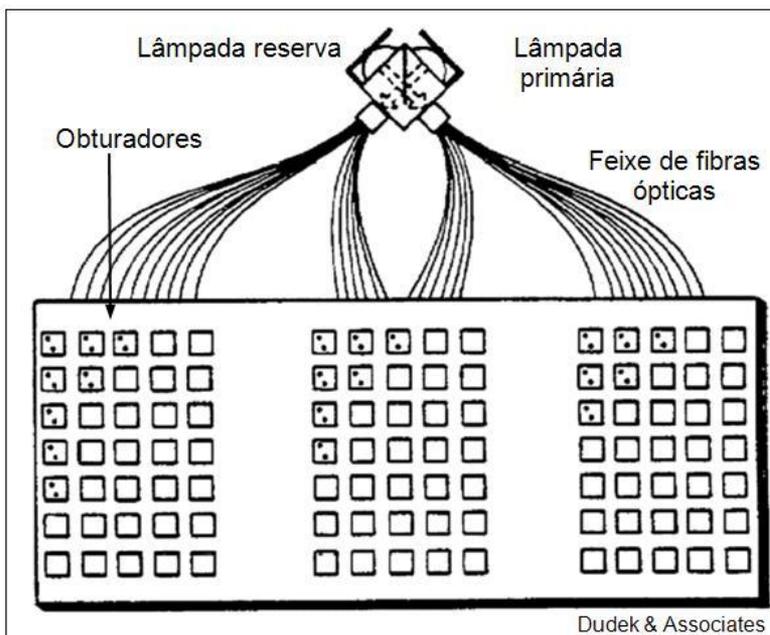


Figura 8 – PMV de fibras ópticas com obturadores

- **Matriz de LEDs agrupados (*clusters*)**

Diodos emissores de luz (LEDs) são componentes em estado sólido que emitem luz quando uma tensão é aplicada. Alterando-se a quantidade e composição das impurezas acrescentadas ao semicondutor, é possível obter diversas cores: vermelho, verde, azul, amarelo, laranja, etc.



Figura 9 – PMV de LEDs

Como os LEDs são componentes de estado sólido, a velocidade da troca de mensagem é muito mais alta que a das tecnologias eletromecânicas. O consumo de um único LED era da ordem de 50 a 150 miliwatts devido ao pequeno tamanho e brilho limitado. Isso significa que uma grande quantidade de LEDs era necessária para produzir um painel eficiente.

Os tipos de LEDs disponíveis eram padrão e alto brilho (super bright). LEDs de alto brilho emitiam luz na faixa de até 3.000 milicandelas (mcd). A luz vermelha era a que

oferecia maior brilho. A intensidade luminosa de um LED, entretanto, diminui com o tempo devido à deterioração do material.

Um método para aumentar a vida útil e reduzir o consumo de uma matriz de LEDs é a modulação por largura de pulso (PWM), ou o chaveamento do LED muitas vezes por segundo controlando o *duty cycle* (relação entre o tempo aceso e o tempo apagado) que determina o brilho aparente do LED. Estudos mostram que o olho humano é capaz de perceber um pulso de luz de 0,16 milissegundos repetido a cada 16 milissegundos. Ainda com o objetivo de aumentar a vida útil e reduzir o consumo, é prática comum reduzir a corrente elétrica nos LEDs durante a operação noturna.

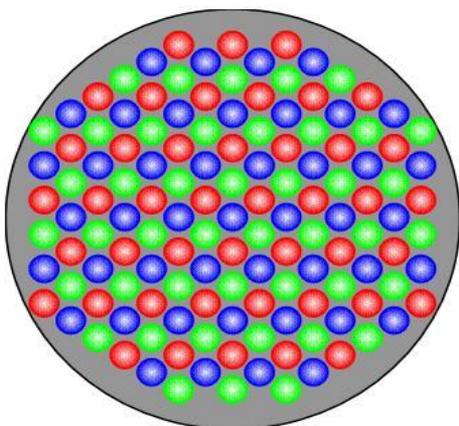


Figura 10 – Cluster (agrupamento) de LEDs: o número e as cores dos LEDs poderá variar de acordo com o modelo e o fabricante

Grupos de LEDs podem ser monocromáticos ou policromáticos (combinando-se LEDs de 2 ou 3 cores). Por exemplo: LEDs verdes e vermelhos combinados na proporção correta resultam na cor âmbar. Combinando-se LEDs vermelhos, verdes e azuis (RGB) é possível simular, praticamente, qualquer cor, inclusive branco. Como os LEDs verde e azul eram muito menos brilhantes que o vermelho, a quantidade de LEDs desta cor em relação àquelas era bem menor para se atingir uma luminosidade uniforme.

As mensagens podem ser exibidas de forma estática, piscante ou em sequência. A mudança de mensagem é quase instantânea. Todas as partes da mensagem são mudadas simultaneamente.

Como LEDs são componentes de baixa tensão, os PMVs necessitam de alta corrente de alimentação. Era necessária ventilação forçada, pois a intensidade de luz do LED diminuía com a temperatura.

A face visível de um painel de LEDs agrupados (*clusters*) é formada de maneira semelhante à de matriz de lâmpadas, com a diferença de que cada elemento é um conjunto de LEDs em vez de uma única lâmpada incandescente. O módulo de caracteres é normalmente uma matriz de 5x7 grupos de LEDs.

Testes realizados na Europa indicaram que LEDs do tipo padrão não eram adequados para uso sob luz do dia; nesses casos devem ser utilizados LEDs de alto brilho. LEDs de brilho padrão tinham aplicação exclusivamente noturna ou em ambientes fechados, como túneis.

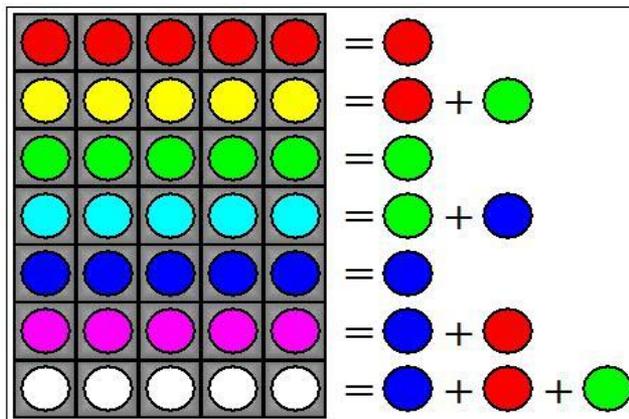


Figura 11 – Combinações de cores possíveis com LEDs de 3 cores básicas

A base do grupo de LEDs deve ser hermeticamente selada. O número de LEDs contidos em cada grupo dependerá das necessidades de brilho e espaço disponível.

A incidência direta de Sol afeta a legibilidade do painel e a radiação ultravioleta deteriora os LEDs. Portanto, faz-se necessário proteger os LEDs do Sol.

As principais vantagens desse tipo de painel são o baixo consumo de energia, alta eficiência e excelente confiabilidade. Como não há partes móveis, a confiabilidade não depende tanto das condições ambientais. No entanto, é sensível às variações de temperatura e radiação ultravioleta, o que torna necessária a instalação de um sistema de controle de temperatura e filtro contra radiação.

LEDs de alto brilho já eram projetados para 100 mil horas (11,5 anos) de operação contínua. A vida útil também pode ser aumentada reduzindo-se a tensão à noite e utilizando-se modulação por largura de pulso (PWM). Dados levantados à época do início do uso deste tipo de painel demonstravam que sete minutos em operação contínua com brilho total deterioravam o LED tanto quanto 12 horas de operação noturna.

- **Display de Cristal Líquido (LCD)**

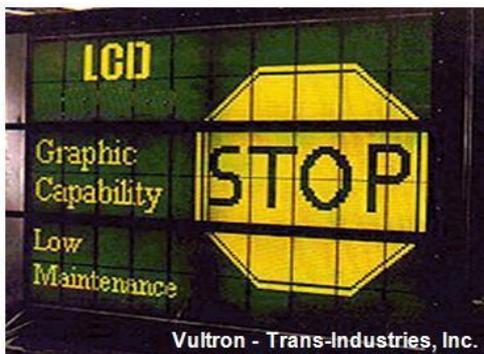


Figura 12 – PMV de cristal líquido

PMVs de cristal líquido são compostos de elementos eletro-ópticos sem partes móveis que formam caracteres em matrizes modulares. Esta tecnologia permite uma grande flexibilidade de imagens que podem ser exibidas, mas a legibilidade deixa a desejar. Os custos elevados foram impeditivos para que este tipo de painel se popularizasse.

Uma importante diferença para outros tipos de painéis é que os painéis de cristal líquido têm uma resolução de imagem muito superior. Além disso, mesmo modelos de menor resolução exibem caracteres em forma de mosaico, o que melhora a legibilidade entre

15% e 30% em relação a um módulo matricial de 5×7 pontos luminosos.

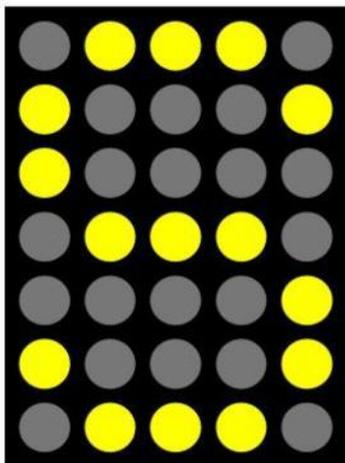
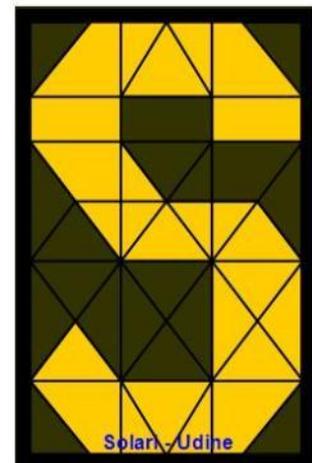
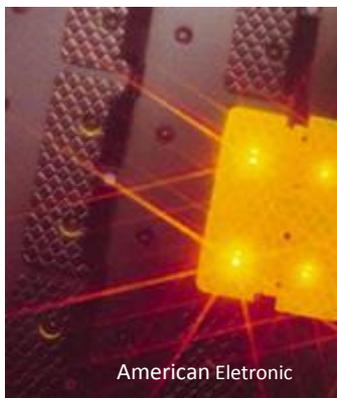


Figura 13 – Comparação entre um módulo matricial 5×7 (esq.) com um módulo em mosaico utilizado em painéis de cristal líquido (dir.) A forma contínua do caractere do PMV de cristal líquido melhora a legibilidade da mensagem.



1.1.3. PMVs Híbridos

- **Disco reflexivo/ Fibra óptica**



American Eletronic

Figura 14 – Detalhe de célula híbrida de discos reflexivos/ fibras ópticas

A operação básica depende dos princípios estabelecidos para os painéis de discos reflexivos complementados por fibras ópticas. Um ou mais pontos de luz de fibra óptica são posicionados atrás de cada disco reflexivo e irradia através de pequenos furos no disco. O ponto de fibra óptica fica aceso o tempo todo e é exibido quando o disco exibe a face amarela e ocultado quando o disco exibe a face preta.

As fibras são alimentadas por uma lâmpada de sódio de alta pressão com potência de 400W. Cada lâmpada pode alimentar cerca de 1000 pixels (28 caracteres em um módulo de 5x7).

Em caso de falta de energia, o PMV pode manter a mensagem atual ou reverter para uma mensagem padrão.



Figura 15 – Detalhe de painel híbrido discos reflexivos / fibras ópticas

O ângulo de visão é igual ao PMV de fibras ópticas simples. O cone efetivo é estimado em 20 graus.

Após inovações nos projetos de obturadores eletromagnéticos, foi reduzido drasticamente o número de componentes das suas partes móveis. Isso aumentou sua vida útil para mais de 300 milhões de ciclos ou 100 mil horas de uso contínuo, o que pode superar a vida útil dos LEDs ou das lâmpadas halógenas com os quais são combinados.

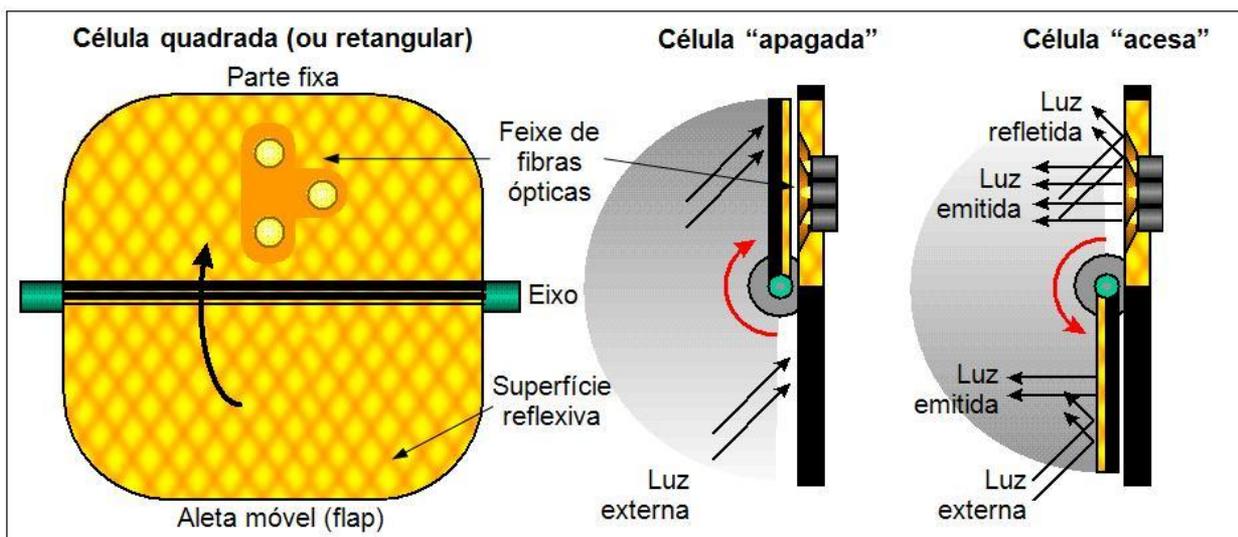


Figura 16 – PMV híbrido flip / fibras ópticas – detalhe da célula individual

Outra preocupação era a tendência dos discos a desbotar com o tempo devido à ação da luz ultravioleta sobre sua cobertura fluorescente. O desenvolvimento de novos materiais permitiu a utilização de revestimentos que reduzem a ação da radiação UV.

- **Disco reflexivo/ LED**



Figura 17 – PMV híbrido flip / LED

que, durante o dia, o circuito controlador do painel precisa aumentar o brilho dos LEDs para compensar a luz solar. O aumento do brilho era obtido aumentando-se a corrente do circuito, o que acelera o processo de degradação dos componentes. O processo de degradação em função do tempo tende a ser mais exponencial do que linear.

A tecnologia híbrida de LEDs com discos reflexivos supera esta grave limitação dos painéis compostos apenas de LEDs. Isso porque os LEDs não são necessários para operação diurna com boas condições de visibilidade. Dependendo das condições ambientais é possível

Os pixels são formados por um ou mais LEDs montados sobre a superfície do disco.

Os PMVs que utilizam a tecnologia de LEDs – principalmente *clusters* de LEDs – estão sujeitos à degradação por calor. Esta degradação piora sensivelmente se o painel estiver exposto diretamente ao Sol.

A degradação por temperatura se deve a duas razões: o *cluster* de LEDs é encapsulado sobre uma superfície negra antirreflexiva que absorve mais energia infravermelha que não consegue se dissipar devido ao revestimento de epóxi. A segunda razão é

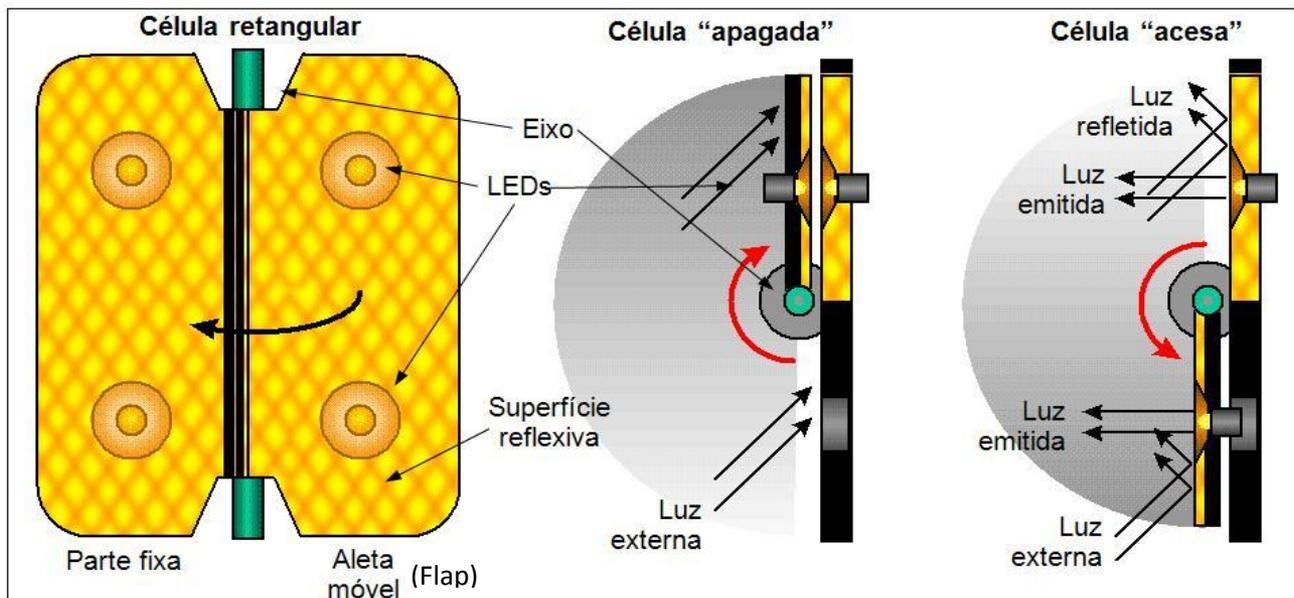


Figura 18 – PMV híbrido de “discos” retangulares / LEDs – detalhe da célula individual

selecionar a operação com apenas discos, apenas LEDs, ou ambos.

Além disso, como o consumo de energia é baixo, é possível fazer o painel reverter para uma mensagem padrão no caso de falta de energia ou de comunicação, graças a baterias de emergência.

1.2. Classificação por Modularidade

Os Painéis de Mensagens Variáveis também podem, historicamente, ser classificados quanto à sua modularidade.

Painéis modulares são compostos de blocos individuais constituídos de matrizes de pontos que formam letras, números e símbolos individuais. Estes blocos individuais são montados, geralmente separados entre si a intervalos regulares para formar o painel, ficando entre os blocos individuais um espaço cego.

Eventualmente, duas ou mais linhas de texto poderão ser combinadas para formar caracteres maiores; porém, os resultados nem sempre são satisfatórios em termos de legibilidade devido à descontinuidade do texto exibido.



Figura 19 – Painel modular misto de caracteres de 3 linhas simples e combinadas para formar caracteres maiores

Os PMVs também podem ser do tipo **matriz completa** (*full matrix*), composta por um único bloco matricial contínuo. Esse tipo de painel é bastante flexível, podendo exibir caracteres de vários tamanhos e pictogramas razoavelmente complexos.



Figura 20 – Painel de matriz completa

2. Principais Elementos de um PMV Moderno



Figura 21 – Exemplo de PMV

A definição/composição de um PMV, atualmente, dá-se por intermédio dos seguintes principais elementos:

- **LEDs**

O Diodo Emissor de Luz (LED) é um dispositivo eletrônico de estado sólido mais eficiente que a lâmpada incandescente ou lâmpada halógena na emissão de luz. Os LEDs contêm componentes químicos que emitem luz quando da passagem de uma corrente elétrica através deles. Assim, diferentes componentes químicos emitem luz em diferentes cores. Uma característica importante dos LEDs é que, diferentemente das lâmpadas incandescentes e halógenas, eles não possuem filamentos que possam queimar ou falhar.

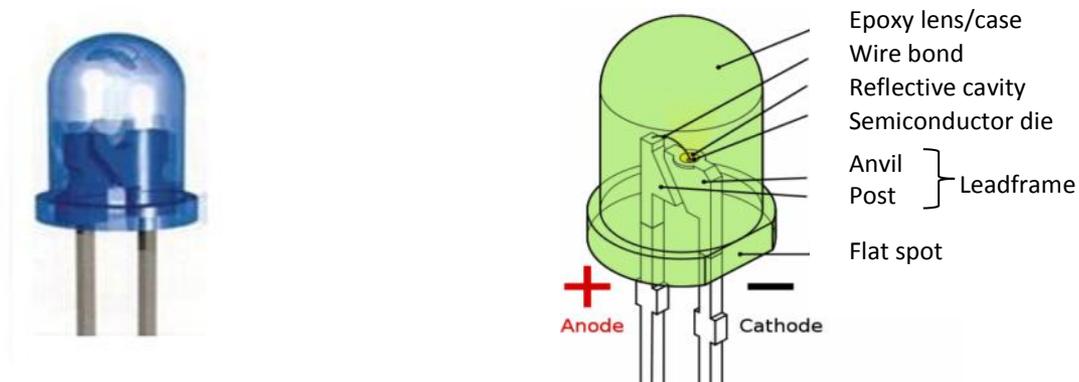


Figura 22 – Exemplos de LEDs

Os LEDs atuais, para uso em PMVs, fabricados em AlInGaP (Alumínio, Índio, Gálio e Fósforo), utilizam tecnologia PTH (*Plated Through Hole*) ou tecnologia SMT (*Surface Mount Technology*). A tecnologia SMT apresenta uma melhor eficiência eletro-óptica, resultando em LEDs que podem operar com menor corrente e, conseqüentemente, apresentam temperatura mais baixa de operação, acarretando em aumento de sua vida útil que chega a mais de 100.000 horas de operação.

A utilização de LEDs em PMVs é altamente recomendada, pois proporcionam alta qualidade e tecnologia de última geração para maximizar a visibilidade. Se considerarmos, por exemplo, a utilização de LEDs fabricados com AlInGaP nos painéis, seguramente, teremos um consumo de energia bem menor e uma produção de luminosidade muito maior, quando comparado com outros tipos painéis (por exemplo: discos reflexivos, lâmpadas incandescentes, fibras ópticas etc.).

- **Pixels**

Trata-se de pontos de luz que, juntos, formam letras, palavras e símbolos no PMV. Um *pixel* pode ser composto por um simples LED, vários LEDs da mesma cor ou vários LEDs de cores diferentes. Segundo a Norma NTCIP (*National Transportation Communication for ITS Protocol*) 1203 – v03.04 parte 1 de 2011, “Pixel é o menor elemento visual independente e controlável de um Painel de Mensagens Variáveis”.

Nos exemplos abaixo, o pixel é composto por 8 ou 12 LEDs da mesma cor (âmbar).

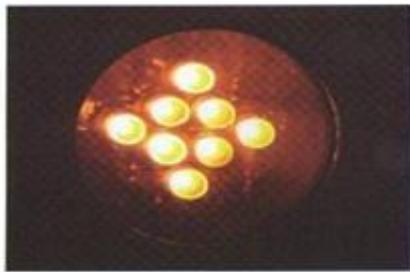


Figura 23 - Exemplos de pixel

Uma mensagem (letra, palavra ou símbolo) mostrada em um painel é formada por vários pixels, como mostrado na Figura 24. A distância entre os centros de pixels adjacentes é denominada de “*pixel pitch*”.



Figura 24 – Exemplos de pixel pitch

- **Resolução**

Resolução é a densidade de pixels do PMV. Quanto maior a quantidade de pixels, maior o nível de detalhes que pode ser mostrado no painel.

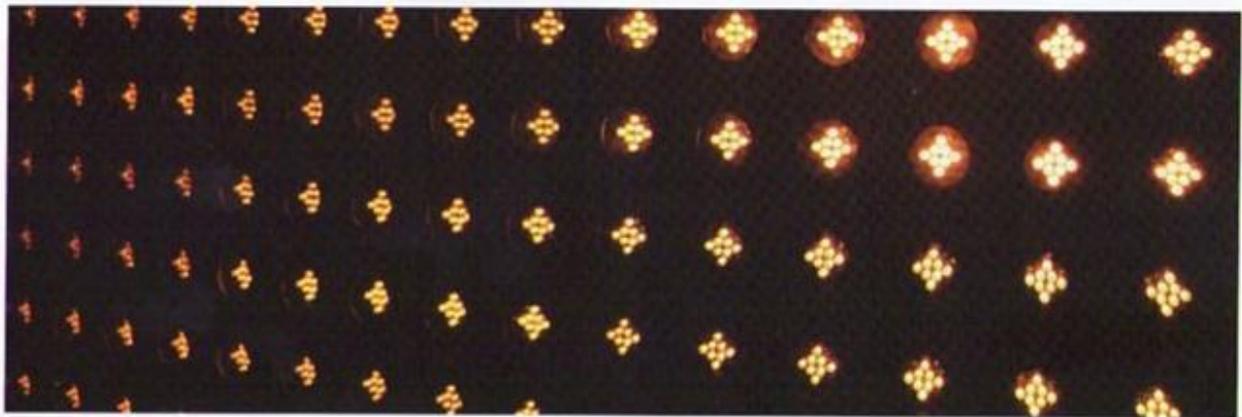


Figura 25 – Imagem parcial de um PMV

Visando exemplificar a definição dada para resolução, a Figura 26 apresenta duas placas de sinalização distintas, representadas com 3 resoluções diferentes cada uma.



