Módulo 3: Aplicação do ITS para os Sistemas de Gerenciamento de Transporte (Transportation Management Systems)

Escrito por **Mohammed Hadi**, PhD, professor associado da Universidade Internacional da Flórida, em Miami, estado da Flórida, EUA

Propósito

A finalidade deste módulo é (a) revisar a aplicação dos sistemas de transporte inteligente (ITS) no gerenciamento de instalações de transporte durante condições recorrentes e não recorrentes, (b) identificar os benefícios destas aplicações e (c) destacar os desafios associados e as lições aprendidas. Os sistemas de gerenciamento de transporte (TMS) têm muito em comum com o gerenciamento de sistema de transporte e operações (TSM&O), que é discutido no Módulo 4, "Operações de Tráfego". Este módulo dá ênfase às ferramentas usadas nos sistemas de gerenciamento de transporte, dado que o Módulo 4 é voltado às estratégias de operação e gerenciamento que usam aquelas ferramentas para melhorar o desempenho dos sistemas de transporte. Simplificando, este módulo descreve as ferramentas e os sistemas; o Módulo 4 explica como aplicar estas ferramentas e sistemas para que os melhores resultados sejam obtidos. Desta forma, o estudo dos Módulos 3 e 4, juntos, ajudará os profissionais a ter uma compreensão plena das ferramentas e dos sistemas e obter os melhores resultados de seu uso.

Objetivos

Após a conclusão do módulo, você poderá:

- Compreender a terminologia e os conceitos básicos dos sistemas de gerenciamento de transportes.
- Familiarizar-se com as aplicações de ITS no gerenciamento das instalações de transporte durante as condições recorrentes e não recorrentes em tais instalações.
- Explicar os dados do gerenciamento do sistema de rodovias e as necessidades associadas - coleta, qualidade, compartilhamento, arquivamento e análise de dados.
- Identificar desafios e lições aprendidas associadas ao TMS.
- Discutir ações futuras considerando os sistemas de rodovias e de veículos conectados.

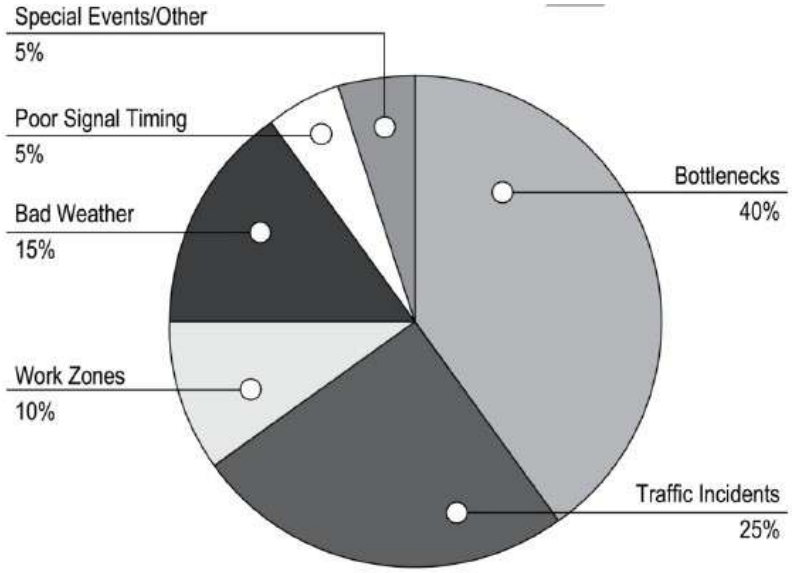
Introdução

Esta seção discute as funções básicas do TMS, a importância do gerenciamento de transporte e a relação entre TMS e a Arquitetura Nacional do ITS (NITSA - National ITS Architecture).

Informações básicas

O TMS tem sido considerado, cada vez mais, como crucial na operação e manutenção de sistemas existentes em níveis aceitáveis. A implantação do TMS é necessária para atenuar os problemas de congestionamento que ocorrem em razão de restrições na adição de nova capacidade. Além disso, a adição de capacidade não necessariamente resolve congestionamentos não recorrentes, em razão de incidentes, condições meteorológicas, zonas de trabalho, eventos especiais e operação de sinalização deficiente. A Figura 1 exibe os fatores que contribuem para os problemas de congestionamento que precisam ser tratados pelo TMS.[1]

Figura 1. Fatores que contribuem com os congestionamentos 1



É possível ser defendido que o TMS tenha começado no início do século XX, com a mobilização de sinais de trânsito de controle simples. Entretanto, os verdadeiros esforços para o desenvolvimento e a implantação de TMS podem ser vistos nos anos 60 e 70. A Califórnia realizou um experimento de controle de rampa em 1965 e implantou um sistema fixo de controle de rampa em 1967. O programa de controle de rampa da Fiscalização e Controle de Rampa de Los Angeles (Los Angeles Surveillance and Control Project) foi lançado e tornou-se operacional no início dos anos 70. Na década de 70, a Agência Federal de Rodovias (FHWA - Federal Highway Administration) começou a desenvolver sistemas computadorizados de controle de sinal de trânsito, oferecendo outra base importante para o gerenciamento avançado de tráfego, como conhecemos hoje. Com o avanço das tecnologias de informação e dos computadores na década de 80, vários tipos de estratégias de TMS começaram a ser aplicadas em todo o país, a fim de tratar dos problemas de transporte associados com todos os tipos de instalações e meios de transporte.