Figura 26 – Exemplos de resolução

A primeira imagem de cada tipo de símbolo possui pixel pitch de 66 mm (Resolução ≈ 230 pixels/m²).

A segunda imagem de cada tipo de símbolo possui pixel pitch de 34 mm (Resolução ≈ 865 pixels/m²).

A terceira imagem de cada tipo de símbolo possui pixel pitch de 20 mm (Resolução ≈ 2.500 pixels/m²).

3. Arquitetura do Sistema PMV

Um sistema de informações dotado de painéis de mensagens variáveis é composto de três unidades básicas conforme esquema abaixo:

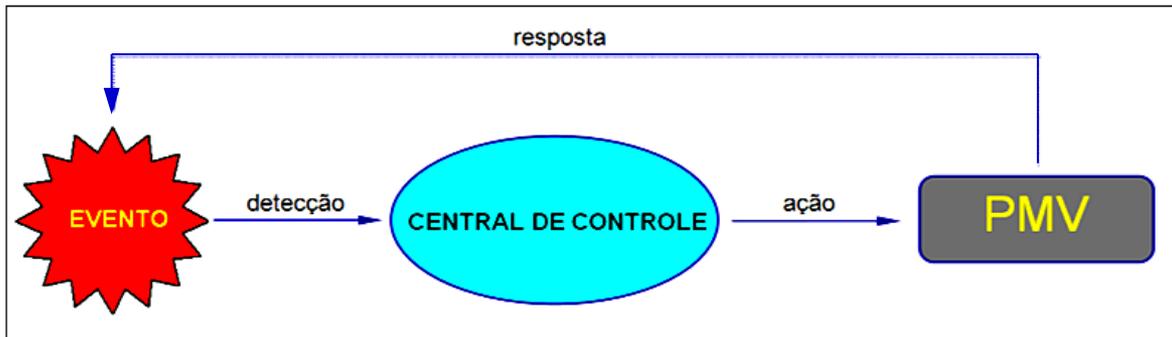


Figura 27 – Arquitetura básica de um sistema de PMV

- **Evento:** É a origem da informação que precisa ser comunicada: pode ser um acidente, mau tempo, alagamento, congestionamento, obras na pista etc., ou, simplesmente, uma informação pré-gravada ou orientação sobre itinerários, saídas ou estimativas de tempo de percurso. É fundamental que haja rapidez na detecção de eventos não programados a fim de que seus efeitos sejam minimizados e a mensagem ganhe a confiança do motorista.
- **Central de Controle:** Cabe aos operadores da Central decidir sobre a relevância do evento e da necessidade de comunicá-lo rapidamente ao usuário da via. Informações erradas, desatualizadas ou confusas farão com que o motorista deixe de confiar na mensagem, anulando o efeito do PMV. Quando um motorista perde a confiança em um painel, perderá a confiança em todos os outros, provocando uma reação em cadeia.

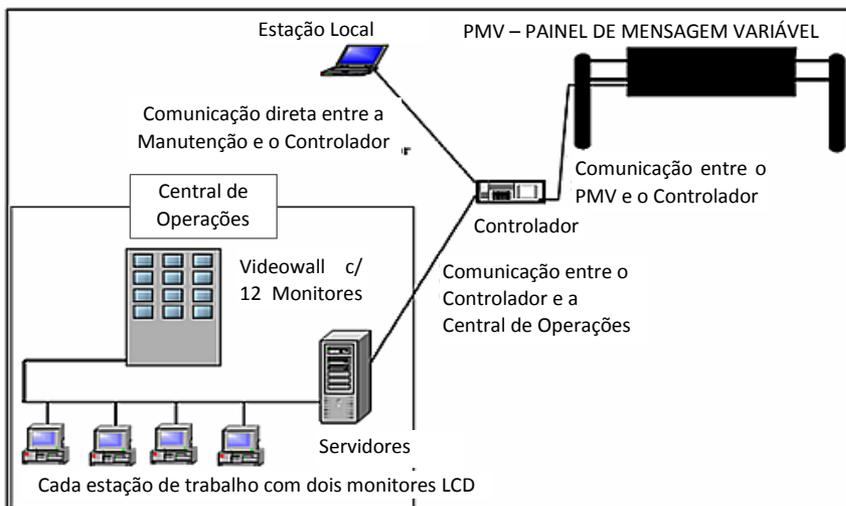


Figura 28 – Arquitetura simplificada de um sistema de PMV

- **PMV:** É o ponto de contato entre o motorista e a autoridade de trânsito. O conteúdo da mensagem

determinará a resposta, na forma de redução de congestionamentos, maior conforto ao motorista, mais segurança etc. O efeito resultante poderá, em muitos casos, refletir-se no próprio evento original, realimentando o processo.

3.1. Sistemas de Detecção

Existem muitas formas de se detectar um evento. O parâmetro mais importante nessa etapa é a **rapidez**: velocidade na identificação do problema e velocidade na transmissão da informação para a Central de Controle. Por exemplo, uma câmera de CFTV pode ser mais rápida na detecção de um incidente que um operador de campo em uma viatura; em compensação, um operador de campo experiente saberá decidir se tal evento poderá se transformar em congestionamento e informará o fato à Central antes mesmo que este se inicie.

Abaixo, uma comparação entre algumas formas de detecção dos eventos.

Tabela 1: Formas de detecção

Tipo	Vantagens	Desvantagens
CFTV	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez na identificação do evento; • Rapidez na obtenção da informação no centro de controle; • Alto alcance no campo visual; • Alta confiabilidade na informação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Depende de o operador estar observando no monitor o local da ocorrência do evento; • Eficiência comprometida em função da necessidade da intervenção humana citada acima.
Detecção Automática de Incidentes	<ul style="list-style-type: none"> • Detecção rápida da ocorrência de evento; • Rapidez na obtenção da informação no centro de controle; • Possibilidade de recepção da imagem do evento (no caso de videodetecção); • Detecção de vários tipos de eventos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcance limitado para o campo visual predeterminado; • Confiabilidade comprometida em função da ocorrência de falsos positivos.
Laço detector	<ul style="list-style-type: none"> • Detecção rápida da ocorrência de evento; • Rapidez na obtenção da informação no centro de controle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcance restrito ao local da instalação; • Detecção do evento depende do software da central; sendo restrito a congestionamento e lentidão.

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Equipe de Campo	<ul style="list-style-type: none"> Alta confiabilidade na informação recebida no centro de controle; Riqueza de detalhes sobre o evento ocorrido. 	<ul style="list-style-type: none"> Alcance limitado para o campo visual do operador; Identificação do evento depende do deslocamento físico do operador; Rapidez na obtenção da informação no centro de controle depende da infraestrutura de comunicação existente.
PAC*	<ul style="list-style-type: none"> Alta confiabilidade na informação recebida no centro de controle; Riqueza de detalhes sobre o evento ocorrido. 	<ul style="list-style-type: none"> Alcance limitado para o campo visual do observador; Rapidez na obtenção da informação no centro de controle depende da infraestrutura de comunicação disponibilizada.
Munícipe	<ul style="list-style-type: none"> Rapidez na identificação do evento; Alcance elevado em função da existência de pessoas em todos os lugares, simultaneamente. 	<ul style="list-style-type: none"> Pouca confiabilidade, causando necessidade de comprovação na informação recebida; A rapidez na obtenção da informação no centro de controle pode ser comprometida, em função da dificuldade do munícipe em acessar o operador/Central e da falta de obrigatoriedade do envio da informação.
Rádio, TV e Internet	<ul style="list-style-type: none"> Alcance elevado em função da disponibilidade da mídia. 	<ul style="list-style-type: none"> Pouco detalhamento e necessidade de comprovação na informação recebida; A obtenção da informação no centro de controle depende da monitoração da mídia.

(*) Posto Avançado de Campo: observador utilizado pela CET São Paulo locado estrategicamente no alto de prédios para monitorar situações de trânsito.

Na prática, todos os métodos acima podem ser utilizados em conjunto, resultando em um sistema altamente eficiente, rápido e confiável.

Outros métodos disponíveis, como *transponders (tags)* e GPS instalados nos veículos, entre outros, poderão ser utilizados como fonte de informação.

Qualquer meio de comunicação disponível poderá ser utilizado: rádio, *modem*, telefone, fibra óptica etc.

3.2. Central de Operação e Controle

Embora existam sistemas de PMVs capazes de selecionar automaticamente a mensagem a ser exibida, é mais confiável aquele que utiliza a intervenção de operador para a tomada de decisões e seleção de mensagens. Portanto, a seleção automática de mensagens tem aplicação limitada.

Um procedimento de rotina para a tomada de decisões em relação à mensagem a ser exibida poderia ser o descrito a seguir:

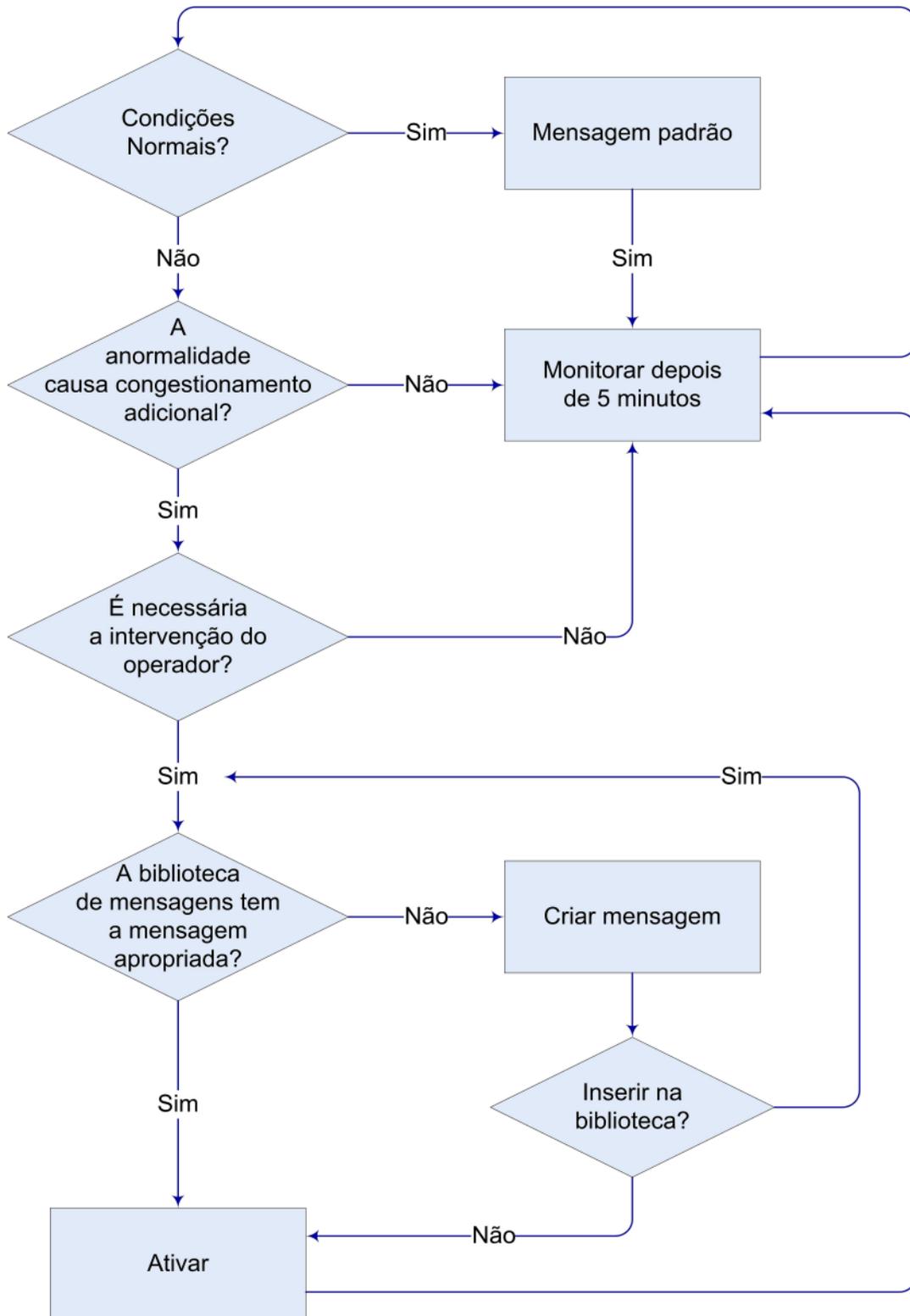


Figura 29 – Processo de tomada de decisão do operador

3.3. Sistema de Comunicação

Entre os meios mais utilizados de comunicação entre Central de Controle e controlador do PMV estão os cabos telefônicos, cabos ópticos e comunicação sem fio (*wireless*). Fatores como localização geográfica, topografia, volume de informações, quantidade de painéis e recursos financeiros disponíveis irão definir o meio a ser escolhido.

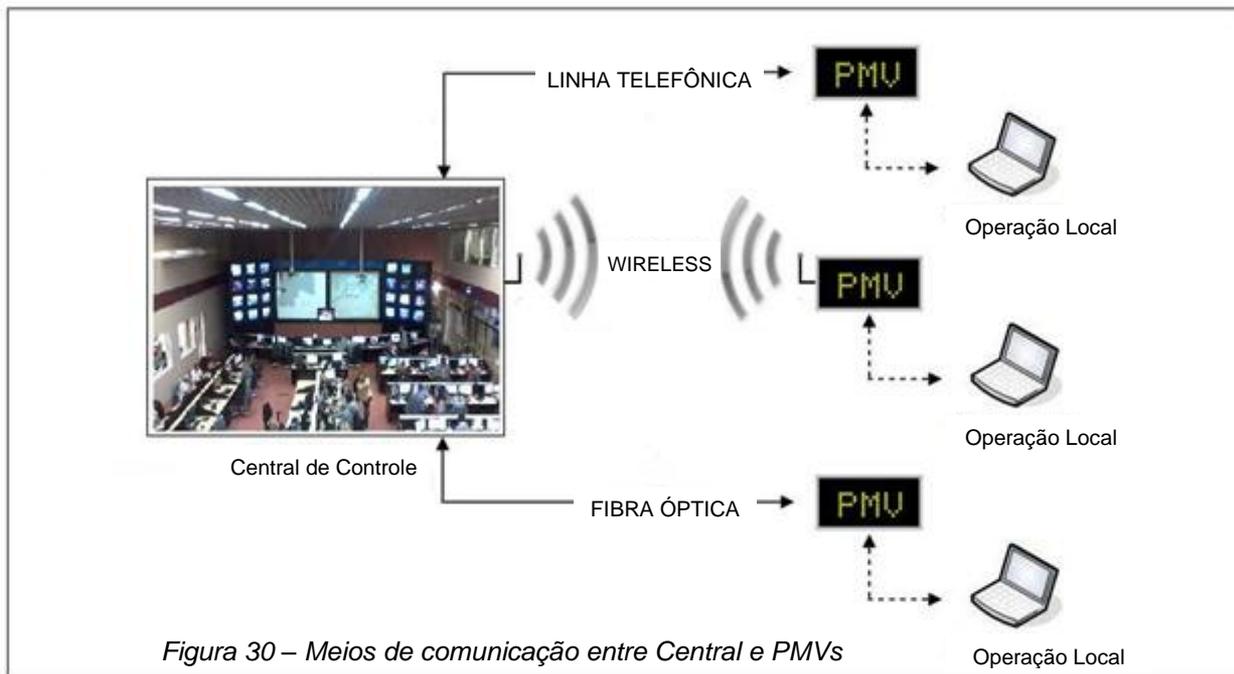


Figura 30 – Meios de comunicação entre Central e PMVs

3.4. Equipamentos de Campo

- **Painéis**

Existem duas categorias primárias de PMVs: fixo e móvel.



Figura 31 – Exemplos de PMV fixo de LED (esq.) e móvel com alimentação solar (dir.)

Painéis fixos são montados em estruturas permanentes como pórticos, semipórticos ou colunas. Esse tipo de painel é mais utilizado em vias expressas e rodovias. É necessário estabelecer-se um link de comunicação entre o painel e o Centro de controle, assim como providenciar-se a conexão com a rede elétrica.



Figura 32 – Exemplo de PMV móvel

Os painéis móveis consistem em uma unidade de painel e um gerador de eletricidade (bateria ou célula solar). Esses painéis são normalmente utilizados próximo a locais com obras na pista e em eventos especiais, como esportes, shows, festas etc. Geralmente são programados por um computador portátil para exibir uma mensagem específica, podendo também ser programados remotamente via wireless.

Estudo realizado pelo Centro de Pesquisas de Transporte em Illinois do Departamento de Transportes de Illinois, EUA, revelou que os acidentes ocorrem com mais frequência em trechos de obra com os serviços em andamento, com taxa de crescimento dependendo de fatores relacionados ao tráfego, geometria e ambiente. Além disso, a frequência de acidentes aumenta em trechos curtos em obras de curta duração e em áreas mal iluminadas. Também foi demonstrado que um dos maiores problemas em trechos de obras é o grande diferencial de velocidade, especialmente em áreas onde os limites de velocidade foram consideravelmente reduzidos em relação ao limite normal. Para esse tipo de situação, os PMVs móveis são os mais indicados, em conjunto com a sinalização convencional. O painel deve estar visível a cerca de 800 metros e legível a, no mínimo, 200m, noite e dia.

4. Tópicos para Especificação de um PMV

A especificação de um PMV é uma tarefa complexa, resultando do equilíbrio entre as necessidades do usuário, condições de uso e recursos disponíveis. Os principais tópicos a serem avaliados são: Região de Legibilidade (distância mínima e máxima, cone de visão, tamanho dos caracteres e extensão das mensagens); Definição do tamanho do painel; Condições climáticas e de iluminação; Velocidade máxima permitida na via; Definição dos objetivos e do público alvo das mensagens do PMV; Comunicação com a central (item 3.3); Posicionamento do PMV (item 6); e Localização do PMV em relação à via (item 7).

4.1. Visibilidade e Legibilidade

Visibilidade e legibilidade são definidas como:

- **Visibilidade** é a capacidade de perceber que um PMV existe.
- **Legibilidade** é a capacidade de discernir o conteúdo da mensagem exibida num PMV.

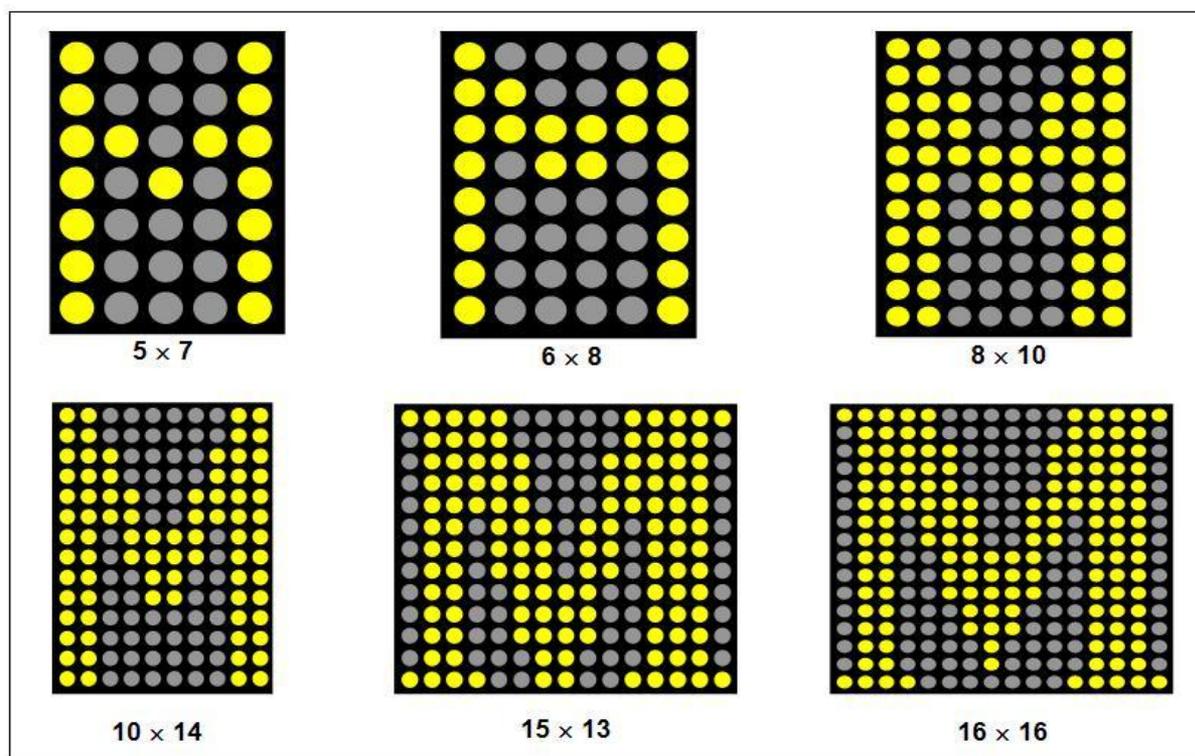


Figura 33 – Exemplos de resoluções de matrizes de caracteres

Os critérios de projeto de um PMV incluem altura do caractere, estilo de fonte, resolução do caractere (Figura 33 na página anterior), espaçamento entre caracteres, espaçamento entre palavras e linhas, cone de visão, bordas e relação de contraste. Efeitos da posição do Sol e iluminação noturna também devem ser considerados.

A fim de perceber o conjunto de pixels (pontos separados de luz) como algo contínuo, o espaçamento entre pixels deverá ser menor que um valor específico. Por outro lado, para identificar as diferentes partes de um caractere, o espaço entre os pixels acesos deverá ser maior que outro valor especificado.

Os elementos que influenciam a legibilidade de um PMV são: a relação de contraste, o nível de luminância, a cor dos pixels, o ângulo de visão e a uniformidade (*National Electrical Manufacturers Association* - órgão normatizador americano - NEMA TS 4-2005 – pág. 47).

Todos os fatores estão interligados, ou seja, a mudança de apenas um dos fatores pode afetar negativamente a legibilidade do PMV.

Tempo de leitura é o período de tempo que o motorista efetivamente leva para ler uma mensagem no PMV.

Tempo de exposição ou **tempo disponível para leitura** é aquele em que o motorista permanece dentro da região de legibilidade do painel, isto é, o tempo máximo disponível para que o motorista leia a mensagem. Portanto, para fins de projeto, o tempo de exposição deverá ser sempre **maior ou igual** ao tempo de leitura.

Região cega é a região entre o PMV e um ponto a partir do qual, devido ao ângulo de visão, a mensagem exibida no painel não é mais possível de ser lida, conforme ilustrado na Figura 34.

A **região de legibilidade** é a região desde a distância máxima de legibilidade até a região cega, conforme ilustrado na figura abaixo.



Figura 34 – Região de legibilidade

O tempo de exposição está diretamente relacionado com a extensão da região de legibilidade e inversamente com a velocidade do veículo.

Uma mensagem com caracteres típicos de 18" (dezoito polegadas) oferece um tempo de exposição de aproximadamente 8 segundos quando o veículo se encontra no limite máximo de velocidade em vias urbanas (90 km/h). Sob condições desfavoráveis (chuva, neblina), quando o

motorista terá menos tempo para ler o painel, o comprimento da mensagem deverá ser reduzido proporcionalmente. Com mensagens de limite de velocidade, deve-se lembrar que o público-alvo é o motorista que está acima do limite e, portanto, terá menos tempo para ler a mensagem.

A **compreensão** da mensagem lida é que promoverá a reação dos motoristas em resposta à recomendação/orientação contida na mensagem do PMV. A compreensão aumenta quando a mensagem é lida pelos motoristas pelo menos duas vezes.

Um item importante contido intrinsecamente na mensagem e que deve ser definido previamente é a **unidade de informação**, conforme a publicação da *Federal Highway Administration* - FHWA “*Guidelines on the Selection and Design of Messages for Changeable Message Signs*” de setembro/1992.

A unidade de informação é uma parte da mensagem que encerra um significado completo e que não pode ser desmembrada em partes menores sem que o seu significado fique comprometido. As unidades de informação que compõem uma mensagem devem poder ser identificadas como respostas a perguntas apropriadas.

O exemplo de mensagem a seguir, no qual constam as perguntas a serem efetuadas, ilustra o conceito de unidades de informação:

1. O que aconteceu? **ACIDENTE** (citação do problema: acidente, manutenção, construção, etc.)
2. Onde? **PRÓXIMO À PONTE DO LIMÃO** (local do fato)
3. Qual a consequência? **CONGESTIONAMENTO** (efeito para o tráfego: atraso, congestionamento etc.)
4. Qual área abrangida? **MARGINAL TIETÊ** (local abrangido)
5. O que fazer? **USE MARQUÊS SÃO VICENTE** (ação a fazer)

Tipicamente, uma unidade de informação é composta por duas palavras, embora a unidade possa conter de uma a quatro palavras. A unidade de informação fornece a resposta para que o motorista possa se decidir em relação à situação apresentada. No exemplo dado, a mensagem possui 5 unidades de informação.

As considerações que devem ser feitas ao se selecionar uma mensagem são resumidas a seguir:

1. A mensagem deve estar legível a uma distância que permita tempo de exposição suficiente para que o motorista mantenha-se atento à tarefa de dirigir e, ao mesmo tempo, olhe para o PMV um número de vezes necessário para compreendê-la (no mínimo, duas vezes);
2. Uma unidade de informação pode ser apresentada em mais de uma linha. No entanto, uma linha do painel não deve conter mais de duas unidades de informação;
3. Existem evidências que uma mensagem de 8 palavras (curtas ou médias), excluindo-se partículas como preposições, artigos, conjunções (“de”, “para”, “e”, “com” etc.), está próxima do limite da capacidade de compreensão de um motorista em alta velocidade;

4. Pesquisas indicam que um tempo mínimo de exposição de 1 segundo por palavra curta (excluindo-se preposições) ou 2 segundos por unidade de informação não importando qual seja a maior, deve ser usado para motoristas pouco familiarizados com a via. Em um PMV de 12 ou 16 caracteres por linha, este tempo mínimo de exposição deverá ser de 2 segundos por linha.

A montagem do texto das mensagens a serem exibidas no PMV requer atenção e cuidado. A compreensão é facilitada quando a mensagem é clara, concisa e inequívoca.

Ao contrário de outras línguas que permitem a transmissão de conteúdo significativo por meio de construções curtas, como o inglês, ou por ideogramas, como o chinês, o português exige construções mais longas, e ainda conta com muitas palavras compridas. O resultado é que o PMV precisa ter uma área de mensagem grande, com capacidade para 2 ou 3 linhas de texto, num total de 36 a 48 caracteres. Como nem sempre isto é possível, ocorre a necessidade de concisão do texto, sendo comum ao operador do PMV omitir partículas, como preposições e artigos. Porém, esta prática deve ser feita com cuidado, pois a ausência destas partículas poderá dificultar a compreensão da mensagem.

Para que a mensagem transmita toda a informação necessária, um quadro de texto apenas poderá ser insuficiente. Neste caso o PMV deverá exibir dois ou mais quadros de texto (*frames*) em sequência cíclica. No entanto, mensagens exibidas em mais de um quadro devem considerar a possibilidade de leitura dos quadros em qualquer ordem ou ainda a leitura de apenas alguns dos quadros da mensagem. Portanto, cada quadro deverá possuir sentido completo e não depender do quadro seguinte. Recomenda-se a utilização de mensagens com, no máximo, 2 quadros. O tempo de leitura de cada quadro varia entre 1,5 e 4,0 segundos e o tempo de leitura total aumentará proporcionalmente.

- **Altura e legibilidade do caractere**

Nos EUA, a publicação da FHWA de maio/1991, denominada de *Guideline on the Use of Changeable Message Signs – Summary Report* cita que o *Manual on Real Time Motorist Information Displays* recomenda que, devido às necessidades da mensagem e às interferências visuais, PMVs usados em vias expressas urbanas e suburbanas devem ter caracteres com, pelo menos, 18 polegadas (457mm) de altura. Como regra geral, o caractere deverá ter 1 polegada de altura para cada 36 pés de distância do painel (ou 4,32m de distância para cada centímetro de altura):

$$\text{Distância}[m] = 4,32 \times \text{Altura}[cm] = 11 \times \text{Altura}[pol]$$

Isto significa que uma mensagem em um painel com caracteres de **18"** poderá ser lida a cerca de **200m** de distância. Portanto, a 90km/h, o motorista terá **8 segundos** para ler a mensagem.

Estimando-se um tempo de leitura de 1 segundo por palavra de 4 a 8 caracteres (exceto partículas), pode-se deduzir a altura mínima dos caracteres:

$$\text{Altura mínima[pol]} = 0,025 \times \text{velocidade[km/h]} \times \text{número de palavras}$$

ou

$$\text{Número máximo palavras} = 40 \times \text{altura[pol]} / \text{velocidade[km/h]}$$

- Em vias expressas, a altura mínima deverá ser de 18" (457mm).
- Para outras aplicações, poderão ser utilizadas letras entre 10" e 18" (254mm a 457mm) desde que respeitada a relação 1cm : 4,32m.

Não existe um padrão internacional definido para a altura de caracteres dos PMV, cada país define conforme necessidades e conveniências próprias. Por exemplo, na Europa Ocidental a tendência é a utilização de caracteres entre 15,7" e 18,7" (400mm a 475mm) de altura para PMVs luminosos que exibem símbolos de controle de velocidade e de faixa de tráfego em rodovias.

Estudos qualitativos de legibilidade realizados por Dudek e Huchingson (*Texas Transportation Institute*) revelaram os seguintes resultados:

Tabela 2: Distâncias de legibilidade diurna para PMVs de matriz de lâmpadas com caractere de 18"

Tipo de Mensagem	Distância de legibilidade (m)	
	Percentil 85	Percentil 50
Palavra , linha simples, corpo único	215	260
Número , linha simples, corpo único	175	230
Número , linha simples, corpo misto (grosso, fino)	215	260

Tabela 3: Distâncias de legibilidade diurna para PMVs de matriz de discos reflexivos de caractere de 18"

Tipo de Mensagem	Distância de legibilidade (m)	
	Percentil 85	Percentil 50
Palavra , linha simples, corpo único	150	220
Número , linha simples, corpo único	145	180
Palavra , linha tripla, em bloco	410	565
Número , linha tripla, em bloco	145	245

Segundo a Instrução Técnica para utilização de PMV em Portugal, nas mensagens de texto devem ser utilizados letras e algarismos obedecendo às dimensões mínimas indicadas no quadro abaixo, em função da velocidade da via:

Tabela 4: Altura da letra em função da velocidade da via

Velocidade (km/h)	Altura da letra maiúscula (H)	
	Mínima (mm)	Recomendada (mm)
≥ 110	320	400
90	200	250
60	125	160
≤ 50	100	125

Conforme o item 5.1.2 da NEMA TS 4-2005, a altura do caractere e a distância de legibilidade estão proporcionalmente relacionadas.

Ainda segundo a NEMA TS 4-2005 (página 12), a **distância de legibilidade** é a distância na qual 85% das pessoas com a visão corrigida para 20/20 conseguem ler a mensagem do painel.

A visão corrigida para 20/20 citada na Norma NEMA refere-se à carta de *Snellen* para acuidade visual (Figura 35).

A equação que corresponde à acuidade visual 20/20 da Carta de Snellen é conhecida como “*rule of thumb*” (regra do polegar), oferecendo uma regra prática em que cada 1 polegada na altura do caractere corresponde a 50 pés na distância máxima de legibilidade. Esta regra, no Sistema Métrico Internacional, representa que cada 10 milímetros na altura do caractere correspondem a 6 metros na distância máxima de legibilidade, conforme fórmula a seguir:

$$d[m] = 0,6 \times h[mm]$$

Esta equação é derivada da carta de Snellen, que determina a acuidade visual de uma pessoa (característica do olho de reconhecer dois pontos muito próximos). Sua medida é dada pela relação entre o tamanho do menor objeto (optótipo) visualizado e a distância entre o observador e objeto; ou seja, a acuidade visual mede apenas o menor detalhe que podemos ver, não representando a qualidade da visão em geral. Considera-se como referência padrão, a acuidade visual classificada na linha “20/20”. Com este recurso garante-se que, no mínimo, 85% das pessoas sejam capazes de ler uma mensagem no PMV, na distância pré-estabelecida.

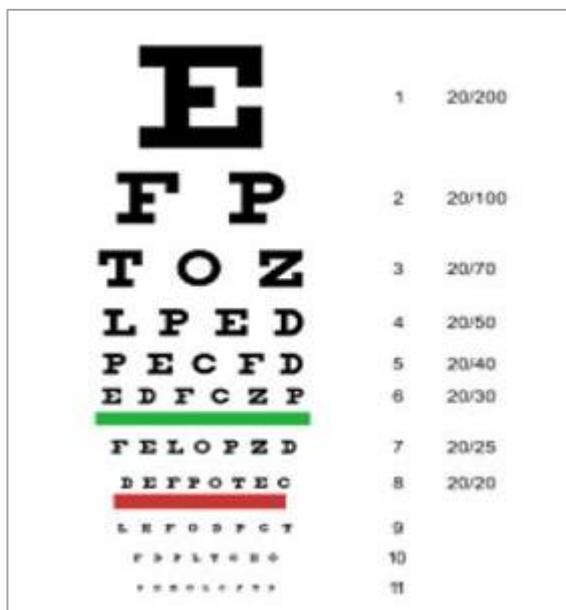


Figura 35 – Carta de Snellen

Na Figura 36, vemos a “Faixa Aceitável sob Condições ideais”, dada pela área entre Snellen Base ($d = 0,8h$) e Snellen 20/20 ($d = 0,6h$).

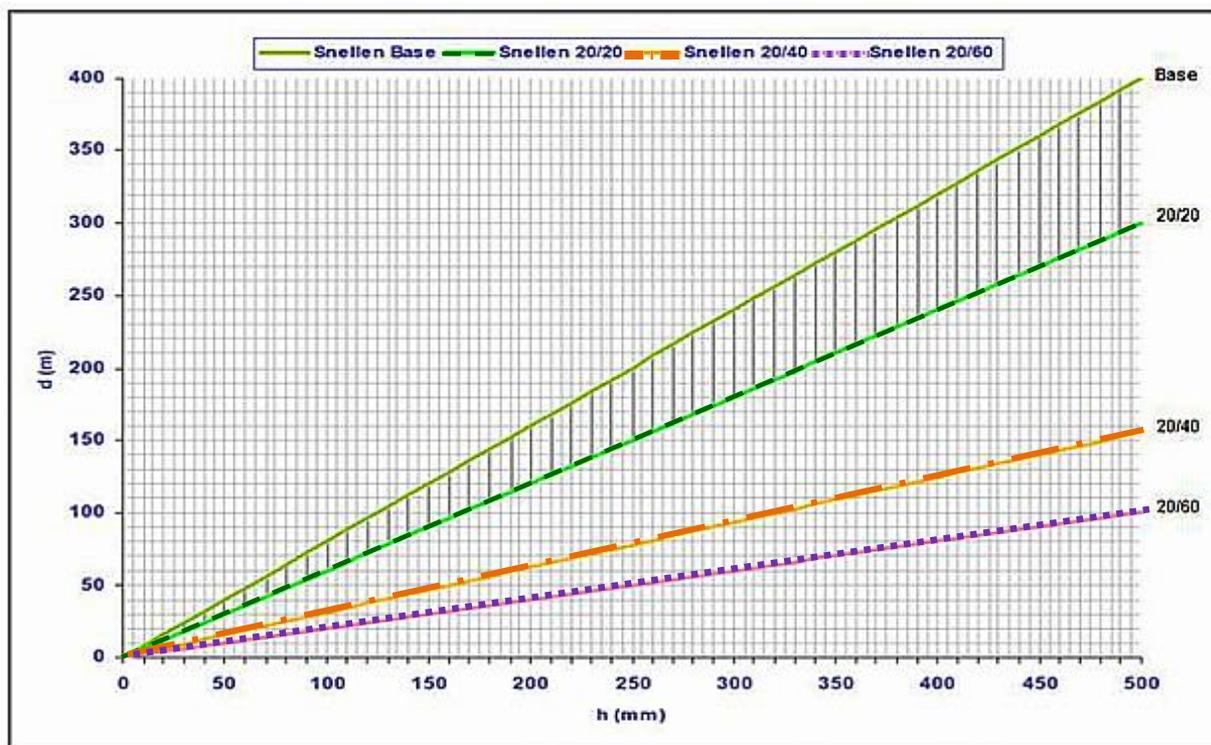


Figura 36 - Gráficos ($d \times h$) obtidos com a Carta de Snellen

Atualmente, usa-se mais a expressão **tempo de legibilidade** em vez de tempo de exposição, o qual pode ser obtido dividindo-se o comprimento da região de legibilidade (distância máxima de legibilidade menos a região cega) pela velocidade regulamentada da via.

Contudo, outro dado necessário para cálculo do tempo de legibilidade é o cone de visão do LED; pois ele é diretamente responsável pela região cega. Assim, por exemplo, utilizando a classe “d” da Tabela 5-7 da Norma NEMA TS4 – 2005; pode-se adotar um ângulo de visão de 10°.

Tabela 5: Classificação do tipo de cone de visão

CONE VISION TYPE CLASSIFICATION		
TYPE CLASS	Viewing Angle	
	Horizontal degrees	Vertical degrees
d	± 10	0
	0	-10

De posse desses dados e, por exemplo, considerando-se uma instalação típica contendo um PMV de 2m de altura suportado por uma base/coluna com altura de 7m (Figura 37), teríamos a seguinte situação:

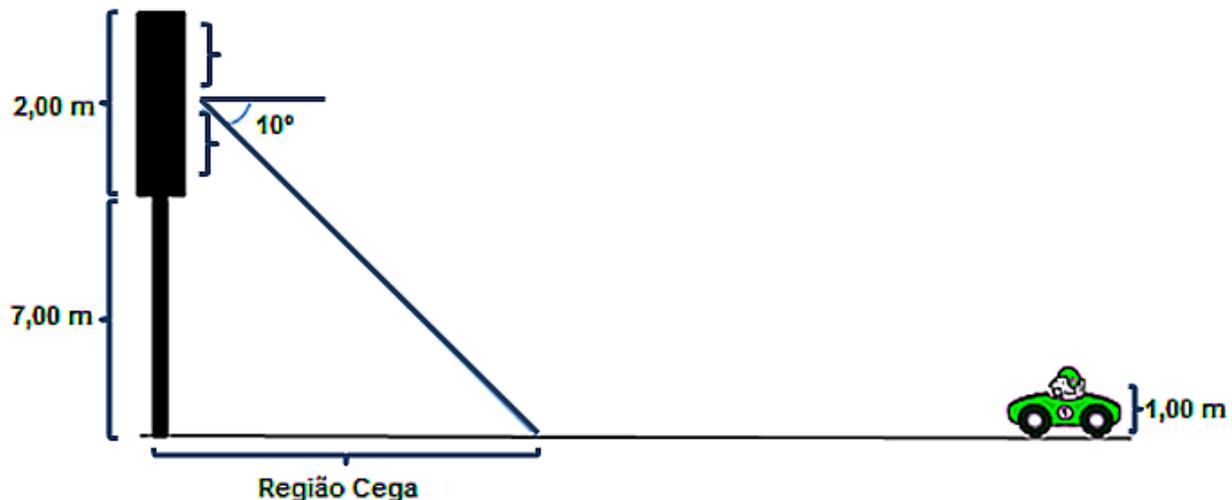


Figura 37 – Região Cega

Para o cálculo da região cega é necessário, inicialmente, que se encontre a altura até o centro geométrico do PMV. Considerando que os olhos do condutor do veículo estão a 1m de altura do piso da pista de rolamento, teríamos: $7,00 + 2,00 / 2 - 1,00 = 7\text{m}$. Com isso, o cálculo da extensão da região cega seria: $7,00 / \text{tg}(10^\circ) = 39,70\text{m} \approx 40\text{m}$.

Ora, sabendo-se que a distância máxima de legibilidade é obtida por meio da fórmula $d = 0,6 \times h$ (caso mais conservador), teríamos, por exemplo:

- Para altura do caractere, $h = 210\text{mm}$, uma distância máxima, $d \approx 130\text{m}$ (vide Figura 38);
- Para altura do caractere, $h = 280\text{mm}$; uma distância máxima, $d \approx 170\text{m}$.

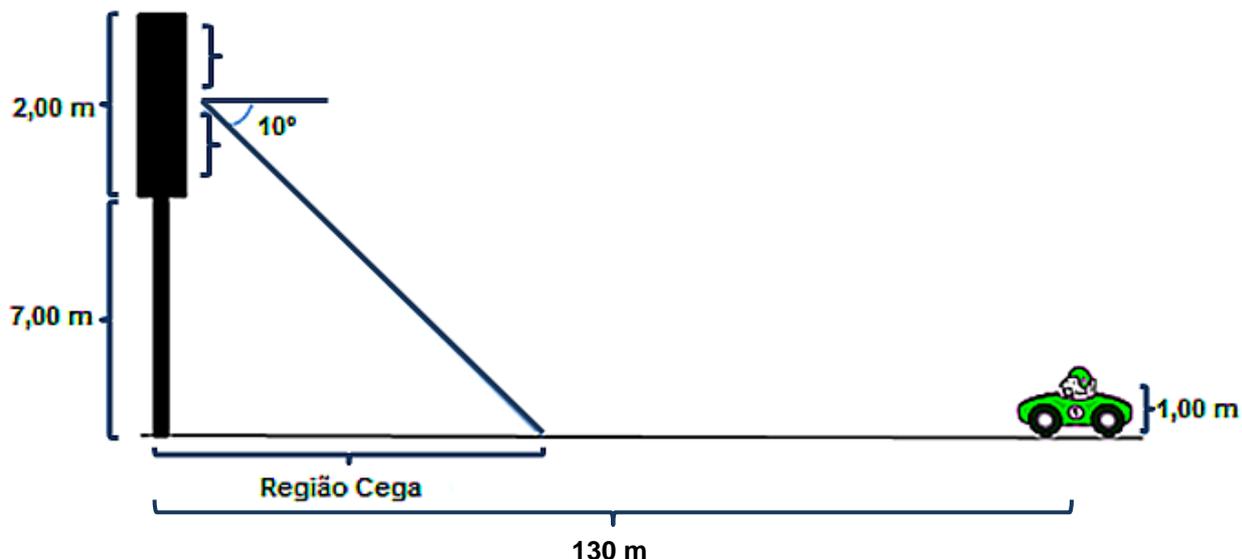


Figura 38 – Distância máxima de legibilidade para caractere de 210 mm

De posse dessas duas informações, distância máxima de legibilidade e região cega (no exemplo, de 40m), pode-se calcular o **tempo de legibilidade**, conforme fórmula abaixo:

$$t[s] = (0,6 h[mm] - 40) / v[m/s]$$

- Assim, para os exemplos citados anteriormente, teríamos:
- Para $h = 210\text{mm}$ e velocidade de 60km/h ($16,67\text{m/s}$); $t = 5,16\text{s}$;
- Para $h = 280\text{mm}$ e velocidade de 60km/h ($16,67\text{m/s}$); $t = 7,68\text{s}$.

Esses exemplos indicam que os PMVs, contendo altura de caractere entre 210 e 280mm em vias de velocidade regulamentada de 60km/h , possibilitam aos motoristas, a leitura de suas mensagens durante um período entre 5,16 e 7,68seg; respectivamente.

- **Resolução mínima de caracteres**

As fontes de matrizes 5×7 pixels e 4×7 pixels (chamado caractere comprimido) são geralmente as resoluções mínimas utilizadas para mensagens em PMVs.

- **Espaçamentos e tamanho do pixel**

Em meados da década de 1980, a Comissão Internacional de Iluminação, com sede em Viena, sugeriu que PMVs de fibras ópticas tivessem espaçamento centro a centro dos pontos de

luz (que formam um pixel) entre **5mm e 9mm** e que os pixels deveriam ter diâmetro inferior a **60mm** a fim de fazê-los parecer uma linha contínua. O espaçamento entre linhas, para que possam ser vistas separadamente devia ser de, no mínimo, **150mm**.

O padrão britânico especifica os tamanhos máximo e mínimo dos elementos luminosos em função da altura do caractere, conforme tabela abaixo:

Tabela 6: Tamanho dos elementos luminosos x altura da fonte

Altura da fonte em matriz 5x7 pixels (mm)	Tamanho do pixel	
	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
220	12	18
255	13	20
290	15	22
330	17	25
365	20	30
400	20	30
440	20	30

Fonte: Departamento de Transportes do Reino Unido

Os padrões britânicos estabelecem que o espaço **mínimo** entre caracteres deve ser equivalente a uma coluna de elementos inativos da matriz. Porém, o espaço **desejável** entre caracteres deve ser de **duas** colunas de elementos inativos.

O espaçamento **desejável** entre palavras deve ser de mais duas colunas de elementos inativos, além do espaçamento entre caracteres.

O espaçamento mínimo entre linhas deve ser equivalente a **3** linhas de elementos inativos.

Posteriormente, os espaçamentos entre caracteres e linhas deixaram de ser valores fixos e passaram a obedecer a uma proporção da altura do caractere. Assim, por exemplo, considerando um caractere na proporção 5 x 7 (largura x altura) e que:

- H – Altura do caractere;
- L – Largura do caractere;
- e – Espaço entre caracteres;
- E – Espaço entre linhas.

As seguintes relações entre elementos deveriam ser atendidas:

- $H/L = 7/5$;
- $e = 2H/7$;
- $E = 3H/7$

Assim, por exemplo, para caracteres de 5 x 7 pixels e pixel pitch de 40mm, teríamos:

- $L = 5 \times 40 = 200\text{mm}$;
- $H = 7 \times 40 = 280\text{mm}$;
- $e = 2H/7 \rightarrow e = 2 \times 280/7 \rightarrow e = 2 \times 40 = 80\text{mm}$;
- $E = 3H/7 \rightarrow E = 3 \times 280/7 \rightarrow E = 3 \times 40 = 120\text{mm}$.

Segundo o *Manual on Uniform Traffic Control Device* - MUTCD 2009 (incluindo as revisões 1 e 2, ambas de maio/2012):

- o espaço entre caracteres em uma palavra deve estar entre 25% e 40% da altura do caractere;
- o espaço entre as palavras na mensagem deve estar entre 75% e 100% da altura do caractere;
- o espaço entre linhas da mensagem deve estar entre 50% e 75% da altura do caractere;
- a razão entre a largura e a altura dos caracteres deve estar entre 0,7 e 1,0. Esta razão é comumente obtida usando a resolução mínima da fonte de matriz de 5 pixels de largura por 7 pixels de altura.

As relações apresentadas acima definem procedimentos a serem considerados na elaboração das mensagens a serem veiculadas.

- **Bordas dos Painéis**

O Sol pode ser um problema significativo de legibilidade de painéis se, do ponto de vista do motorista, ficar atrás do painel. Uma forma de diminuir o problema é aumentar a superfície do PMV para criar um anteparo contra o Sol.

No mínimo, o PMV deverá ter uma moldura em torno da superfície legível de forma semelhante aos anteparos dos grupos focais semaforicos. Normalmente, a altura do caractere é utilizada como referência para a largura da borda. A França especifica largura da borda igual à altura do caractere; o Reino Unido especifica essa relação em 1,1.

- **Contraste**

O contraste de luz é crítico para que os motoristas possam perceber um painel a grandes distâncias e ler a mensagem a curta distância. O contraste entre o painel e o ambiente em torno da via influencia sua visibilidade, enquanto que a legibilidade é influenciada pelo contraste entre a mensagem e o plano de fundo do painel.

Relação de contraste, por definição, é a razão entre a luminância de um objeto e a luminância do segundo plano. Luminância é a medida de luz que parte de uma superfície. A

luminância de uma fonte de luz é uma medida exata da luz que ela emite. Iluminação, por outro lado, é a medida de luz que atinge uma superfície.

A relação de contraste entre o pixel luminoso e o fundo do painel é frequentemente utilizada para descrever a legibilidade do painel.

A França especifica que a relação de contraste deve estar entre 3 e 25. Os pesquisadores franceses Bry e Colomb determinaram que a legibilidade ótima é conseguida com razões entre 8 e 12, e que uma legibilidade aceitável pode estar entre 3 e 25. Estudos franceses indicam que 50% dos observadores conseguiram ler corretamente a mensagem de um painel com uma relação de contraste igual a 3. A porcentagem de respostas corretas aumentou proporcionalmente com a razão de contraste até estabilizar-se em 85% para contrastes entre 8 e 20. Acima de 25, a leitura fica prejudicada pelo ofuscamento da luz.

Segundo o critério britânico, em condições diurnas (iluminação externa entre 4.000 e 40.000 lux) a relação de contraste deverá estar entre 7 e 50. Em condições de fraca iluminação (entre 4 e 400 lux), o contraste deve ficar entre 3 e 25.

Levando-se em conta as diferenças de percepção em função da idade e acuidade visual, é aconselhável uma faixa mais estreita de razão de contraste. Experimentos independentes realizados nos Estados Unidos, Holanda e França chegaram a resultados próximos. O estudo americano sugere contraste de 7, enquanto que os dois últimos, de 10.

- **Posição do Sol**

A influência da posição relativa do Sol é particularmente significativa em painéis luminosos, pois o brilho dos elementos precisa compensar a luz solar intensa.

Estudo realizado pelo Instituto de Transportes do Texas, da *Texas A&M University*, procurou estabelecer a distância de legibilidade do PMV em função da posição do Sol e da faixa etária do motorista.

Para isso, foi utilizado um painel de LEDs âmbar com 12 unidades por pixel. A luminância medida desses pixels foi de 40 candelas para uma corrente de 20mA por LED. Cada pixel tinha um diâmetro de 38mm com espaçamento de 65mm, formando caracteres de 7 pixels com 18 polegadas de altura. O ângulo de visibilidade mais adequado ficava entre 0° e 15° em relação ao eixo.

O trajeto dos observadores se iniciava a 750m do painel a uma velocidade constante de 88km/h. As medidas foram feitas para 6 palavras diferentes, de 3 caracteres cada, com motoristas de visão considerada normal.

As condições de luminância encontradas são exibidas na tabela 7, a seguir.

Tabela 7: PMV de LEDs: condições do ensaio de visibilidade diurna

Condições de visibilidade	Luminância total (LT), (cd/m ²)	Luminância de fundo (LB), (cd/m ²)	Contraste médio (LT/LB)	Luminância do horizonte (cd/m ²)
Sol alto	5.720	375	15	4.430
Sol atrás do motorista	6.575	1.235	5	2.915
Sol atrás do painel	5.615	290	19	8.980

Fonte: Texas A&M University.

Obs.: luminância é medida em candelas por metro quadrado (cd/m²).

A tabela a seguir apresenta as distâncias médias de legibilidade diurna medidas sob as 3 condições de visibilidade, conforme a posição do sol e a faixa etária do motorista.

Tabela 8: PMV de LEDs: distância de legibilidade em função da posição do Sol e da idade do motorista

Idade	Distância Média de Legibilidade (metros)		
	Sol alto	Sol atrás do motorista	Sol atrás do painel
até 45 anos	350	363	240
60 a 74	245	245	187
75 ou mais	185	166	158

Fonte: Texas A&M University

Como se vê, tanto no caso do Sol alto quanto atrás do motorista, a distância de legibilidade foi semelhante para cada faixa etária, enquanto que a distância de legibilidade para o Sol atrás do painel foi um pouco menor. Como era de se esperar, o estudo mostrou diferenças significativas entre as 3 faixas etárias.

Sol atrás do painel

A luz solar pode ser um problema significativo para a legibilidade do painel se o Sol estiver atrás deste, do ponto de vista do motorista. Pelo menos quatro medidas podem ser tomadas para aliviar o problema:

- Aumentar o tamanho do painel;
- Aumentar a luminância dos caracteres;
- Reduzir o comprimento da mensagem;
- Evitar o posicionamento oeste-noroeste e leste-nordeste (na latitude de São Paulo).



Figura 39 – Exemplo de Sol atrás do PMV

Sol de frente para o painel

A legibilidade do painel pode ser prejudicada se a luz solar incide diretamente em sua face legível. A luz do Sol reduz o contraste entre os elementos luminosos do painel e seu fundo. Além disso, a tela utilizada para proteger a superfície do painel, independentemente do tipo de material, irá refletir a luz solar, provocando um ofuscamento que dificultará mais a leitura.

Pelo menos quatro medidas são possíveis para reduzir os efeitos do Sol incidindo diretamente no painel:

- Aumentar a razão de contraste;
- Usar uma tela de cobertura solar (por exemplo, uma pestana);
- Usar acabamento preto fosco na face do painel; e
- Inclinar o painel.

- **Operação noturna**



Figura 40 – Exemplo de PMV à noite

Durante o dia, as luminâncias, tanto da mensagem quanto do plano de fundo do painel, são medidas para determinar a razão de contraste. À noite, apenas a luminância da mensagem importa, pois a do fundo do painel tende a zero.

Estudo realizado na França, por meio de simulações, indica que a luminância aceitável está na faixa de **30 a 230 cd/m²** para aplicações noturnas. No entanto, em testes de campo, foi

constatado que apenas 60% dos motoristas conseguiram ler a mensagem com essa luminância.

A França especifica, para operação noturna, intensidade luminosa por pixel de 1 a 5 candelas em áreas bem iluminadas e 0,1 a 1cd em áreas mal iluminadas para caracteres de 400mm. A Holanda especifica luminância entre 60 e 100 cd/m² para símbolos brancos e entre 40 e 60 cd/m² para símbolos vermelhos.

O Instituto de Transportes do Texas, da *Texas A&M University*, realizou estudo de distância de legibilidade noturna utilizando a mesma metodologia da legibilidade diurna descrita no item anterior “Posição do Sol”.

Para isso, foram simuladas 3 situações:

- **Sem iluminação externa:** as únicas fontes de luz foram os faróis do veículo e o próprio PMV.
- **Veículo no sentido contrário:** foi instalada uma lâmpada no canto frontal esquerdo do veículo, dentro do campo de visão do motorista, emitindo 473 cd/m² diretamente no olho do motorista. Esta situação simula a presença de um veículo no sentido contrário, a 61 metros de distância com os faróis baixos acesos.
- **Via com iluminação externa:** foram instalados postes de iluminação à frente do painel gerando uma iluminação de 49,5 lux no meio do painel. Em áreas urbanas o nível de iluminação fica em torno de 4,3 a 11,8 lux, o que significa que o painel recebeu uma iluminação muito maior que a típica.

O ensaio foi feito com os caracteres emitindo graus variáveis de luminância, variando entre 750 e 5.822 cd/m², sempre abaixo do valor utilizado no ensaio com Sol de frente para o painel (6.575 cd/m²).

Tabela 9: PMV de LEDs: distância de legibilidade noturna em função da iluminação e da faixa etária do motorista

Idade	Distância Média de Legibilidade (metros)		
	Sem iluminação	Veículo contrário	Via iluminada
até 45 anos	252	250	257
60 a 74	186	177	180
75 ou mais	135	149	154

Fonte: Texas A&M University

Como se percebe pela tabela, não há grandes diferenças em função da iluminação. O que se percebe mais uma vez, no entanto, são as diferenças relativas à faixa etária. Em comparação com a visibilidade diurna, o que se percebe é uma diminuição da ordem de 70% a

75%. O motivo para isso é que, à noite, o brilho dos LEDs é reduzido consideravelmente para se economizar energia e aumentar a vida útil dos elementos.

- **Irradiação**

A maioria dos PMVs luminosos tem boa legibilidade à noite. Entretanto, durante a operação noturna, os caracteres da mensagem podem parecer brilhantes demais ou borrar devido à irradiação. Irradiação é um fenômeno resultante do contraste de luminância extremamente alto, quando a superfície mais clara tende a “transbordar” sobre a mais escura.

Certamente, não haverá nenhum valor único de contraste que seja apropriado para ambas as operações, diurna e noturna. Sob Sol intenso, a luminosidade do painel deve ser muito mais intensa. Com tempo nublado ou à noite, a intensidade luminosa pode ser reduzida automaticamente até um nível mínimo, graças à instalação de fotocélulas. Outra medida que pode ser útil é reduzir a largura dos caracteres ou aumentar o espaçamento entre eles.

4.2. Procedimentos para Seleção do PMV

Como já dito anteriormente, a seleção do PMV mais indicado é uma tarefa complexa, resultado do equilíbrio entre as necessidades do usuário, condições de uso e recursos disponíveis. Outro fator complicador é o grande número de modelos disponíveis, cada um com características próprias, objetivas e subjetivas, de difícil comparação.

Há duas décadas, o mercado se resumia a três tecnologias básicas: matriz de lâmpadas incandescentes, disco reflexivo e tambor giratório (não abordado aqui por ter pouca aplicação em tráfego). Mais recentemente, a demanda por PMVs como parte integrante da crescente indústria voltada para ITS (*Intelligent Transportation Systems*) permitiu o desenvolvimento de novas tecnologias. Ao mesmo tempo, os usuários (autoridades de trânsito) têm aumentado seu conhecimento e o grau de exigência por tecnologias mais sofisticadas.

No Brasil, entidades públicas e privadas da área de trânsito, que utilizam tecnologias de ITS, passaram a fundamentar suas especificações técnicas de PMVs em normas internacionais, como as normas americanas NTCIP 1201e 1203 e a norma NEMA TS4, além da norma europeia EM 12966-1-2005, já que a Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT ainda não publicou nenhuma norma sobre este assunto. A exigência de atendimento a normas internacionais na especificação de PMVs representa um enorme avanço em relação à situação anterior de total subjetividade.

Deve-se fazer uma abordagem objetiva para escolher o tipo apropriado para cada aplicação. Cada modelo de PMV tem vantagens e características que podem prestar um serviço valioso dependendo das necessidades específicas de cada entidade. É importante salientar que aquilo que é desvantajoso para um tipo de aplicação pode ser vantajoso em outra.

O procedimento recomendável para determinar os modelos aceitáveis de PMV deve seguir os seguintes passos:

Passo 1: Estabelecer claramente os objetivos do PMV

Os objetivos do PMV influenciam o conteúdo da mensagem, formato, comprimento e redundância (exibição de mensagens vinculadas entre si em um conjunto de painéis) e, conseqüentemente, o tamanho, posição e quantidade de painéis. Ao determinar seus objetivos, a entidade deve ser específica ao definir:

Qual é o problema que precisa ser resolvido com o PMV.

E, então, considerar:

- A quem se deseja informar (público alvo);
- Que tipo de resposta é esperado do motorista;
- Onde a mudança deve ocorrer;
- Qual o nível exigido de resposta do motorista;
- Como o sistema será operado.

Passo 2: Preparar as mensagens necessárias para atingir os objetivos

Uma vez que os objetivos estão definidos, os vários tipos de mensagens necessárias para cumprir os objetivos devem ser desenvolvidos. O tamanho das mensagens ajudará a definir o tamanho do caractere, o comprimento da linha de mensagem e o número de linhas de mensagens requerido. Nessa fase, pode ser necessário modificar algumas mensagens para reduzir seu comprimento, como resultado das condições determinadas nos passos 3 a 8.

Passo 3: Determinar a região de legibilidade

Deverá ser determinada a distância máxima de legibilidade requerida para oferecer ao motorista um tempo de exposição que o permita ler e compreender a mensagem. Como certos tipos de painel têm ângulo de leitura limitado, também deverá ser determinada a região cega. A diferença entre a distância máxima de legibilidade e a região cega determina a região de legibilidade, que depende do tamanho dos caracteres, extensão da mensagem, tipo de painel, condições climáticas e de iluminação e da velocidade máxima permitida na via.

Passo 4: Determinar a locação do PMV

Com base no objetivo definido para o PMV e na distância máxima de legibilidade requerida são determinados os posicionamentos potenciais que permitirão aos motoristas tempo para ler, compreender e reagir à mensagem. O PMV deve ser locado de maneira que forme um conjunto de informações compatíveis e integradas à sinalização estática. Deve-se determinar, ainda, o tipo de suporte (pórtico, semi-pórtico etc.), baseado nos objetivos do PMV, nas condições da via e em eventuais interferências físicas que poderão comprometer a instalação da fundação das estruturas de sustentação.

Passo 5: Identificar as obstruções que possam afetar a legibilidade do painel

É indispensável uma inspeção em campo para assegurar que não haja obstruções físicas como pontes, árvores, sinalização fixa, geometria da via etc. que possam prejudicar a leitura do

painel. É possível que algumas obstruções impossibilitem completamente a instalação do painel no local desejado ou obriguem à utilização de mensagens mais curtas.

Passo 6: Identificar as condições ambientais sob as quais o PMV irá operar

As condições ambientais sob as quais o PMV irá operar devem ser claramente identificadas. Condições meteorológicas como chuva, calor, frio, neblina, além de outros fatores adversos como poluição, partículas de poeira, chuva ácida etc., podem afetar negativamente a legibilidade e o funcionamento do painel. Essas informações devem ser repassadas ao fabricante para que este possa obter as melhores características de desempenho.

Passo 7: Determinar os custos dos tipos de PMV

Uma análise comparativa detalhada de custo deve ser feita entre os tipos de PMV avaliados.

Passo 8: Determinar o tipo e tamanho de PMV

Determinar o tipo de painel (mono ou policromático, alfanumérico ou gráfico etc.) em função dos objetivos do PMV e o seu tamanho, em função das restrições da via e da região de legibilidade.

A partir das informações obtidas nos passos anteriores, deverá ser selecionado o tipo que permita que as mensagens sejam lidas sob as condições ambientais do local e dentro das limitações de recurso disponível.

Frequentemente, os PMVs são adquiridos antes de se determinar os objetivos e mensagens a serem exibidas. A consequência poderá ser a incapacidade do PMV em atingir os objetivos desejados ou, inversamente, um painel mais simples poderia alcançar os mesmos objetivos.

4.3. Exemplo de Dimensionamento de um PMV

Para se determinar as dimensões de um PMV são necessárias as seguintes definições prévias:

- Distância máxima de legibilidade: 210m.
- Formato do caractere: 5x7 (largura x altura).
- Quantas linhas e quantos caracteres por linha o PMV deverá exibir: 3 linhas com 16 caracteres em cada linha.
- Espaçamento entre caracteres: $2/7$ da altura do caractere em pixels.
- Espaçamento entre linhas: $3/7$ da altura do caractere em pixels.
- Largura das margens inferior e superior: igual ao espaçamento entre linhas.
- Largura das margens direita e esquerda: igual ao espaçamento entre caracteres.
- Largura das bordas (moldura): 100mm.

4.3.1. Determinação da Altura do Caractere

Esta definição é baseada na distância máxima de legibilidade; assim, utilizando-se da fórmula para determinar a altura do caractere: $d = 0,6 \times h$; conforme citado anteriormente no item 4.1 (altura do caractere), temos que para $d = 210\text{m} \leftrightarrow h = 350\text{mm}$ (altura do caractere). Isso representa que, com uma altura de caractere de 350mm, no mínimo, 85% das pessoas serão capazes de ler uma mensagem em um PMV distanciado a 210m.

Com a determinação da altura do caractere em 350mm e sabendo-se que o formato do caractere que será exibido foi, por exemplo, definido em 5 x 7, conclui-se que a altura do caractere terá, no mínimo 7 pixels (ou qualquer múltiplo de 7) e que, portanto, o pixel pitch máximo será de 50mm (ou qualquer submúltiplo de 50). Vamos adotar, neste exemplo, resolução mínima para o caractere, ou seja, a altura do caractere com 7 pixels e, portanto, o pixel pitch de 50mm.

4.3.2. Determinação da Altura Útil do Painel

A altura útil do painel é determinada em função da altura do caractere, das margens superior e inferior junto às bordas, do espaçamento entre linhas e da quantidade de linhas previamente definidos. Assim, para o caso do exemplo citado acima, temos que a altura do caractere é $h = 350\text{mm}$, o espaçamento entre linha é de 3 pixels (3/7 de 7 pixels), ou seja, $3 \times 50\text{mm} = 150\text{mm}$ e a quantidade de linhas é igual a 3. De posse dessas informações, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Como são 3 linhas com caracteres de altura 350mm, temos: $350\text{mm} \times 3 = 1.050\text{mm}$;
- Considerando-se que em 3 linhas há 2 espaçamentos, temos: $150\text{mm} \times 2 = 300\text{mm}$;
- Se considerarmos as margens inferior e superior com larguras idênticas ao espaçamento entre linhas, temos: $150\text{mm} \times 2 = 300\text{mm}$.

Assim, com os valores determinados acima, conclui-se uma altura total de $1.050 + 300 + 300 = 1.650\text{mm} \leftrightarrow$ **Altura útil = 1.650mm ou 1,65m**. Note que, como consideramos que o pixel pitch é de 50mm, teremos um total de 33 pixels de altura.

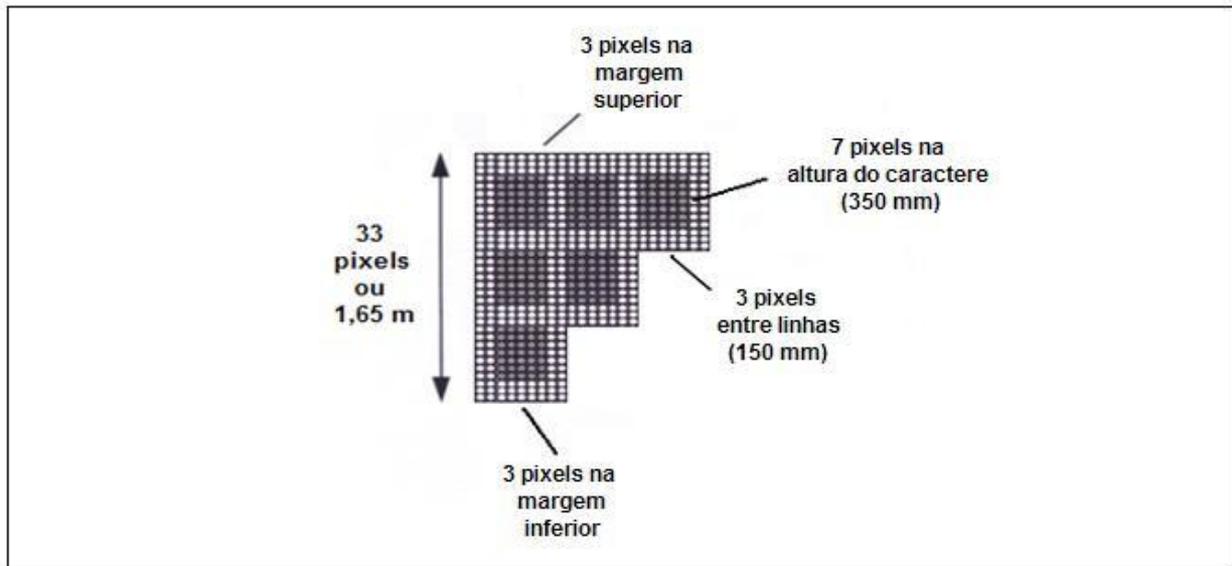


Figura 41 – Altura útil do Painel

4.3.3. Determinação da Largura Útil do Painel

A largura útil do painel é determinada em função da largura do caractere, das margens direita e esquerda junto às bordas, do espaçamento entre caracteres e da quantidade de caracteres por linha; assim, no caso exemplificado no item 4.3 acima, para o qual adotamos a resolução mínima de 5 x 7 pixels, temos 5 pixels de largura em cada caractere. De posse dessas informações, pode-se efetuar as seguintes determinações:

- A largura de cada caractere é de 5 x 50mm ou 250mm. Como, no exemplo, temos 16 caracteres: $16 \times 250\text{mm} = 4.000\text{mm}$ (ou 4,0m);
- Considerando-se que o espaçamento entre caracteres para o exemplo dado é de 2 pixels (2/7 de 7 pixels), temos, entre caracteres: $2 \times 50\text{mm} = 100\text{mm}$. Como, no exemplo, temos 16 caracteres e, portanto, 15 espaçamentos: $15 \times 100\text{mm} = 1.500\text{mm}$ (ou 1,50m);
- Se considerarmos as margens direita e esquerda com larguras idênticas ao espaçamento entre caracteres, temos: $100\text{mm} \times 2 = 200\text{mm}$.

Assim, com os valores determinados acima, conclui-se uma largura total de $4.000 + 1.500 + 200 = 5.700\text{mm} \leftrightarrow$ **Largura útil = 5.700mm ou 5,70m**. Note que, como consideramos que o pixel pitch é de 50mm, teremos um total de 114 pixels de largura.

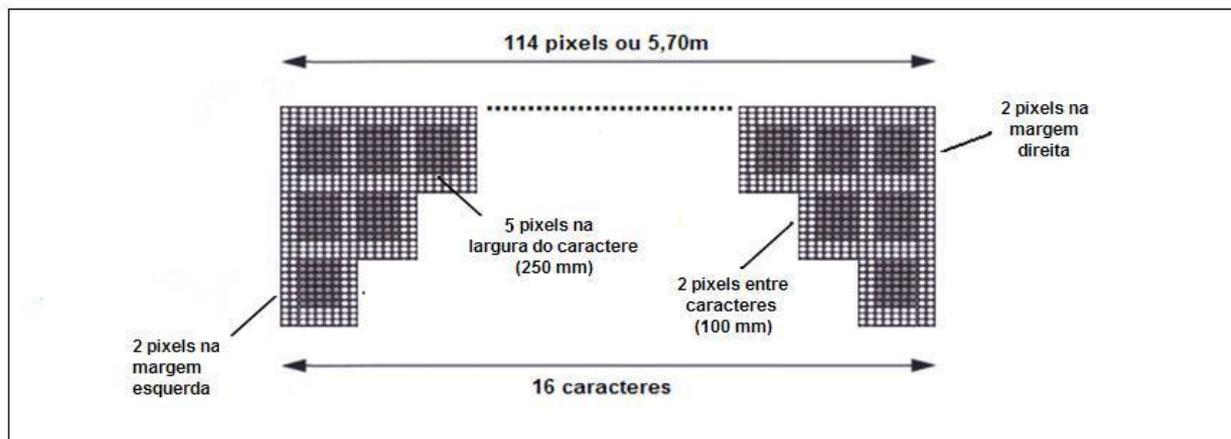


Figura 42 – Largura útil do Painel

4.3.4. Determinação da Área Útil do Painel

Assim, com as determinações efetuadas anteriormente, conclui-se que, para o exemplo dado, a área útil do PMV (*Full Matrix*, por exemplo) seria de 114 pixels de comprimento por 33 pixels de altura ou, definindo-se da forma apropriada, sua resolução seria de 114 x 33 pixels ou 400 pixels/m².

Embora não tendo sido abordado anteriormente, é importante salientar que a definição da área útil efetiva do painel, seja na altura ou na largura, sempre deverá ser especificada por meio de uma faixa de valores para essas duas dimensões; pois a área útil exata dependerá da modularidade (número de pixels na altura e na largura de cada módulo) utilizada pelo fabricante do respectivo painel.

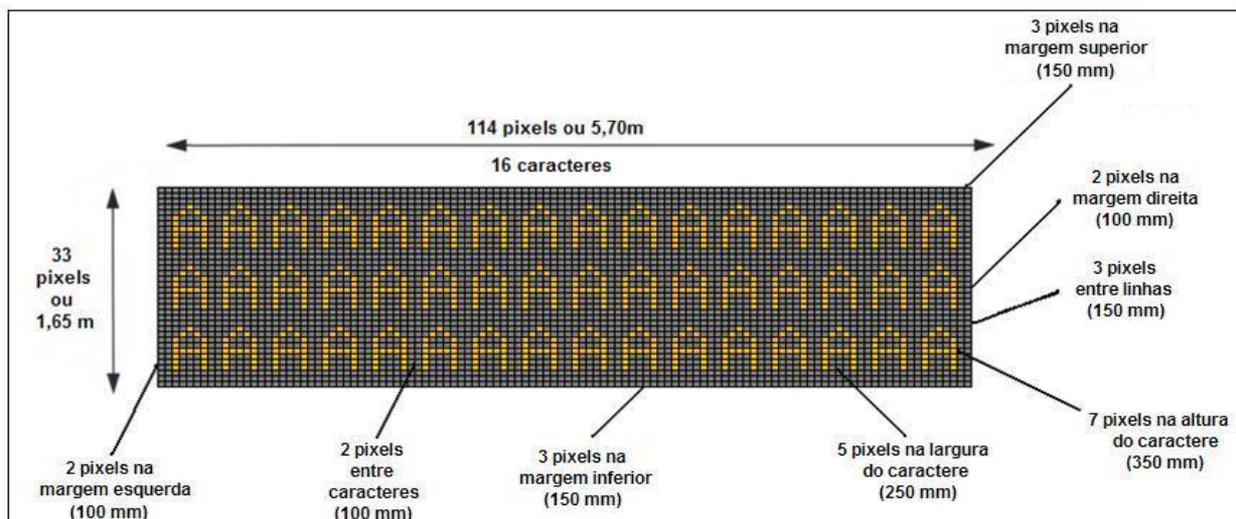


Figura 43 – Área útil do Painel

Na realidade, a face de um painel *full matrix* não é composta por um único bloco e sim por blocos menores montados lado a lado, sem espaço cego entre eles, comportando-se o conjunto como um único bloco contínuo e uniforme. Esses blocos menores são os módulos que compõem o painel *full matrix*.

Visando exemplificar o exposto, citamos a seguir, dois fabricantes fictícios A e B, que produzem módulos, por exemplo, de 19 x 11 pixels e 20 x 10 pixels; respectivamente:

- **Fabricante A – módulos de 19 x 11 pixels:** Para este caso, como cada módulo tem 19 pixels de largura e 11 pixels de altura, temos: $114/19 = 6$ módulos na largura e; $33/11 = 3$ módulos na altura; ou seja, com (6 x 3) módulos deste fabricante, obteríamos exatamente a área útil especificada.
- **Fabricante B – módulos de 20 x 10 pixels:** Para este caso, como cada módulo tem 20 pixels de largura e 10 pixels de altura, temos: $114/20 = 5,7$ módulos na largura e; $33/10 = 3,3$ módulos na altura; ou seja, para atender a área útil especificada, há necessidade de utilização de 6 módulos na largura (o que daria um total de 120 pixels, sendo 6 além do desejado) e 4 módulos na altura (o que daria um total de 40 pixels, sendo 7 além do desejado). Assim, considerando-se que o pixel pitch adotado no exemplo foi de 50mm, teríamos um acréscimo na área útil inicialmente prevista de: largura $\rightarrow 6 \times 50 = 300\text{mm}$, passando a ser de $5.700 + 300 = 6.000\text{mm}$ ou 6m; e altura $\rightarrow 7 \times 50 = 350\text{mm}$, passando a ser de $1.650 + 350 = 2.000\text{mm}$ ou 2m.

4.3.5. Tamanho Físico Final do PMV

As dimensões finais do PMV deverão considerar a área útil efetiva do painel e as suas bordas ou moldura. Assim, para o exemplo em questão, no qual foi definida uma largura de 100mm para as bordas, teríamos um acréscimo desse valor àqueles já definidos no item anterior, que contém a área útil do painel:

- **Fabricante A:** Largura: $5.700 + 100 = 5.800\text{mm}$ ou 5,80m
Altura: $1.650 + 100 = 1.750\text{mm}$ ou 1,75m
- **Fabricante B:** Largura: $6.000 + 100 = 6.100\text{mm}$ ou 6,10m
Altura: $2.000 + 100 = 2.100\text{mm}$ ou 2,10m



Figura 44 – Dimensões Físicas do Painel – Fabricante A

É importante, principalmente para os casos em que há restrição de espaço para instalação do PMV, que o limite superior da dimensão especificada considere todas as características citadas anteriormente.

5. Mensagens

O sistema de Painéis de Mensagens Variáveis tem a finalidade precípua de divulgar aos usuários do sistema viário **informações que lhes sejam úteis**, informações essas que são variáveis ao longo do tempo e, por consequência, necessitam de **atualização permanente**.

Nunca deve ser dito o óbvio. Dizer ao motorista que ele está em um congestionamento é inútil e diminui a credibilidade do sistema. Em vez disso, deverá ser informada, por exemplo, a extensão do congestionamento ou quanto tempo ou distância falta para a próxima saída. Informações sobre extensões de congestionamento e tempos de atraso não devem ser muito precisas, pois as filas estão em constante variação e uma informação momentaneamente errada irá diminuir a credibilidade da informação. Assim, tempos e distâncias poderão ser informados, por exemplo, para o caso rodoviário, em múltiplos de 5 minutos e 500 metros, respectivamente.

A resposta ou a reação do usuário face à informação recebida é que fornece os benefícios esperados pela implantação do sistema. Esses benefícios podem ser traduzidos, principalmente, em: 1. Redução de ocorrência de acidentes; e 2. Redução do tempo de viagem, com a consequente melhora da fluidez, redução de consumo e de emissão de poluentes.

Sendo o PMV um meio de informação ao usuário do sistema viário, a mensagem nele exibida deve obedecer aos mesmos critérios básicos da sinalização em geral, tais como:

- Ser uniforme, o que é condição necessária à sua compreensão por todos;
- Ser homogênea, reforçando a expectativa do condutor permitindo-lhe apreender imediatamente o contexto em que se insere a sua situação e ainda tratar a informação nas melhores condições de segurança possíveis;
- Ser simples, facilitando a compreensão pelo condutor;
- Garantir a continuidade da informação transmitida; e
- Ser coerente com a prática e com as regras de circulação.

A **uniformidade** resulta da exclusiva utilização de sinais padronizados e regulamentados; a **homogeneidade** assegura que em condições idênticas o condutor encontre os mesmos sinais com os mesmos significados, colocados segundo as mesmas regras; a **simplicidade** obtém-se evitando uma sobrecarga de sinais e/ou palavras; a **continuidade** da informação ao longo da rede deve ser assegurada e deve haver **coerência** da sinalização com a prática corrente e com as regras da circulação, bem como com as mensagens exibidas em outros PMVs do sistema. O respeito a estes princípios na concepção e colocação de um PMV é determinante para a sua credibilidade e a de todo o sistema de sinalização.

As mensagens mais comuns exibidas num PMV abordam os seguintes temas:

- Condições da pista e do tempo;

- Condições de tráfego e tempos de percurso;
- Ocorrência de incidentes/eventos/obras;
- Orientação de rotas alternativas;
- Ocorrência de eventos futuros;
- Restrições de circulação;
- Mensagens educativas/institucionais.

Os tipos de mensagens podem ser divididos em 3 grandes grupos, descritos a seguir.

5.1. Mensagens de Orientação

Mostram informações em tempo real sobre o estado da via e aconselham sobre a melhor atitude a tomar. Painéis instalados com ênfase em mensagens de orientação devem ser posicionados em vias expressas, em suas alças de acesso e em vias arteriais próximas, sempre antes de saídas para rotas alternativas.

As mensagens de orientação consistem dos seguintes elementos:

- **O problema** (acidente, manutenção, obras etc.);
- **O efeito** (atraso, congestionamento etc.);
- **O alvo** (endereçada a um público específico); e
- **A ação** (o que fazer).

As informações mínimas são o **problema** e a **ação**. O motorista deve saber o que fazer e por quê. O local do problema também é útil quando há necessidade de desviar o tráfego.

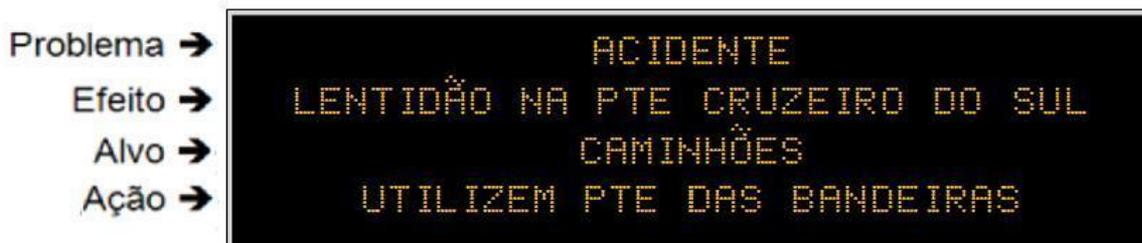


Figura 45 – Exemplo de mensagem de orientação

A característica essencial de uma mensagem de orientação é dar ao motorista informações suficientes para a tomada de decisão. O comprimento da mensagem e o número de palavras serão afetados pela quantidade de tempo que o motorista terá para lê-la e o seu limite na capacidade de processamento de informações.

É importante salientar sobre a necessidade e importância de se conhecer/monitorar previamente a situação existente na rota alternativa escolhida, sob o ônus de se desviar o tráfego para uma situação igual ou até pior àquela existente no trajeto original, acarretando na

perda de confiabilidade das informações dadas pelo PMV por parte dos usuários do sistema viário.

Esse conhecimento/monitoração prévios são tão importantes que acabam sendo os fatores limitantes da eficiência de um sistema de Painéis de Mensagens Variáveis na sua **finalidade de orientar o melhor caminho a cada instante**. Entre as maiores dificuldades envolvidas nesta ação destacam-se: 1. As condições de tráfego podem mudar muito rapidamente e a melhor indicação em um instante pode deixar de sê-lo logo em seguida, principalmente se todos seguirem a orientação e; 2. Os usuários de uma via têm dezenas de destinos e as mensagens de orientação se limitam a dois ou três nomes, cada um podendo abranger, ou uma via ou uma região.

5.2. Mensagens de Direcionamento

São usadas para indicar rotas alternativas em casos de incidentes ou eventos que provocam interferências prolongadas ou mesmo interdição parcial ou total da via. Como muitos motoristas podem não estar familiarizados com as rotas alternativas, estas rotas devem ser dotadas de sinalização apropriada, na forma de PMVs ou placas fixas. A sinalização deve dar ao motorista a certeza de que ele está seguindo a rota certa.

Os elementos essenciais da mensagem são:

- Destino; e
- Rota e direção.

A frase de **destino** informa ao motorista aonde ele chegará. A frase de **Rota e direção** serve para indicar ao motorista a rota por onde deve trafegar. Ao longo dessa rota outros painéis ou placas deverão indicar o percurso a ser seguido, de forma a assegurar ao motorista que ele está seguindo a rota e a direção certas.



Figura 46 – Exemplo de mensagem de direcionamento

5.3. Mensagens Preventivas

Às vezes, é necessário informar ao motorista que ele encontrará outros painéis mais adiante para mantê-lo informado sobre as condições da via durante a viagem. Este tipo de mensagem é indicado para vias onde a maioria dos motoristas não é habitual, e serve para que estes fiquem atentos à presença dos próximos painéis, tendo, assim, mais tempo para lê-los.

Os elementos de uma mensagem preventiva, usada em conjunto com mensagens de orientação exibidas em outros painéis, consistem dos quatro seguintes elementos básicos (não necessariamente nesta ordem):

- Informação de alerta;
- Natureza da informação (melhor rota, condições de tráfego etc.);
- Destino para quem a informação se aplica; e
- Localização do incidente (à frente ou a que distância).

Mensagens preventivas só devem ser ativadas quando outros painéis exibirem mensagens de orientação que tenham alguma informação relevante, caso contrário perderão a credibilidade.



Figura 47 – Exemplo de mensagem preventiva

5.4. Conteúdo da Mensagem

A mensagem deve ser, preferencialmente, curta o suficiente para ser lida de uma só vez e descrever o tipo de interferência ou o local. A mensagem não deve "rolar" horizontalmente nem verticalmente. É desejável padronizar as mensagens e não é aconselhável a utilização do painel para publicidade.

O uso de mensagens com mais de 2 quadros deve ser evitado para que o motorista tenha tempo de lê-las estando na velocidade regulamentada. Para interferências de longa duração, é aconselhável que a mensagem seja trocada periodicamente para manter o interesse do motorista.

Na configuração mínima, o painel deverá exibir todos os caracteres da língua portuguesa (inclusive acentos) em letras maiúsculas, números e sinais de pontuação. Existem vários modos de se exibir as mensagens:

- **Pré-gravada** - O operador deverá selecionar entre mensagens previamente armazenadas na memória do sistema;
- **Temporizada** - O operador poderá programar dia e hora em que a mensagem deve ser exibida; ou
- **Livre** - A mensagem pode ser digitada livremente pelo operador.

5.5. Formatos de Exibição

- **Modo discreto ou estático**

Quando toda a mensagem é exibida de uma só vez é chamada de **discreta** ou **estática**. Os formatos de exibição mais comuns são:

- Formato compacto: é utilizado em PMVs de menor largura, sendo a mensagem exibida em quatro ou cinco linhas em função das dimensões do PMV; ou

- Formato estendido: é o mais comum e mais confortável para leitura, utilizado em PMVs em que a largura corresponde a algumas vezes sua altura.



Figura 48 – Exemplo de mensagem estática de formato compacto (esq.) e estendido (dir.)

- **Modos em movimento**

As mensagens de modos em movimento podem ser **sequenciais** ou **rolantes**. Uma mensagem é chamada de **sequencial** quando é apresentada em partes (mais de um quadro ou frame), um após outro, ocupando o mesmo espaço no painel. Nestes casos, como já citado anteriormente no item 4.1, cada quadro deve ter sentido completo e independente do outro, em relação ao entendimento da mensagem.

Em uma mensagem **rolante**, o texto “corre” de um lado para outro, ou verticalmente. Estudos mostram que mensagens rolantes não devem ser utilizadas em aplicação de tráfego, pois representam um risco de distração para o motorista.

5.6. Exemplos da Experiência Internacional

5.6.1. Portugal

Em março de 2008, durante a 54ª reunião realizada em Genebra, a WP1 (*Working Party on Road Traffic Safety*), do *Inland Transport Committee* da Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa, aprovou a inclusão na *Consolidated Resolution on Road Signs and Signals* (R.E.2) de uma proposta de texto do *Small Group on Variable Message Signs*, contendo recomendações e regras sobre a estrutura e o conteúdo das mensagens a incluir em sinais de mensagem variável. Assim, a R.E.2, editada em janeiro de 2009, passou a conter um conjunto de recomendações sobre os sinais luminosos e os sinais de mensagem variável, que abrangem todos os equipamentos de mensagem variável que foram considerados na **Instrução Técnica** utilizada em Portugal.

A R.E.2 divide as mensagens em duas categorias: as relacionadas com o tráfego e as não relacionadas com o tráfego. A categoria das mensagens relacionadas com o tráfego englobam as mensagens passíveis de exibição pelos equipamentos disponíveis; enquanto as mensagens não relacionadas com o tráfego destinam-se aos chamados períodos passivos.

Apresentam-se abaixo as recomendações dadas pela R.E.2 em relação a cada uma das duas categorias de mensagens. É importante salientar que tais recomendações não são integralmente aplicáveis à realidade brasileira, algumas até por não serem previstas na legislação vigente:

- Mensagens relacionadas com o tráfego:

- Quando se utilizam painéis de mensagem variável (PMV) com sinais, as informações principais são dadas pelos sinais. É preferível a utilização de sinais específicos, quando existentes, em vez de sinais genéricos;
- Utilizar, tanto quanto possível, elementos gráficos quando se utiliza texto (sinais, símbolos);
- Utilizar mensagens de regulamentação sem qualquer texto, se possível;
- Mensagens de perigo, com o sinal de perigo respectivo, só devem ser utilizadas quando o local, ou trecho, a que se referem estão próximo do sinal de mensagem variável (por exemplo, a não mais de 2km). Ao usar texto em mensagens de perigo, colocar em primeiro lugar a informação sobre a natureza do perigo, que pode ser complementada com uma breve recomendação por baixo desta informação;
- Quando um sinal de mensagem variável é usado para informar sobre uma situação a uma certa distância (por exemplo, a 2km ou mais; ou no futuro, por exemplo, quando vão iniciar-se trabalhos na via), é necessário dar informações adicionais (por exemplo, a distância e a indicação de data e hora, respectivamente). A estrutura recomendada para a mensagem é a seguinte: informar em primeiro lugar sobre a natureza do incidente (na primeira linha); em seguida, sobre a distância, ou a indicação de tempo (na segunda linha). Uma terceira linha pode ser utilizada para dar informações adicionais (por exemplo, uma recomendação);
- Evitar a utilização de mensagens em alternância;
- Evitar redundâncias, exceto com a finalidade de familiarizar os condutores com novos sinais ou símbolos;
- Utilizar apenas abreviaturas bem conhecidas e internacionais (por exemplo, “km” para quilômetros, “min” para minutos etc.);
- Minimizar o número de palavras e de sinais (por exemplo, máximo sete).

- Mensagens não relacionadas com o tráfego:

- Um sinal de mensagens variável deve estar desligado quando não é necessário exibir mensagens relacionadas com o tráfego. Uma exceção pode ser a exibição de um conjunto de pontos, ou da indicação do horário para mostrar que o equipamento está em funcionamento;
- Não são permitidas mensagens comerciais ou publicitárias.

5.6.2. Estados Unidos

Segundo o documento denominado “*CDOT Guidelines on Variable Message Signs (VMS)*” elaborado pelo *Colorado Department of Transportation VMS Committee – Fevereiro/2005*, as seguintes recomendações, entre outras, são pertinentes em relação às mensagens em PMVs:

- Sinais de Mensagens Variáveis devem mostrar somente informações pertinentes de orientação e operação de tráfego, não publicitárias;
- Em geral, Anúncios de Serviço Público (“*Public Service Announcements - PSA*”) devem ser mostrados com termos básicos, limitados e de curta duração. Os “PSA” não serão mostrados em áreas urbanas durante os períodos de pico;
- Cada mensagem do PMV deve ser mostrada para um propósito específico;
- Mensagens de PMV utilizadas para informar condições ou restrições na via devem ser retiradas imediatamente quando aquelas condições cessam ou as restrições são removidas;
- Condições idênticas devem sempre ser informadas por meio de mensagens idênticas no PMV, independentemente de onde as condições ocorram.

6. Posicionamento do PMV

A localização do PMV deve ser definida de acordo com o objetivo a que ele se destina: exibir mensagens de direcionamento ou exibir mensagens de orientação.

Para o primeiro caso, ou seja, exibir mensagens de direcionamento, os PMVs possuem o objetivo principal de reduzir acidentes (advertir congestionamentos, obras, estreitamentos de pista à frente, bloqueio de acessos, transposições etc.) devendo ser colocados ao longo da via, com um certo espaçamento para poder cobrir os possíveis pontos de anomalia. Devem, também, ser colocados antes de acessos e transposições que são passíveis de bloqueios temporários, assim como após pontos de entrada.

Já para o segundo caso, exibir mensagens de orientação, os PMVs (especialmente os móveis) devem ser colocados antes de entroncamentos e/ou pontos de saída para rotas alternativas, possibilitando ao motorista a escolha do caminho a seguir.

O conhecimento antecipado de algum perigo à frente dá ao motorista um tempo adicional para a reação/reflexão de forma que ele possa tomar uma decisão mais adequada; assim, ao advertir o motorista com a antecedência necessária, o sistema PMV estará contribuindo para a redução de eventuais acidentes causados por manobras ou frenagens bruscas e inesperadas.

O PMV deverá ser posicionado, sempre que possível, antes de outros tipos de sinalização.

De acordo com o “*Traffic and Road Use Management Manual – Variable Message Signs: Use and Operation – Queensland – 06/08/2010*”, o posicionamento dos PMVs deve obedecer às seguintes características:

- Sempre que possível, o PMV deve ser integrado a um sistema de detecção de incidentes ou câmeras de CFTV;
- A distância entre o PMV e o ponto de decisão, para vias arteriais, deve variar entre 400 a 700m; e
- O PMV deve ser posicionado de forma que o motorista tenha tempo para reagir à informação fornecida e estar numa distância adequada de pontos de decisão. Esta última afirmação também é encontrada no “MUTCD”.

Conforme a “*ITS specification Variable Message Sign supply and installation – notes – NZ Transport Agency – September/2011*”, em vias urbanas de alto volume (“*High Volume Urban – HVU*”), a distância do PMV ao ponto de decisão depende da velocidade e de fatores locais.

A “Instrução Técnica” utilizada em Portugal define alguns critérios de colocação dos PMVs, conforme transcrição a seguir:

Os PMV devem ser sempre colocados a montante do ponto da via a que se referem as mensagens a apresentar, a uma distância suficiente para que o condutor possa adaptar o seu comportamento nas melhores condições.

De salientar, contudo, que as prescrições transmitidas pelos sinais de regulamentação apresentados pelos PMV começam a vigorar no local onde estes estão colocados.

A colocação longitudinal dos PMV que transmitem uma mensagem de informação deve permitir que o condutor esteja em posição de fazer uma escolha (e.g. divergência, ramo de saída).

Um PMV deve estar suficientemente afastado de outros sinais verticais (permanentes ou temporários). A colocação de um PMV deve ser aferida face às condições geométricas locais, de modo a permitir a atempada percepção do PMV e a necessária distância, livre de outros tipos de sinalização, para a sua leitura, função, entre outros aspectos, da altura da letra e da velocidade do tráfego no local. Por estas razões os PMV não devem ser colocados em curvas em planta.

É importante evitar a colocação de PMV num trecho com a orientação Este-Oeste, pois torna-se difícil a sua leitura em determinados horários do dia, por ofuscação do condutor ou devido a contraluz. Neste caso, é preferível deslocar o PMV relativamente ao local inicialmente previsto para a sua colocação, desde que exista essa possibilidade.

Em relação aos PMVs móveis, estes devem ser posicionados ao lado da pista, de preferência afastados da faixa de rolamento. O painel deve ser virado cerca de 30 graus da perpendicular da via para evitar reflexos. Todas as unidades deverão ser posicionadas, preferencialmente, do mesmo lado (direito ou esquerdo, dependendo da necessidade).

7. Localização do PMV em Relação à Via

Em relação à instalação do PMV fixo, algumas distâncias mínimas devem ser respeitadas, tais como: vão livre, distância ao leito carroçável etc., dependendo do tipo de PMV utilizado, sendo isto exemplificado nas Figuras 49 a 54, adiante.

No que se refere ao posicionamento vertical do PMV, conforme *Guidelines for the Location and Placement of Variable Message Signs – RTA Guidelines – Dezembro/2008*, constata-se a utilização de uma distância mínima entre a borda inferior e o ponto mais alto do pavimento em 5,50m, similarmente à distância utilizada na instalação dos demais sinais verticais instalados por cima da via.

É importante que esta altura mínima seja previamente avaliada em relação à via que receberá o PMV, em função, por exemplo, da circulação de veículos de grande porte (altura). Saliente-se que, diferentemente à instalação da sinalização vertical geral, o PMV possui uma estrutura fixa que impossibilita sua remoção/deslocamento, inviabilizando a passagem dos veículos que excedam o vão livre do PMV em relação à via.

A seguir, exemplificam-se alguns tipos de instalação possíveis com as respectivas dimensões mínimas, conforme *Guidelines for the Location and Placement of Variable Message Signs – RTA Guidelines – Austrália, dezembro/2008*:

- Instalação Tipo A (atualmente em desuso na Austrália):

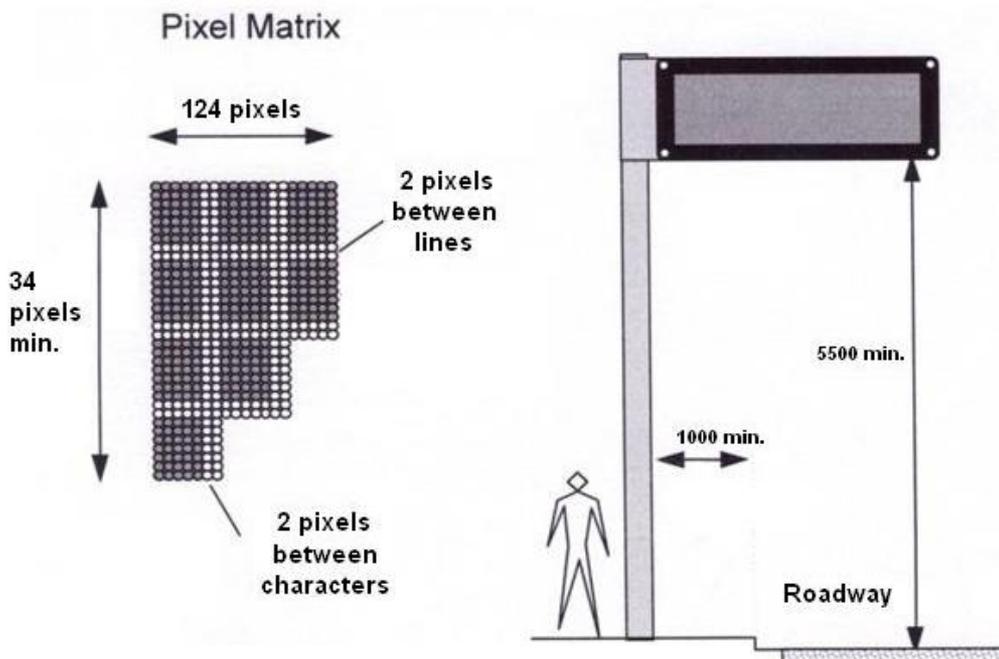


Figura 49 – Cenário de instalação tipo A para PMV

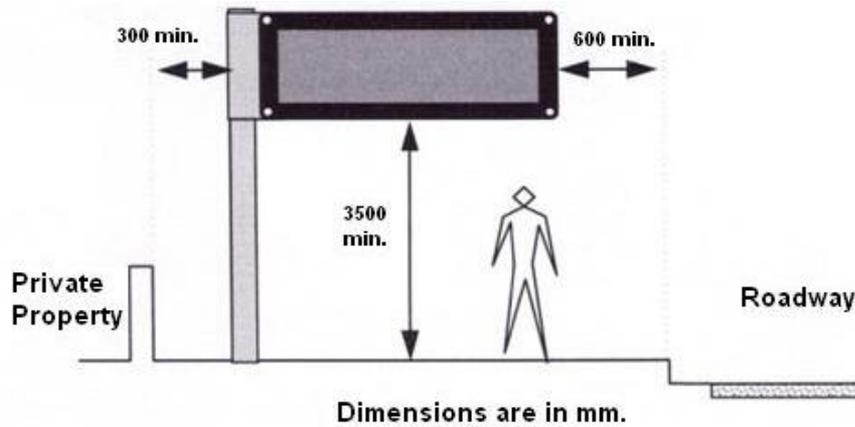


Figura 50 – Cenário de instalação tipo A para PMV (continuação)

- Instalação Tipo B (indicado para vias arteriais em áreas urbanas):

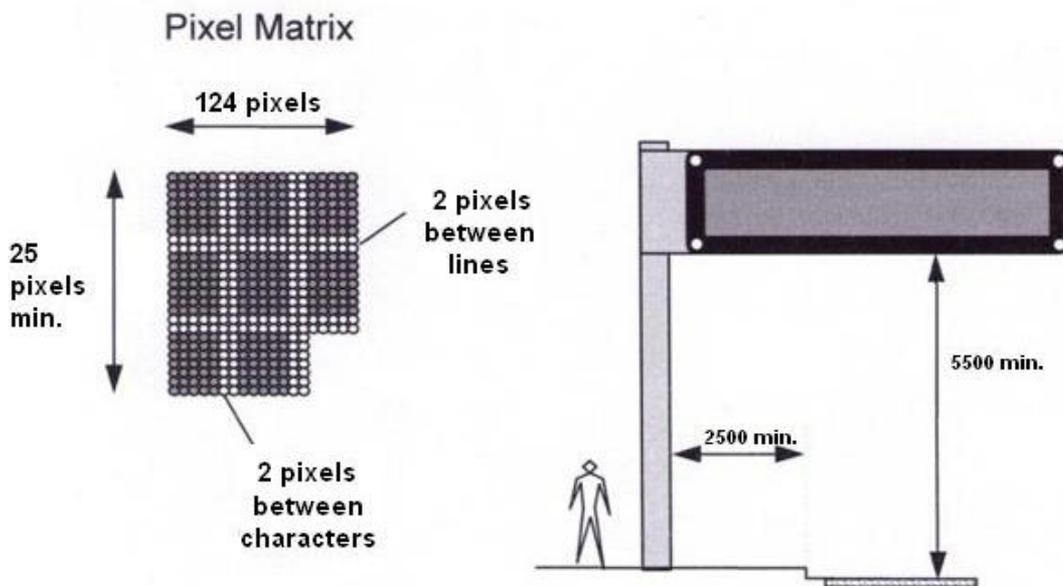


Figura 51 – Cenário de instalação tipo B para PMV

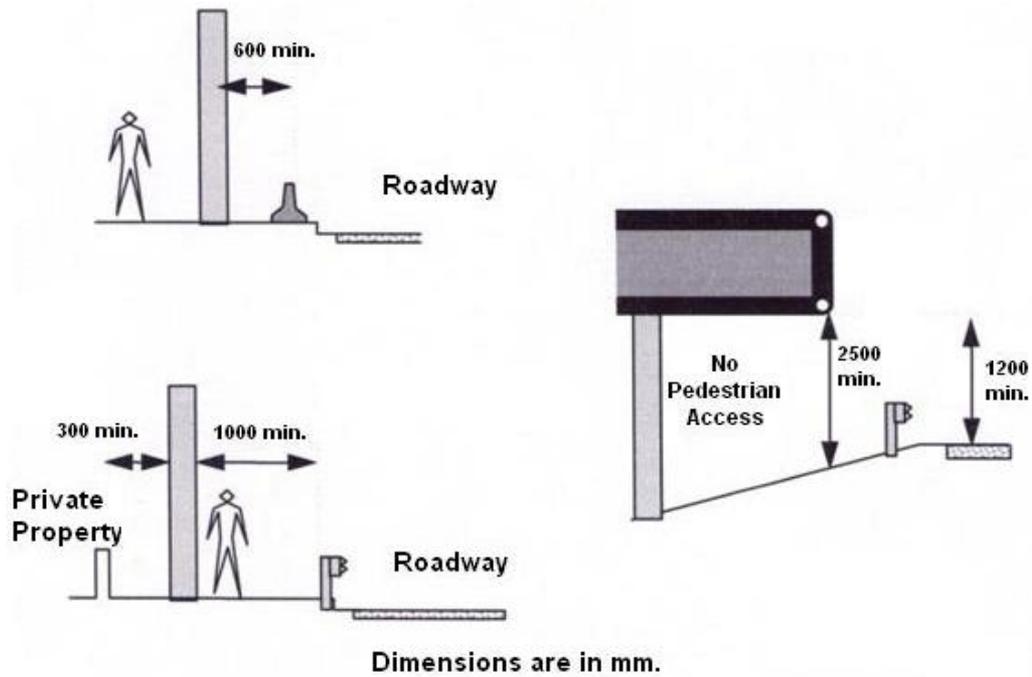


Figura 52 – Cenário de instalação tipo B para PMV (continuação)

- Instalação Tipo C (indicado para rodovias e vias expressas em áreas urbanas):

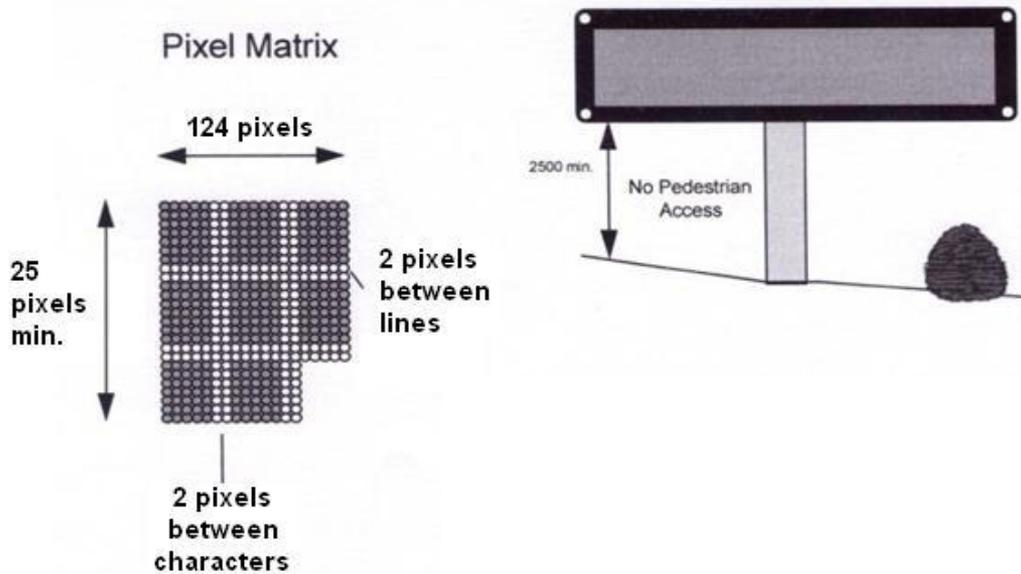


Figura 53 – Cenário de instalação tipo C para PMV

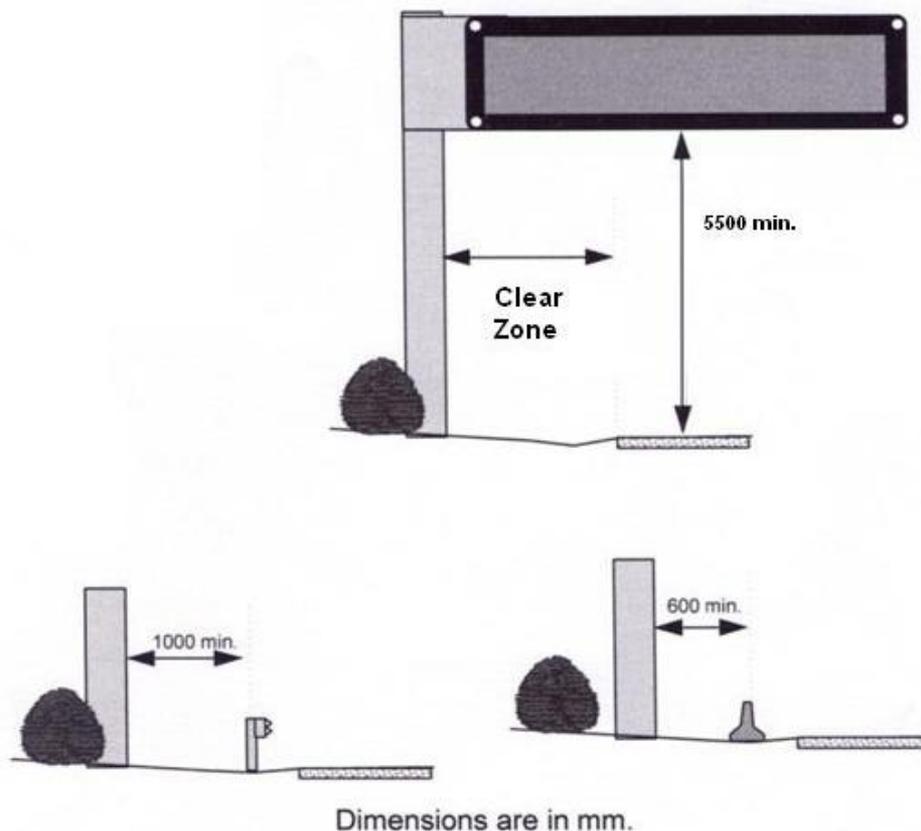


Figura 54 – Cenário de instalação tipo C para PMV (continuação)

Para a instalação de PMVs nas vias do município de São Paulo, a estrutura física deve ser instalada de forma a atender à legislação municipal que estabelece normas para o uso e ocupação do solo no município e, em particular, no que se refere à utilização dos passeios públicos no município.

Também deve ser ressaltado que, face ao porte da estrutura e ao risco de acidentes com alta gravidade, convém, sempre, lembrar da necessidade de utilização de proteções do tipo defensas maleáveis (metálicas) ou rígidas (New Jersey) para proteger os usuários contra impactos diretos à estrutura, conforme ilustrado nas Figuras 51 a 54.

8. Padronização do Sistema PMV

Com o intuito de permitir alterações, remanejamentos e ampliações ao longo da vida útil de um sistema por diferentes fornecedores, deve-se adotar a premissa de unidade conceitual e de requisitos funcionais que, integrados, permitam a **compatibilidade**, a **intercambiabilidade** e a **interoperabilidade** dos constituintes do sistema.

Compatibilidade: entre produtos de diferentes fornecedores ou entre modelos diferentes de um mesmo fornecedor é a capacidade de acrescentar produtos de modo que estes interajam com os seus similares, já em operação, usando uma funcionalidade baseada em padrões e normas.

Intercambiabilidade: é definida como a capacidade de substituir produtos similares (de mesmo tipo), de diferentes fornecedores, no mesmo canal de comunicação de dados.

Interoperabilidade: é a capacidade de múltiplos produtos de diferentes tipos, e de diferentes fornecedores, atuarem em conjunto para atender o mesmo propósito, e compartilhando a infraestrutura física e lógica de comunicação de dados disponível.

A padronização de determinado sistema causa uma série de benefícios, pois permite a integração de equipamentos, independentemente do seu fornecedor, à central de controle existente, fugindo da figura de exclusividade do fornecedor do sistema original.

A primeira iniciativa nacional de se obter a padronização de um sistema ocorreu em novembro de 2009, com a edição das Resoluções N^{os} 3323/09 e 3323/09A pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Complementarmente, a ANTT editou outra Resolução (N^o 3576/10), ampliando o escopo de aplicação da padronização. Embora tal padronização se refira ao sistema de comunicação com equipamentos de campo e entre centrais de operação utilizadas nas rodovias federais do Brasil, as resoluções marcaram um importante momento para a Engenharia de Tráfego nacional, na medida em que instituem pela primeira vez no país o uso de protocolos abertos e padronizados para troca de informações entre centrais de monitoração e controle de tráfego, bem como entre centrais e equipamentos de campo.

Apesar da existência de vários protocolos abertos, a opção da ANTT foi pela padronização definida pelo conjunto de protocolos abrigados sob a sigla NTCIP - “*National Transportation Communications for ITS Protocol*” (disponível gratuitamente no sítio da internet www.ntcip.org).

No Município de São Paulo, a Secretaria Municipal de Transportes – SMT também está adotando o NTCIP como protocolo de comunicação entre a Central de Controle e os PMVs.

No Padrão NTCIP, a estrutura de comunicação entre os equipamentos de campo e a central de controle é dividida em cinco camadas que representam os diferentes níveis da

hierarquia de comunicação definidos na Norma NTCIP 9001. Esta estrutura é mostrada na metade direita da Figura 55 abaixo.

O NTCIP é um conjunto coerente de protocolos de comunicação entre equipamentos, baseado em linguagem orientada a objetos, sendo que os “objetos” definem a funcionalidade do equipamento, organizados em um banco de dados chamado *Management Information Base* (MIB) deste mesmo equipamento.

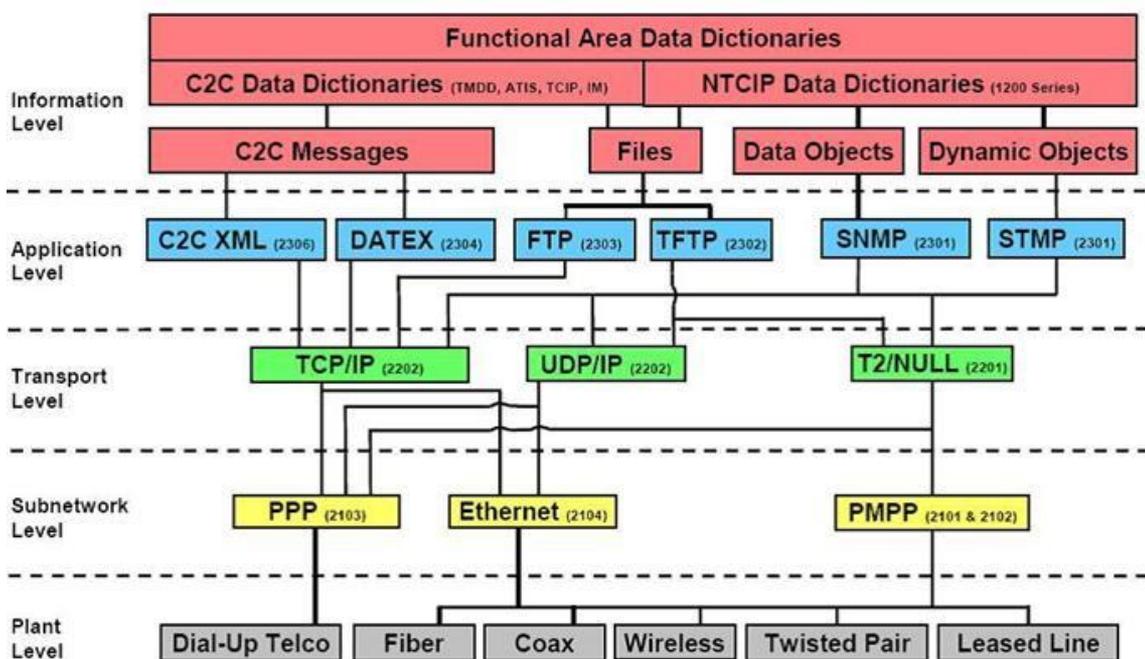


Figura 55 – Estrutura NTCIP

Para o caso dos PMVs há duas normas principais a serem obedecidas visando à plena compatibilidade com o padrão NTCIP. Uma delas, denominada de NTCIP 1201, trata da definição dos objetos globais (*Global Object Definitions*), enquanto que a outra, denominada de NTCIP 1203, trata da definição dos objetos específicos para o PMV (*Object Definitions for Dynamic Message Signs – DMS*). Ressalte-se, inclusive, que em ambas as normas há objetos obrigatórios (*mandatory*), que todos os dispositivos devem atender, e na norma NTCIP 1203 há objetos opcionais, que podem ser escolhidos de acordo com a necessidade de cada usuário. Cabe também ao usuário definir qual meio de comunicação e qual a rota através das diferentes camadas da estrutura de comunicação do NTCIP (Figura 55) pretende-se utilizar.

É importante salientar que a simples inserção em editais de aquisição de PMV, de frases como “...o PMV deverá ser totalmente compatível com o NTCIP...” ou similares, bem como aqueles que simplesmente listam os números das publicações do NTCIP, não fornecem informação suficiente para os licitantes acerca do tipo, escopo e funcionalidades que se deseja implementar e não definem ou garantem, em absoluto, o atendimento a tal exigência. Da mesma forma, uma exigência do tipo “... o PMV deverá atender a todos os objetos obrigatórios e

opcionais das Normas NTCIP ...” não faz sentido pois é impossível de ser atendida, uma vez que existem objetos mutuamente excludentes; deve-se optar ou por um ou por outro.

Assim, destaca-se que informações constantes de catálogos de fornecedores que afirmam que seu equipamento atende ao padrão NTCIP não são suficientes, pois não se sabe quais objetos foram implementados.

A forma correta de especificar e garantir o atendimento ao padrão NTCIP é definir, exatamente, as funcionalidades desejadas das Normas NTCIP 1201 (Objetos globais) e 1203 (Objetos específicos), conforme PRL – *Protocol Requirements List* (Lista de Funcionalidades da Norma NTCIP 1203), bem como definir a rota a ser seguida entre as diferentes camadas da estrutura de comunicação da Norma NTCIP 9001, e, efetivamente, avaliar o seu fornecimento/atendimento por meio de testes específicos de compatibilidade (testes de sistema e de campo), utilizando-se ferramentas ou sistema NTCIP disponíveis, conforme Norma NTCIP 9012.

Para comprovar a conformidade de um equipamento específico com a sua respectiva Norma NTCIP, o método mais comumente utilizado é pelo emprego de um software de teste desenvolvido para esta classe de equipamentos, compreendendo o MIB na sua versão mais recente e que exercita o equipamento conectado ao computador com o software de teste, conforme a funcionalidade descrita no MIB. O mercado internacional disponibiliza diversos fornecedores reconhecidos para este tipo de software de teste.

9. Comportamento do Motorista

Existem tantos aspectos envolvidos na escolha de um PMV que frequentemente se esquece de sua função primordial: reduzir os efeitos de um incidente. Mesmo que o sistema tenha sido bem planejado e bem operado, terá sido inútil se não cumprir sua função.

Os autores do projeto “*Romance*” – um sistema de informações que envolve uma rede de 43 PMVs em Southampton, Reino Unido, e depois expandido para outras cidades europeias como Colônia, Roterdã, Estrasburgo, Hamburgo, Gênova e Brandemburgo – da Universidade de Southampton, baseados em cerca de 300 entrevistas, chegaram a conclusões que podem ser assim resumidas:

- A locação do PMV em relação ao incidente e a possíveis rotas de dispersão é crucial;
- Os benefícios do PMV são distribuídos de forma desigual. Geralmente, aqueles motoristas que passariam pelo incidente se beneficiam, enquanto que aqueles que já estavam nas rotas de dispersão são prejudicados;
- Em Southampton, os objetivos foram otimizados tipicamente quando cerca de 30% do tráfego se dispersa em resposta ao PMV. Esse número depende de vários fatores externos e pode variar muito;
- O PMV gera benefícios para a rede somente para “janelas de congestionamento” limitadas. Em Southampton, um aumento na demanda de pico de cerca de 10% foi suficiente para anular a maioria dos benefícios do PMV;
- Rapidez na detecção de incidentes e implementação da mensagem é vital.

Foram desenvolvidas regras práticas de operação do PMV. Para locações mais sujeitas a incidentes, foram produzidos mapas que mostram o número de veículos passando pelo PMV e, conseqüentemente, possibilitou determinar qual PMV foi relevante para cada situação. Além disso, foi redigido um conjunto de mensagens compreensíveis padronizadas como resposta para cada cenário potencial de incidente. Isso define a **estratégia**.

O conjunto de mensagem de cada cenário foi programado no sistema de forma que o operador pudesse escolher a estratégia adequada com um único comando. A estratégia também inclui enviar informações para outros sistemas na Central de Operação. O papel do operador é extremamente importante, e ele deve ter treinamento suficiente para realizar um serviço eficiente e rápido. Além disso, o sistema operacional tem de ser tão confiável e amigável quanto possível.

9.1. Interpretação / Compreensão

Quando se implementa um sistema de PMVs, é preciso levar em conta que as mensagens serão lidas por pessoas com os mais diversos perfis sociais, culturais, intelectuais

etc. e sem familiaridade com a terminologia da engenharia de tráfego. Portanto, alguns cuidados deverão ser tomados para evitar problemas de interpretação.

Vários aspectos de compreensão deverão ser abordados:

- Interpretação do significado dos pictogramas;
- Interpretação da classificação dos sinais de trânsito;
- Interpretação da mensagem envolvendo várias técnicas de exibição;
- Interpretação das respostas esperadas;
- Compreensão das estratégias de controle do PMV;
- Aceitação dos PMVs.

9.1.1. Uso dos Pictogramas em PMVs

Uma questão ainda não definida é quanto ao uso de pictogramas exibidos em conjunto ou em substituição ao texto escrito. Na Europa existe uma tendência à utilização de pictogramas devido à grande integração e à diversidade de idiomas, o que torna difícil para estrangeiros a compreensão de textos escritos. Para Estados Unidos e Brasil, onde existe um idioma predominante, a preferência é para textos escritos, porém, os pictogramas poderão ser usados como informação complementar.

Estudo realizado, no período de 1996 a 1998, entre cerca de 800 motoristas no Reino Unido, Finlândia, França, Alemanha, Grécia e Holanda (projeto TROPIC – **TR**affic **OP**timisation by the **I**ntegration of **I**nformation and **C**ontrol, Finlândia) procurou investigar sua reação quanto a alguns tipos de pictogramas.

É importante destacar que, no Brasil, os sinais de trânsito exibidos na forma de pictogramas em PMVs estão sujeitos às normas do Código de Trânsito Brasileiro - CTB.



Figura 56 – Alerta de neblina – Segundo o estudo, este pictograma pode ser utilizado desde que acompanhado de texto complementar e após campanhas informativas.



Figura 57 – Alerta de acidente – Este foi o pictograma mais indicado para informar acidente na pista.



Figura 58 – Congestionamento – A ilustração da esquerda foi a mais indicada, porém, a ilustração da direita é mais adequada para painéis com resolução mais baixa.



Figura 59 – Pista Escorregadia – Esta ilustração foi bem compreendida pelos entrevistados.

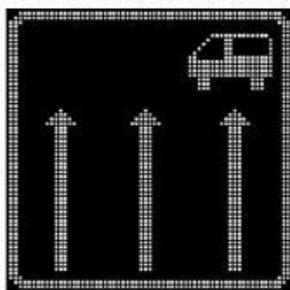


Figura 60 – Faixa exclusiva para ônibus – Nenhum dos pictogramas testados foi bem compreendido, porém, o exemplo da ilustração poderia ser utilizado desde que o desenho fosse aperfeiçoado

9.1.2. Interpretação da Classificação dos Sinais de Trânsito

Segundo o CTB, os sinais de trânsito se classificam em: 1. Verticais; 2. Horizontais; 3. Dispositivos de sinalização auxiliar; 4. Luminosos; 5. Sonoros e; 6. Gestos do agente de trânsito e do condutor.

Os PMVs estão inseridos no item 3 – Dispositivos de sinalização auxiliar e, de acordo com sua função, no grupo denominado de “Painéis Eletrônicos”. Estes, segundo o CTB, são dispositivos eletrônicos dispostos verticalmente à via que fornecem informações diversas ao motorista e ao passageiro, que se referem principalmente à:

- Advertência de situação inesperada à frente, tais como obras na pista, interdição parcial da via, desvios, entre outros;
- Mensagens educativas ao comportamento dos usuários da via, tais como “motociclista use capacete”, “use o cinto de segurança”, entre outros;
- Placas de regulamentação de velocidade em função do volume de veículos ou de situações perigosas à frente;
- Mensagens sobre pátios públicos de estacionamento tais como “Estacionamento Central lotado, utilize o Estacionamento da Lapa”;
- Mensagens sobre volume das vias principais orientando o trânsito para a utilização de vias alternativas.

Considerando que os sinais mostrados no PMV podem ser de regulamentação, advertência ou indicação, a finalidade da sinalização dependerá do formato utilizado. Assim, por exemplo, se a exibição do valor da velocidade tem caráter de restrição obrigatória, deve-se usar o símbolo R19 do Regulamento do CTB. Caso contrário, a mensagem será interpretada como apenas uma informação.

9.1.3. Interpretação da Mensagem Envolvendo Várias Técnicas de Exibição

No estudo realizado pelo projeto TROPIC, foi testada a reação a quatro tipos de mensagens: pista escorregadia, neblina, congestionamento e “mantenha distância”. Os três primeiros tipos eram pictogramas e o último era texto.

A interpretação de técnicas adicionais variou muito. O acréscimo de focos amarelos ou mensagens piscantes resultou em um número aproximadamente igual de pessoas que presumiram ser um aviso mais enfático e os que não viram nenhum significado especial. Porém, a mensagem piscante pode, teoricamente, distrair o motorista.

9.1.4. Interpretação das Respostas Esperadas

Um princípio geral que deve ser seguido no projeto de um PMV é que a mensagem deve ser precisa e não ambígua, assim como ser direta sobre o que o motorista deve fazer.

Existem algumas situações que são reconhecidamente problemáticas. Por exemplo, a autoridade de tráfego quis informar sobre “ventos fortes”. Os resultados, entretanto, mostraram que 15% dos motoristas que se lembraram da mensagem não souberam informar o que se esperava que fizessem em resposta.

9.1.5. Compreensão das Estratégias de Controle do PMV

O segundo estudo do projeto TROPIC (realizado no Reino Unido, Finlândia e Itália), investigou como os motoristas compreendiam os fatores que influenciam o controle do PMV (volume de tráfego, incidentes etc.). O que se concluiu do estudo é que o sistema com PMV será mais eficiente se o motorista conhecer os fatores de controle para o PMV. Por exemplo, um aviso de pista escorregadia é muito mais aceitável se o motorista tiver conhecimento de que a informação foi obtida por meio de sensores no local, ao invés de ser um alerta geral como resultado de uma previsão do serviço meteorológico.

9.1.6. Aceitação dos PMVs

A compreensão do PMV não garante sua aceitação. De maneira geral, vários estudos realizados em muitos países europeus mostraram que os PMVs foram considerados úteis e muito bem aceitos. Isso sugere que os motoristas estão motivados a obter informações fornecidas pelos PMVs.

9.2. Reação / Resposta

Um total de 20.000 questionários foi distribuído pela população residente em torno de Southampton, a fim de se medir os resultados obtidos pelo projeto “Romanse”. O principal alvo desses estudos iniciais era separar os indivíduos que se dirigem regularmente à cidade daqueles que a visitam com menos frequência. Foram recebidas 4.745 respostas, das quais 2.122 (45%) forneceram endereço e expressaram desejo de participar de futuras pesquisas.

Aproximadamente metade dessas pessoas recebeu um questionário diário de viagem, o qual deveria ser preenchido durante uma semana. Trezentos e sessenta e seis questionários foram respondidos, o que permitiu obter os seguintes dados:

- A parcela diária de pessoas que se dirigem a Southampton é de 70% a 80%;
- Aproximadamente 20% a 25% dessas pessoas recebem regularmente alguma informação antecipada (geralmente rádio) relevante para sua rota;
- A parcela que considerou os painéis legíveis foi, em média, 96% a 100%. (O principal fator que prejudicou a leitura foi a obstrução por passagem de veículos).
- Tipicamente, 97% a 100% das pessoas entenderam a mensagem e de 50% a 75% acharam a mensagem útil;
- Tipicamente, 46% a 49% receberam fonte adicional de informação de tráfego durante o trajeto; a principal foi o rádio.

Este resultado mostra que a informação do PMV é compreensível para a grande maioria das pessoas e que existe um desejo geral do público por informações de viagem.

Considerando-se o grupo pesquisado, percebe-se que uma porcentagem muito pequena desvia-se para uma rota alternativa por causa da mensagem exibida. Entretanto, na maior parte

do tempo não ocorreram incidentes e, portanto, não havia nada importante para informar. Nesses casos não havia razão para mudar o trajeto.

A figura a seguir resume as opiniões dos pesquisados, em momentos em que houve algum incidente importante:

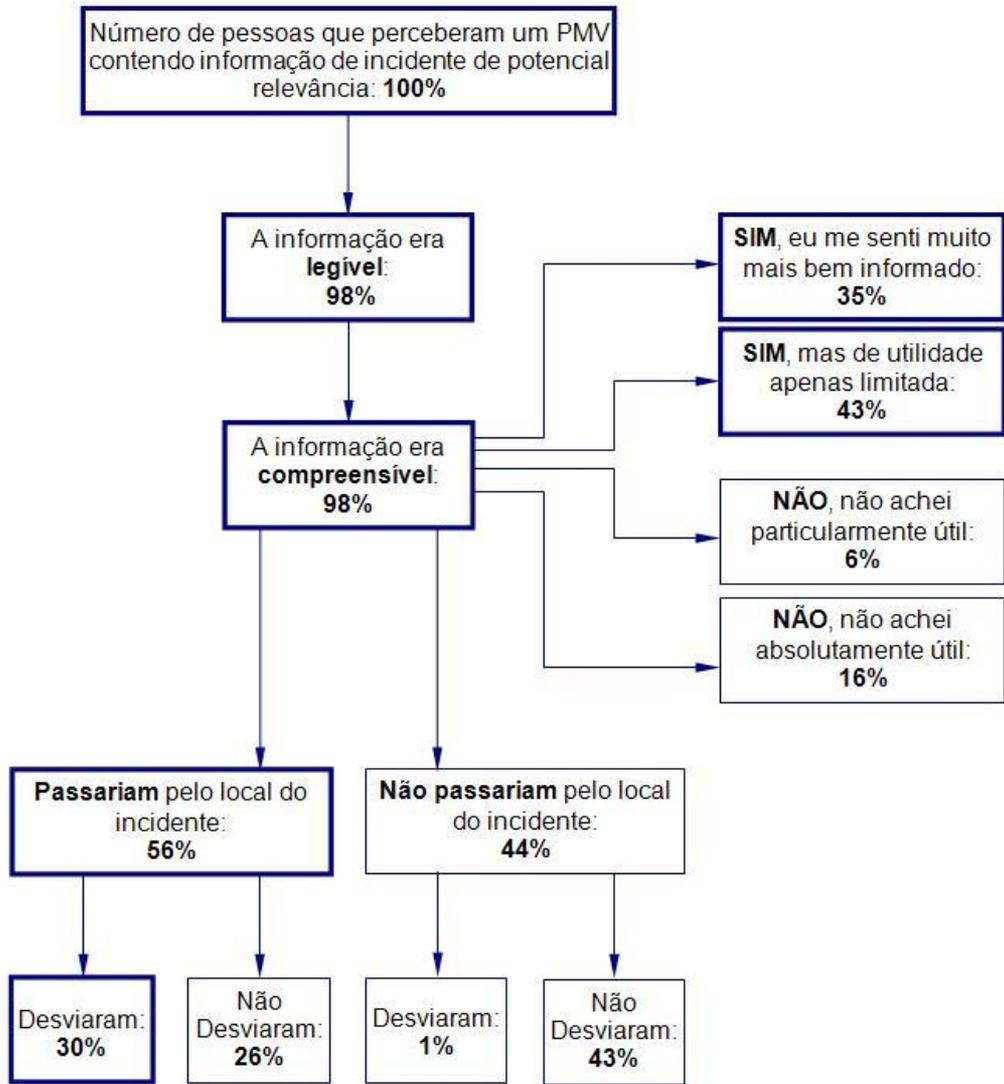


Figura 61 – Pesquisa qualitativa realizada pela Universidade de Southampton

De acordo com o estudo mostrado anteriormente, 78% dos motoristas reconheceram a utilidade do painel, mesmo que muitos deles não tenham sido particularmente beneficiados por ele, já que apenas pouco mais da metade passariam pelo local afetado. Na média, 53% dos motoristas que passariam pelo local do incidente decidiram mudar sua rota em função do alerta informado. Esse número varia de 1/3 a todos os motoristas, dependendo da posição relativa do painel ao incidente e a saída disponível.

Estudos detalhados realizados em Toulouse, França e Londres chegaram a resultados bastante parecidos:

Tabela 10: Comparação entre os Projetos “Cleopatra” (Londres), “Romance” (Southampton) e Toulouse

Questões	Respostas	Londres	South.	Toulouse
A informação estava legível?	Sim	93,7%	97,5%	97%
	Não	6,3%	2,5%	3%
Por que não?	Letras muito pequenas	25,0%		
	Letras pouco brilhantes	25,0%		
	Painel obstruído	0%	a maioria	
	Não deu tempo de ler	50,0%		
A mensagem estava compreensível?	Sim	93,7%	97,5%	96%
	Não	6,3%	2,5%	4%
Por que não?	A informação era confusa	0		
	Não entendi as abreviações	0		
	Não conheço o local mencionado	33,3%		
	Outras razões	66,7%		
A informação foi útil?	Sim, eu me senti muito bem informado	31,7 %	35%	30%
	Sim, mas de utilidade limitada	42,9 %	46%	47%
	Não foi particularmente útil	14,3 %	6%	11%
	Não, foi totalmente inútil	11,1 %	16%	12%
Mudou o itinerário devido à mensagem?	Sim	8,8 %	31%	42%
	Não	91,2 %	69%	58%

Fontes: Londres: Universidade de Leeds - Southampton: Universidade de Southampton - Toulouse: ONERA

O mais surpreendente no estudo de Londres é o pequeno número de motoristas que mudaram de itinerário (8,8%) comparado com os 27% que disseram estar dispostos a mudar o itinerário em uma situação hipotética. Isso pode ser explicado por muitas razões: Primeiro, a localização do PMV em relação ao problema determina o número de alternativas viáveis de desvio e, no caso de Londres, muitas das vias de escape estavam fechadas ao tráfego por se tratar de área residencial. Em segundo lugar, o ponto de destino do viajante determina se o desvio vale a pena.

Por último, a pesquisa foi realizada fora do horário de pico, o que fez com que a perspectiva de passar pelo local do problema não parecesse tão ruim.

Portanto, existem vários motivos para o motorista não mudar sua rota mesmo sabendo que há um incidente à frente:

- O incidente pode ter ocorrido fora do horário de pico, o que significa que não causará grandes transtornos e, portanto, vale a pena seguir em frente;
- O motorista acha que não vale a pena fazer um percurso mais longo;
- O motorista não sabe onde fica a via mencionada;
- O motorista não está familiarizado com as rotas alternativas e não quer correr o risco de perder-se;
- O motorista não confia na informação do painel.

Em um questionário mais abrangente, 30% dos frequentadores de Southampton e 20% dos viajantes não habituais declararam ter alterado sua rota alguma vez, devido ao PMV. É natural que viajantes não habituais sejam menos susceptíveis às mensagens do painel, pois estão pouco familiarizados com as rotas alternativas.

Também foi perguntado que tipo de mensagem deveria ser exibida na ausência de incidentes relevantes. Eis o resultado:

Tabela 11: Qual a melhor mensagem em situação de normalidade?

Sem Problemas	65%
Em branco (apagado)	8%
Limite de velocidade	7%
Data e hora	6%
Temperatura	5%
Nome da via	2%

Fonte: Universidade de Southampton

Conclui-se que a maioria absoluta prefere a informação “Sem problemas”. Um painel em branco (apagado) pode induzir o motorista a achar que o PMV não está funcionando. É importante salientar que o inverno e a pontualidade britânicos são rigorosos, por isso o destaque dado às informações de temperatura e hora. Os pesquisadores não incluíram a alternativa de mensagens educativas.

Estudo realizado em Tóquio apresentou resultados um pouco diferentes do que os de Londres, Southampton e Toulouse. Lá, enquanto 95% dos motoristas perceberam a existência dos PMVs, apenas 70% compreenderam seu significado. Isso se deve ao fato de que no Japão é dada ênfase a painéis contendo mapas de rotas e congestionamentos. Este tipo de painel, além de mais difícil de ler e compreender com o veículo em movimento, é um risco potencial para a segurança no trânsito, pois é um fator de distração do motorista. Apesar disso, 85% dos motoristas entrevistados declararam ter achado o painel útil; uma parcela bem superior à do estudo britânico.



Figura 62 - Exemplo de PMV gráfico implantado em Tóquio. As áreas amarelas representam lentidão e as vermelhas representam congestionamento

Outra pesquisa, realizada pelo Departamento de Transportes de Illinois, EUA, analisou os impactos de unidades de PMVs móveis no comportamento de motoristas que passam por um trecho em obras. A pesquisa revelou o seguinte:

- A capacidade dos motoristas em perceber o PMV parece ser afetada pelo efeito conjunto da familiaridade com o trecho em obras e a hora do dia (entre 16h00 e 19h00);
- Entre motoristas profissionais, aqueles abaixo de 40 anos e acima de 60 estão mais propensos a perceber o painel;
- A capacidade do motorista em perceber o PMV não parece ser afetada pelo efeito de fatores isolados, como hora do dia, conteúdo da mensagem, sexo, idade, tipo de veículo, dia da semana e condições do tempo;
- Os motoristas acharam a informação adequada, que o tamanho da fonte (18 polegadas) era suficientemente grande, que a duração da mensagem (2 segundos) estava boa e que a localização do painel (4 km antes da obra) estava razoável;
- Os motoristas lembraram-se com mais facilidade das mensagens que continham frases de ação;
- Os motoristas lembraram-se melhor (quase 2 vezes mais facilmente) das partes da mensagem que lhes foram úteis ao se aproximar da obra;
- A capacidade dos motoristas em lembrar ou esperar uma mensagem de “problema” ou de “ação” não parece variar com a idade.

Estudo realizado em Xangai, China, procurou estabelecer o comportamento do motorista em relação ao local do incidente, rotas alternativas e tempos de atraso estimados e informados pelo PMV.

Em determinado corredor (figura abaixo), o motorista era informado do tempo previsto de atraso decorrente de um incidente e possuía quatro alternativas de fuga.

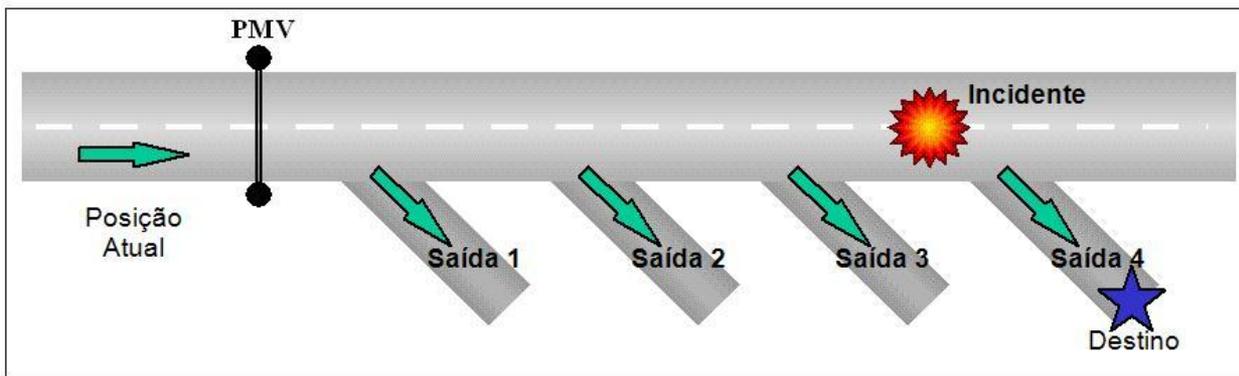
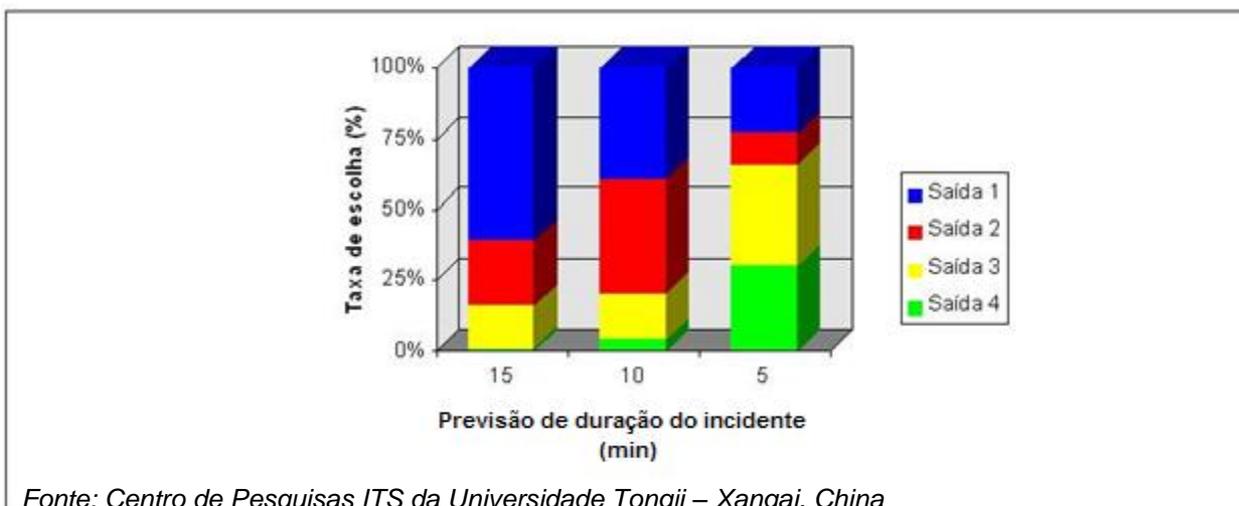


Figura 63 - Cenário do teste de escolha de saídas

Quando o motorista é informado apenas do local do incidente, a tendência é permanecer na via o maior tempo possível. No entanto, como se percebe pelo gráfico acima, quando o motorista recebe a informação da duração do incidente, ele tende a procurar a saída tanto mais próxima quanto mais sério é o incidente, o que melhora a distribuição dos veículos pela rede. Isso mostra a importância da escolha correta do local do PMV e da precisão no prognóstico de tempo de atraso.



Fonte: Centro de Pesquisas ITS da Universidade Tongji – Xangai, China

Figura 64 - Taxa de escolha de saída x diferentes previsões de duração do incidente

Este capítulo traz estudos internacionais nos quais as conclusões são válidas para aquelas populações e não podem ser generalizadas a priori. Para o caso do Brasil seria necessário que fossem realizados estudos semelhantes para determinar as características do perfil e de comportamento dos usuários no país.

10. Consequências para o Tráfego

A premissa básica de um sistema de Painéis de Mensagens Variáveis é que a informação deva ser transmitida ao usuário de forma que ele possa reagir à informação recebida.

Para atingir os seus objetivos, o sistema de PMV pressupõe a existência de uma infraestrutura de coleta de dados de tráfego *on line* (sistema de detecção; conforme definido no item 3.1), sem a qual os painéis serão totalmente inócuos.

Sob este prisma, sempre que possível, a instalação de um sistema de PMV deve estar associada a uma instalação de campo contendo detectores que fornecerão informações ao sistema de PMV. Para este caso, um fator importante a ser considerado é o espaçamento entre os referidos detectores. Assim, num modelo simplificado, de uma via homogênea, com volume igual e mesma probabilidade de formação de congestionamento em qualquer ponto da via, se a fila de congestionamento tiver uma velocidade V , e D é a distância entre o ponto do início do congestionamento e o ponto de detecção, o tempo para a detecção do congestionamento T_d será de:

$$T_d = D / V$$

Considere a figura abaixo, onde D_d é a distância entre dois pontos de detecção:

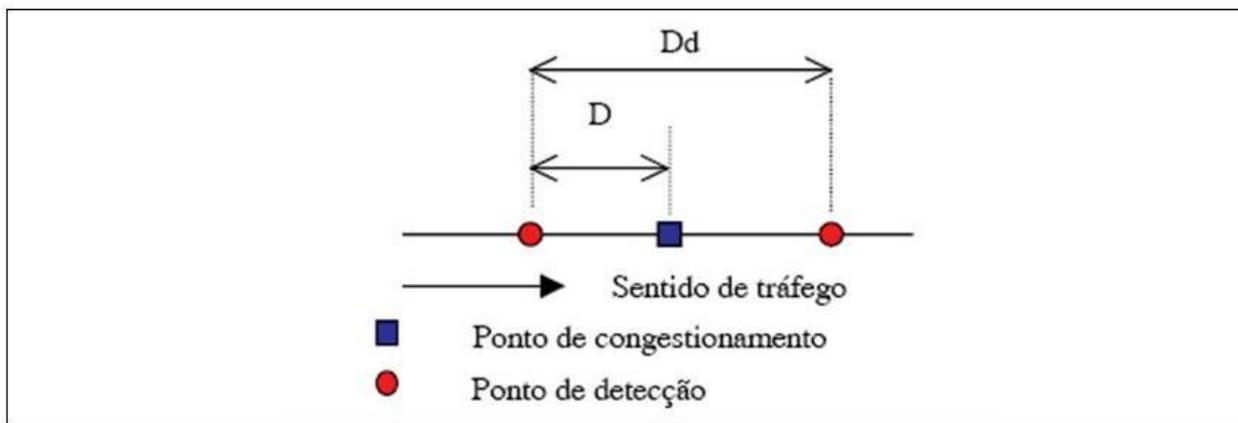


Figura 65 - Esquema para 2 pontos de detecção

Como D varia desde zero até a distância entre detectores (D_d), o tempo médio para a percepção do congestionamento é:

$$T_{d \text{ médio}} = D_d / 2V$$

Dessa forma, o tempo médio de detecção é diretamente proporcional à distância entre os pontos de detecção. Quanto mais detectores, menor será o tempo de detecção.

Sendo V função do volume de tráfego e da capacidade normal da via e do ponto de estrangulamento, temos que, normalmente, V varia desde zero até 18 km/h. Considerando-se que $V < 18$, tem-se:

$$D_d < 36 T_d \text{ médio}$$

Assim, por exemplo, se estipularmos um tempo médio de detecção de 5 minutos (0,083h), o espaçamento entre detectores deve ser menor que 3 km.

Ressaltamos a importância da credibilidade de todo o sistema junto aos usuários, o que demanda sua manutenção adequada e permanente (painéis + sistema de detecção), a fim de possibilitar a divulgação de informações de forma contínua e confiável.

Outro aspecto relevante do uso de PMVs, com consequência direta sobre o tráfego, refere-se à orientação de rotas alternativas aos usuários do sistema viário uma vez que essa prática tende na direção do **equilíbrio do sistema formado pela rota principal e pelas rotas alternativas**, o que traz um benefício direto a todo o sistema, por meio da redução do tempo de viagem geral. Obviamente, este benefício é tanto maior quanto maior for o desequilíbrio do sistema composto pela rota principal e rotas alternativas.

A seguir, exemplificamos a afirmação acima por meio de uma simulação em relação à demanda de passageiros em ônibus: Consideremos dois ônibus iguais com mesmo destino, estando um com 90 passageiros e o outro com 110 passageiros. Se quisermos equilibrar a demanda tirando 10 passageiros do 2º ônibus e passando-os ao 1º ônibus, de maneira que ambos fiquem com 100 passageiros, estaríamos, em tese, “beneficiando” 110 passageiros do 2º ônibus e “prejudicando” 90 passageiros do 1º ônibus. Assim, teríamos:

Ganho: 110 passageiros passam do “desconforto” de uma ocupação de 110 para uma ocupação de 100 pessoas (equilíbrio entre as duas ocupações) no mesmo espaço; ou em números: $110 \times [110 - (110+90)/2]$;

Perda: 90 pessoas passam do “conforto” de uma ocupação de 90 para uma ocupação de 100 pessoas (equilíbrio entre as duas ocupações) no mesmo espaço; ou em números: $90 \times [(110+90)/2 - 90]$;

Benefício líquido: Diferença entre o Ganho e a Perda; ou em números:

$$110 \times (110 - 100) - 90 \times (100 - 90) = 200 \text{ passageiros} \times \text{ocupação}$$

Na verdade, é possível demonstrar de maneira muito clara que este benefício trazido pelo equilíbrio do sistema é diretamente proporcional ao quadrado do desequilíbrio.

Utilizando-se do mesmo exemplo acima, porém em termos genéricos, se Q_1 e Q_2 é a ocupação de cada um dos ônibus; então o ganho, a perda e o benefício líquido ao estabelecermos o equilíbrio do sistema seriam:

$$\text{Ganho: } Q_1 \times [Q_1 - (Q_1 + Q_2)/2] = Q_1 \times (2Q_1 - Q_1 - Q_2)/2 = Q_1 \times (Q_1 - Q_2)/2$$

$$\text{Perda: } Q_2 \times [(Q_1 + Q_2)/2 - Q_2] = Q_2 \times (Q_1 + Q_2 - 2Q_2)/2 = Q_2 \times (Q_1 - Q_2)/2$$

$$\text{Benefício líquido: } Q_1 \times (Q_1 - Q_2)/2 - Q_2 \times (Q_1 - Q_2)/2 =$$

$$(Q_1^2 - Q_1Q_2)/2 - (Q_1Q_2 - Q_2^2)/2 =$$

$$(Q_1^2 - Q_1Q_2 - Q_1Q_2 + Q_2^2)/2 =$$

$$(Q_1^2 - 2Q_1Q_2 + Q_2^2)/2 =$$

$$\boxed{(Q_1 - Q_2)^2 / 2}$$

Uma grande dificuldade para se medir a eficiência do PMV é isolar o seu efeito dos inúmeros fatores que influenciam o tráfego. Somente um estudo sistemático de longo prazo e com uma grande amostragem poderá levar a um resultado razoavelmente confiável. Além disso, não basta analisar a via onde se encontra o PMV isoladamente, já que esta faz parte de uma rede viária complexa. Um veículo desviado da via principal não irá simplesmente “desaparecer”, mas passará a ocupar espaço nas vias alternativas, que também poderão ficar saturadas.

10.1. Efeito Global

No estudo realizado pela Universidade de Southampton, foram cruzados os dados de cerca de 600 laços detectores de mais de 100 interseções semaforizadas pelo sistema SCOOT¹ com o banco de dados de mensagens exibidas nos PMVs.

Foi escolhido para a análise um dia em que ocorreram dois incidentes em dois locais diferentes, para os quais os motoristas foram devidamente alertados. Os dados de volume obtidos pelos laços foram comparados com os dados dos mesmos locais em dias normais.

O primeiro incidente ocorreu entre 8h53 e 9h05.

O segundo incidente ocorreu entre 16h55 e 17h55.

Aplicou-se, então, o modelo RGCONTRAM (*Route Guidance CONTRAM*, modelo baseado no *CONTRAM – CONTinuous TRaffic Assignment Model* – desenvolvido pela Universidade de Southampton em 1989) para simular os efeitos do PMV a fim de obter os valores quantitativos estimados de seus benefícios.

Como pode ser notado, a proporção ótima de motoristas “relevantes” (isto é, motoristas que passam pelo PMV e que normalmente passariam pelo local do incidente) que se dispersam no cenário 1 é de 40% e de 80% no cenário 2. A grande diferença entre os dois cenários se deve à maior duração do incidente no caso 2 e a possibilidade de 2 rotas de dispersão. Proporção “ótima” significa que se atingiu o equilíbrio entre o volume de tráfego da via principal e da rede viária local. Isto é, se mais de 40% do tráfego do cenário 1 for desviado para as rotas

¹ SCOOT – “Split Cycle Offset Optimization Technique” é um sistema de controle semafórico em tempo real.

secundárias os prejuízos globais causados à rede superarão os benefícios isolados da via principal, o que mostra que não basta simplesmente desviar todo o tráfego do local do incidente quando a via não estiver totalmente interdita. Essa abordagem já foi efetuada acima, com a simulação da demanda de passageiros em dois ônibus, quando se discutiu que a utilização de rotas alternativas pelos usuários tende na direção do equilíbrio do sistema formado pelas rotas principal e alternativas e que o benefício alcançado é tanto maior quanto maior for o desequilíbrio no sistema.

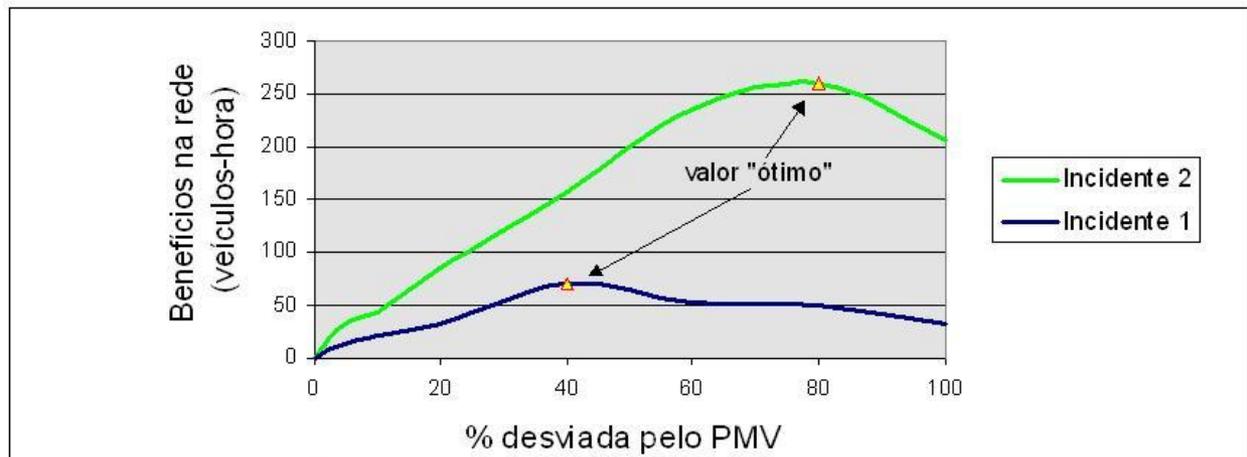


Figura 66 - Variação dos benefícios na rede x proporção de motoristas desviados

De posse do valor da proporção ótima, é possível até se pensar em deixar de informar ao motorista sobre o incidente toda vez que o valor for ultrapassado, desde que o incidente não envolva risco à sua segurança.

De acordo com o mesmo modelo, no caso 1 houve uma redução de 38% no tempo de atraso causado pelo incidente, e 85% no caso 2.

10.2. Efeito Local

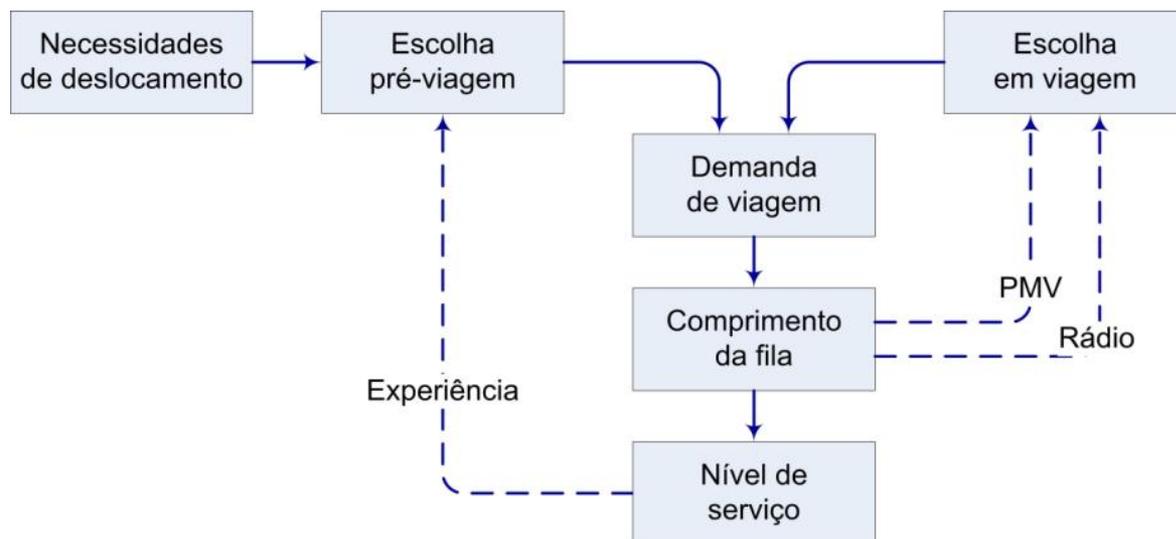
Durante o verão de 1997, sete novos PMVs entraram em operação nas avenidas em torno de Amsterdã, Holanda. Parte da avaliação desses novos PMVs integrou o projeto DACCORD. Os novos painéis foram acrescentados a um sistema já existente chamado RIA (*Route Information Amsterdam*) e exibiam o comprimento das filas adiante. Esse estudo enfoca o impacto dos novos painéis no tempo médio de viagem e sua variabilidade nos corredores selecionados na área de Amsterdã.

A principal característica de operação de PMVs na Holanda é que eles sempre exibem os comprimentos de filas em pares de rotas alternativas. Em geral, os painéis são locados imediatamente antes de um entroncamento onde os motoristas têm de decidir entre as duas alternativas. Note-se que apenas uma pequena parte dos motoristas pode efetuar uma escolha real dependendo do seu destino.

A presença dos PMVs influencia o tráfego de várias formas. Para a maioria dos motoristas que recebem informações sobre a condição do tráfego adiante, mudar de rota não é uma opção realista. Apesar disso, para este grupo de aprisionados, supõe-se que ser alertado sobre as condições de tráfego aumenta o conforto e diminui o estresse do trânsito.

Por outro lado, aqueles motoristas cuja mudança de rota é uma alternativa viável recebem a informação sobre qual rota possui o menor tempo de viagem estimado. Isso leva, presumivelmente, a três efeitos:

- O *efeito direto* é que os indivíduos são ajudados a escolher a melhor rota, o que reduz o custo subjetivo da viagem, mesmo que as condições de tráfego continuem as mesmas.
- O PMV fecha um laço de retroalimentação do comprimento da fila para a escolha da rota. Quanto maior o nível de congestionamento, mais tráfego é desviado para as rotas alternativas. Como resultado, isso evita picos nos tempos de viagem e a ocorrência de filas torna-se mais previsível (no sentido de ter menor variação).
- A capacidade disponível da rede viária será usada de forma mais eficiente. Esse efeito é chamado de *sincronização oferta-demanda*.



Fonte: Universidade de Tecnologia de Delft, Holanda.

Figura 67 - As linhas tracejadas indicam a retroalimentação para as decisões antes e durante a viagem.

As mudanças no tráfego também podem levar a efeitos indiretos devido a respostas comportamentais de longo prazo, como seleção de outros destinos ou horários de partida. Esse efeito é chamado de *equilíbrio*.

Uma maneira direta de se medir os efeitos de uma medida é comparar os efeitos **antes** e **depois** de sua implantação. No caso mencionado acima os efeitos direto e de equilíbrio serão analisados simultaneamente, junto com as influências sazonais e de tendência. Para compensar estas influências foram utilizados corredores de controle que sofreriam os mesmos efeitos sazonais. Infelizmente, este tipo de abordagem raramente leva a conclusões claras quanto ao efeito de uma medida específica. Isso acontece porque geralmente o critério de desempenho utilizado para julgar o efeito da medida varia muito devido a fatores externos. Somente uma longa série de observações poderia amenizar esses efeitos.

Para a avaliação dos novos PMVs de Amsterdã foram coletados dados antes e depois da implantação. Os dados foram usados para estimar o tempo de viagem em 6 rotas não-entrelaçadas. Quatro delas são diretamente afetadas pelos novos PMVs. As duas últimas foram usadas como corredores de controle.

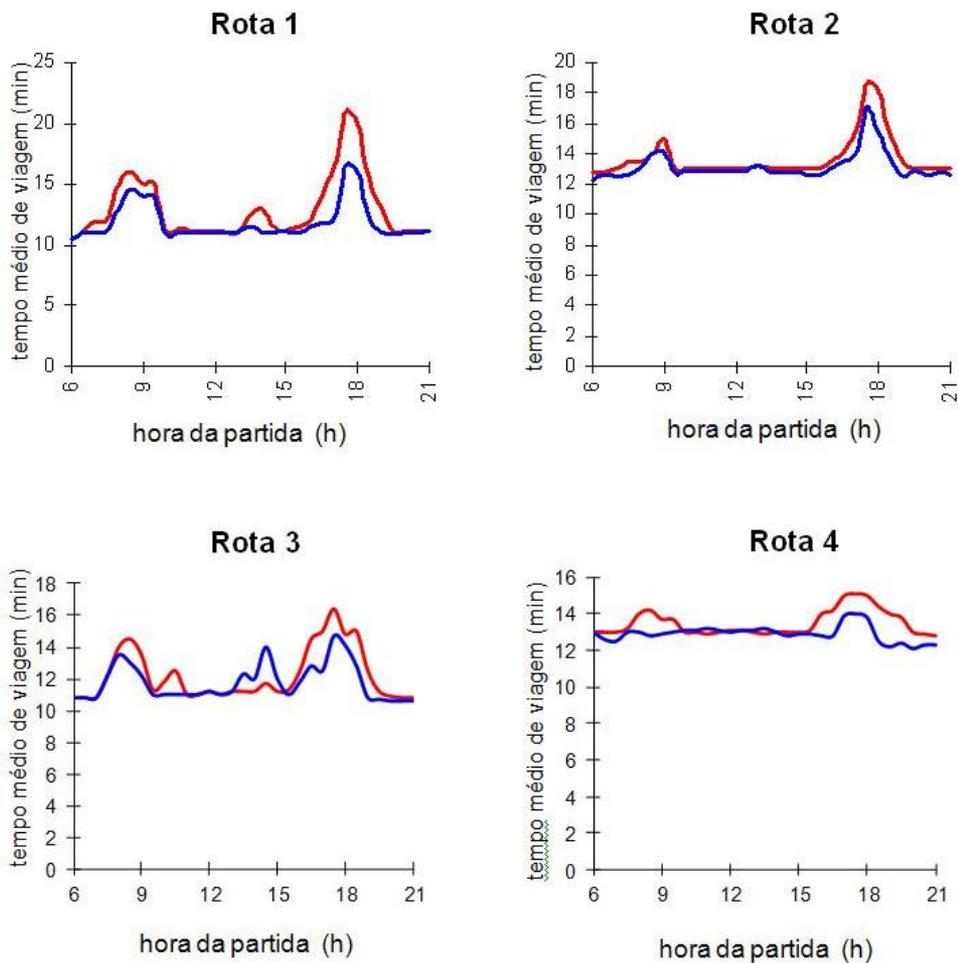


Figura 68 - Tempo médio de viagem em função da hora, antes e depois da instalação dos novos PMVs. Os dois gráficos inferiores são corredores de referência sem PMVs.

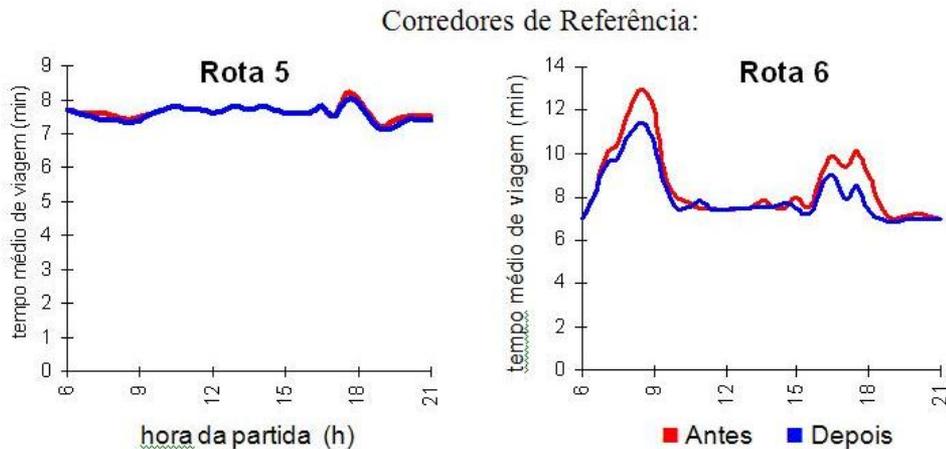


Figura 69 - Tempo médio de viagem em função da hora, antes e depois da instalação dos novos PMVs. Os dois gráficos inferiores são corredores de referência sem PMVs (continuação).

Os gráficos mostram claramente uma redução no tempo médio de viagem depois da ampliação do sistema de PMVs nas quatro rotas que são diretamente afetadas pelos painéis. Também um dos corredores de referência (Rota 6) mostra uma diminuição no tempo médio de viagem. A redução do congestionamento da Rota 6 pode ter sido reflexo da redução dos congestionamentos em parte da rede afetada pelos PMVs.

Um problema com essa análise é que a demanda de viagens antes e depois da ampliação do sistema não foi a mesma. De maneira geral, a demanda durante o estudo “depois” foi maior que no estudo “antes” porque este coincidiu, em parte, com um período de feriados.

Novamente, este capítulo traz estudos internacionais nos quais as conclusões são válidas para aquelas populações e não podem ser generalizadas a priori. Para o caso do Brasil seria necessário que fossem realizados estudos semelhantes para determinar as características do perfil e de comportamento dos usuários no país.

11. Perspectivas Futuras do Sistema PMV

Com o desenvolvimento do ITS (*Intelligent Transportation System*), a tendência é de informação e orientação individualizada a cada veículo, por meio de sistemas de navegação a bordo (tecnologia embarcada), na qual o computador de bordo escolherá o melhor caminho. Entretanto, a infraestrutura de coleta de dados de tráfego *on line* continua indispensável (para alimentar o sistema de navegação a bordo), evoluindo para o conceito de veículo e via inteligentes e permitindo a interação direta entre a via e o veículo. Neste novo cenário, apesar do uso crescente da tecnologia embarcada, os painéis continuarão desempenhando o seu papel complementar na informação para o usuário.

12. O PMV na Cidade de São Paulo

Em São Paulo, até recentemente, a implantação de PMVs era decorrente de obras viárias e de investimentos provenientes de Polos Geradores de Tráfego². A partir de 2012, foram introduzidos novos PMVs adquiridos diretamente pela CET.

Em setembro de 2014, a Cidade de São Paulo contava com 70 PMVs, sendo 34 ao longo das Marginais Tietê e Pinheiros, 24 em túneis e os 12 restantes em corredores de tráfego em várias regiões da cidade.

Esses PMVs foram adquiridos ao longo do tempo de diferentes fornecedores, cada um com sistema de controle central próprio, não integrados entre si, dificultando a operação e a gestão dos equipamentos instalados.

A comunicação dos PMVs com o seu respectivo sistema central é feita por meio de GPRS-General Packet Radio Service, serviço de transferência de dados por pacotes utilizando a estrutura da rede de telefonia celular, sendo que a grande maioria desses PMVs é conectada a um sistema remoto de propriedade da empresa fornecedora dos PMVs, hospedado na “nuvem”, sendo a operação realizada pela CET por meio de um servidor cliente.

A partir de 2014, através da Portaria SMT 002/14, definiu-se a padronização do protocolo de comunicação para os PMVs, na Cidade de São Paulo, como sendo o NTCIP. Paralelamente à padronização do protocolo estabeleceu-se uma especificação técnica definindo as funcionalidades requeridas para os novos sistemas, bem como as características técnicas mínimas a serem atendidas pelos PMVs. Estas exigências irão possibilitar a intercambiabilidade entre equipamentos de diferentes fornecedores, eliminando os problemas decorrentes de sistemas proprietários.

Atualmente, a CET está realizando, de forma pioneira, testes de conformidade de PMVs com o protocolo NTCIP. Os testes estão sendo realizados em dois painéis, implantados na área da Arena São Paulo por ocasião da Copa de 2014, com o emprego do software de teste do protocolo NTCIP disponível no mercado (NTester), e visam comprovar o atendimento ao PRL³ (*Profile Requirements List*) previamente definido pela CET.

Com base nos procedimentos dos testes de conformidade de PMVs com o protocolo NTCIP, bem como nos conceitos teóricos e na experiência de outros países, apresentados neste Boletim, espera-se que este trabalho possa servir como instrumento de referência para subsidiar a CET na melhoria dos procedimentos e critérios para a definição, dimensionamento, locação e operação dos PMVs a serem adquiridos a partir de agora.

² São empreendimentos de médio e grande porte cuja instalação geram impacto no trânsito da região de influência e que, por lei municipal, são obrigados a implementar medidas que reduzam esse impacto.

³ PRL: em português, Perfil da Lista de Requisitos. Características técnicas e funcionais exigidas para o PMV, definidas através de uma lista que se encontra na Norma NTCIP 1203.

Referências

- Guidelines on the use of changeable message signs - Summary report / Conrad L. Dudek / Dudek & Associates / Bryan, Texas, EUA - 05/91
- California Department of Transportation, Entrevista de C. Villanueva a C.L. Dudek. / EUA - 01/89
- Human factors design of dynamic visual and auditory displays for metropolitan traffic management/ C.L. Dudek, R.D.Huchingson, R.D. Williams e R.J. Koppa - Texas Transportation Institute, EUA - 01/81
- Investigation of the legibility of dot-matrix signs by simulation on a video screen / M. Mazoyer e M. Colomb - França 1987
- Legibility of Variable Messages Signs / M. Colomb e R. Hubert - França - 01/90
- Matrix signs for motorways: System design and optimum light intensity / P. Padmos, T.D.J. van den Brink, W.A.M. Alferdink e E. Folles - Holanda - 09/87
- Signing visibility: User's needs and available technologies - Revue generales des routes et aerodromes / M. Bry e M. Colomb - França - 12/88
- Technology evaluation for changeable message signs - Ministério de Transportes de Ontário / McCormick Rankin Consulting Engineers - Ontário, Canadá - 05/89
- Soliton Eletrônica Ltda. - Divulgação
- ITS Technologies & Preliminary Implementation Plan for SIMO - Hagler Bailly & PB Farradine / EUA - 08/99
- VMS Strategy development and evaluating driver response/ A. Richards, M. McDonald, R. Redfern e R. Morris / Universidade de Southhampton - Reino Unido - 1999
- CONTRAM - Structure of the model / D.R. Leonard e N.B. Taylor - 1989
- Comprehension of VMS in Europe / Pirkko Rämä e Juha Luoma / VTT Communities end infrastructure / Finlândia 06/99
- Portable Changeable message signs in highway work zones: impacts on motorists' behavior, warrants and criteria for deployment / Paul Metaxatos e Siim Sööt - Universidade de Illinois em Chicago, EUA - 1999
- Driver's revealed response to active VMS in London / P.E. Firmin, P.W. Bonsall e H-J. Cho - Instituto de Estudos de Transportes, Universidade de Leeds, Leeds, R.U. - 1999
- Evaluation of queue length displays on the Amsterdam Orbital Motorway - Nanne J. van der Zijpp, Ch.D.R. Lindveld / Faculdade de Engenharia Civil e Geociências da Universidade de Tecnologia de Delft, Holanda - 1999
- DACCORD: Overview and Architecture, Proceedings of the 8th World Conference on Transport

Research. E. Kroes, M. Ben-Akiva, J. Blonk, J. Gieszen e M. Papageorgiou - Bélgica, 1998

Upgrading of information sign system on metropolitan expressway / Hiroyuki Takeda, Shin-ichi Kujirai e Mitsuru Sakai / Corporação Pública de Vias Expressas Metropolitanas e Koito Industries, Ltd. - Tóquio, Japão - 1999

Effect on characteristic of driver's route choice by dynamic information / Song Zeng, Dibo Fang, Xiaoguang Yang / Centro de Pesquisas ITS da Universidade Tongji - Xangai, China - 1999

Dynamic guidance using variable message signs / Magali Barbier - ONERA - Toulouse, França - 1999

Display Solutions - 10/99 - Divulgação

Precision Solar Controls Inc. - 2000 - Divulgação

American Electronic Sign - 2000 - Divulgação

Vultron - Trans-Industries, Inc. - 2000 - Divulgação

Guidelines on the selection and design of messages for Changeable Message Signs - Conrad L. Dudek - Texas Department of Transportation - 11/92.

Guidelines on the use and operations of Changeable Message - Conrad L. Dudek - Texas Department of Transportation - 06/92.

Legibility distance of light-emitting diode (LED) variable message signs - Gerald L. Ullmann, Conrad L. Dudek - Texas Transportation Institute, Texas A&M University - Texas, EUA - 1999.

Solari Udine - Divulgação.

Instrução técnica sobre a utilização da Sinalização de Mensagem Variável - Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias IP - Portugal / ANSR / julho de 2010.

Guidelines for the Location and Placement of Variable Message Signs - RTA Guidelines - December/2008.

CrITÉrios para Implantação de Painéis de Mensagens Variáveis / Sun Hsien Ming / [www.sinaldetransito.com.br/artigos/sistemas de informação](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/sistemas%20de%20informa%77o%77o) (acessado em 25/07/2012).

Uso Técnico dos Painéis de Mensagens Variáveis / Roberto França Machado / www.sinaldetransito.com.br/artigos/tecnologia (acessado em 25/07/2012).

Dynamic Message Signs - Applications Guide & Led Display Catalog / Daktronics / 2012-2013

Legibilidade em PMV's, Velocidade e Número de Frames / Ivan Kiyanitza / [www.sinaldetransito.com.br/artigos/sistemas de informação](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/sistemas%20de%20informa%77o%77o) (acessado em 25/07/2012).

Legibilidade em Painéis de Mensagens Variáveis / Ivan Kiyanitza / [www.sinaldetransito.com.br/artigos/sistemas de informação](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/sistemas%20de%20informa%77o%77o) (acessado em 25/07/2012).

Diodo Emissor de Luz - en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode (acessado em 25/09/2012).

Manual on Uniform Traffic Control Devices - MUTCD 2009 (Including Revision 1 dated May 2012 and Revision 2 dated May 2012) – PP. 325-329 – Chapter 2L. Changeable Message Signs.

Proposta de Implantação do Padrão NTCIP no Contexto Brasileiro – Werner Krauss Junior/Luiz Fernando Bier Melgarejo/Giovani Pieri/Pablo Polônia/Ricardo Ghisi Tobaldini/Carlos Barros Montez

Boletins Técnicos CET

TÍTULOS PUBLICADOS
Disponíveis em cetsp.com.br

1. Redução do Consumo de Combustível: Ações na circulação e no transporte (1977)
2. Redução dos Acidentes de Tráfego: Proposta de medidas para um Plano de Ação (1977)
3. São Paulo e a Racionalização do uso de Combustível (1977)
4. Pesquisa Aerofotográfica da Circulação Urbana: Análise de um Projeto Piloto (1977)
5. Noções Básicas de Engenharia de Tráfego (1977)
6. Engenharia de Campo (1977)
7. Projeto SEMCO: Sistema de Controle de Tráfego em Áreas de São Paulo (1977)
8. Ação Centro (1978)
9. COMONOR: Comboio de Ônibus Ordenados (1978)
10. Sistema de Controle de Tráfego – Aplicação de Programa Transyt (1978)
11. POT – Programa de Orientação de Tráfego (1978)
12. Controlador Atuado (1978)
13. Sinalização Vertical: Montagem e Implantação (1978)
14. Fiscalização da Sinalização Horizontal (1978)
15. Projeto de Intersecções em Nível – Canalização (1978)
16. Métodos para Cálculos da Capacidade de Intersecções Semaforizadas (1978)
17. Áreas de Pedestres (1978)
18. Transportes por Ônibus Contratado (1978)
19. Áreas de Pedestres: Técnicas e Aplicações (1978)
20. Impacto de Investimento do Sistema Viário (1979)
21. Um Estudo sobre os Problemas de Estacionamento de Veículos (1979)
22. COMONOR II: Comboio de Ônibus Ordenados nas avs. Rangel Pestana e Celso Garcia (1979)
23. Educação de Trânsito via Comunicação Social (1979)
24. Projeto Piloto: Deficientes Físicos e Visuais (1980)
25. Projeto Brigadeiro – Faixa Exclusiva de Ônibus no Contra-fluxo (1980)
26. Operação Especial – Visita do Papa João Paulo II (1981)
27. Iluminação e Visibilidade (1982)
28. Sistema de Administração de Multas – DSV (1982)
29. Atividades Básicas da Operação de Trânsito (1982)
30. Impacto de Obras na Via Pública (1982)
31. Pesquisa e Levantamento de Tráfego (1982)
32. Pólos Geradores de Tráfego (1983)
33. Áreas de Estacionamento e Gabaritos de Curvas Horizontais (1984)
34. Tarifa de Ônibus Urbano (1985)
35. Análise e Dimensionamento da oferta de Transportes por ônibus – Metodologia (1985)
36. Pólos Geradores de Tráfego II (2000)
37. Operação Horário de Pico (2005)
38. O Controle de Semáforos em Tempo Real (2005)
39. Serviço de Valet - Regulamentação de estacionamento e parada (2006)
40. Mobilidade Urbana Sustentável - Fator de inclusão da pessoa com deficiência (2006)
41. Manutenção - sistema integrado de gerenciamento (2006)
42. Investigação de Acidentes de Trânsito Fatais (2008)
43. Cobrança de eventos - Legislação, Razões e Critérios (2008)
44. Operação de Trânsito - Um Desafio Permanente (2008)
45. Fazendo Escola - Capacitação de Professores (2009)
46. Modelo de Atração de Automóveis por Shopping Center (2011)
47. Zona de Máxima Restrição de Circulação - ZMRC - Restrição ao Trânsito de Caminhões (2011)
48. Nova Paulista - Uma Quebra de Paradigmas (2011)
49. Educação a distância (2011)
50. História dos estudos de bicicleta na CET (2012)
51. Estudo de viabilidade de Zona Azul (2012)
52. Visita Técnica a Nova Iorque para analisar a prioridade ao pedestre (2012)
53. 1000 Relatórios de Investigação de Acidente (2012)
54. Planejamento de Tráfego de Eventos Especiais
55. Operação Fórmula I
56. Projeto Operador na Escola - Educação e Engenharia por um trânsito melhor