Funções básicas do TMS

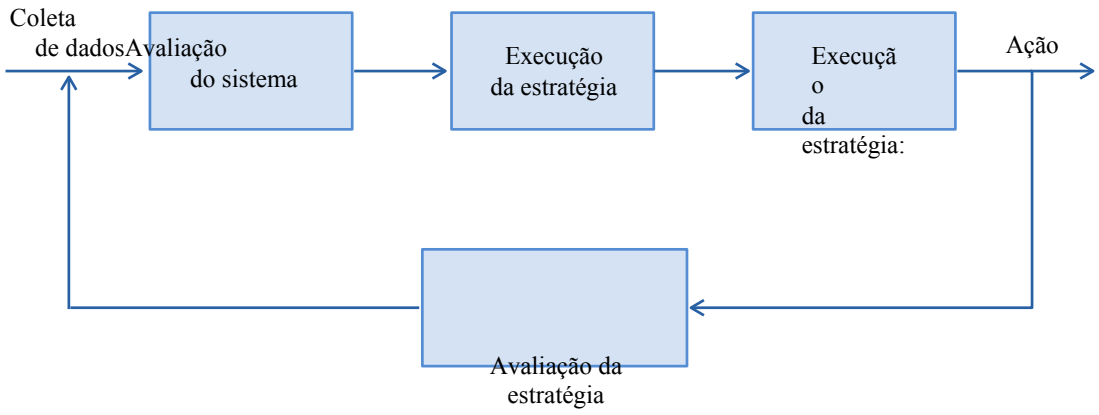
Uma implantação típica de TMS envolve um ou mais centros de gerenciamento de

transporte (TMCs), infraestrutura de campo e unidades móveis de comunicação em tempo real, para monitorar e gerenciar os sistemas de transporte. Um TMS pode ser para um tipo único de instalação ou meio, porém é mais eficiente quando aplicado a múltiplos meios e instalações, de forma integrada. Apesar disso, conforme discutido neste módulo, há muitos tipos de sistemas

de gerenciamento de transporte. Em geral um TMS inclui quatro funções, conforme mostrado na
Figura 2:

- ***Avaliação do sistema:*** Esta função exige um subsistema de aquisição de dados, que consiste em dispositivos de campo ou unidades móveis para coleta de dados e vídeo, além de um componente central para processamento e arquivamento dos dados coletados.
- ***Determinação de estratégia:*** Esta função envolve a tomada de decisões oportunas de gerenciamento, a fim de tratar os congestionamentos recorrentes e não recorrentes com base no estado do sistema previsto e atual para melhorar o desempenho do sistema de transporte. A determinação pode ser feita manualmente pela equipe de TMS,
automaticamente pelo firmware ou programa central e/ou de campo ou pelo uso de uma combinação dos dois. No último caso, os módulos do programa oferecem suporte às decisões da equipe de TMC. O processo de tomada de decisões em tempo real e as informações divulgadas para outras organizações, além dos passageiros, podem melhorar o desempenho do sistema de transporte de maneira significativa.
- ***Execução da estratégia:*** Esta função envolve a aplicação das decisões tomadas pela função de determinação de estratégia. De forma geral, inclui comandos enviados pelos centros de gerenciamento de tráfego ou controladores de campo para outros centros, dispositivos de campo e/ou unidades móveis.
- ***Avaliação da estratégia:*** Esta função inclui, de maneira contínua, (a) avaliação do desempenho do sistema sob a estratégia implantada pela função de execução da estratégia e (b) pelo ajuste da estratégia de implantação e parâmetros associados na resposta dos resultados da avaliação, com base na matriz identificada de desempenho. Esta avaliação e ajuste pode ser feita em tempo real, em curtos intervalos de tempo (por exemplo, a cada 1 ou 15 minutos) ou offline. O arquivamento dos dados e das ferramentas de suporte de decisão deverá ser usado para dar apoio a esta função.

Figura 2. Funções básicas do Sistema de gerenciamento de transporte 2



Categorias do TMS

Tradicionalmente, o TMS tem sido categorizado com base na instalação ou do modal que gerencia rodovias, vias principais, trânsito, frete e instalações de estacionamento. A tendência recente no gerenciamento de transportes, entretanto, é efetivamente gerenciar o corredor de transporte, ou a rede, como um sistema integrado que inclui combinações dos modais

e instalações. Neste módulo, o gerenciamento de outros modais, tais como frete, trânsito e transporte não motorizado não são especificamente discutidos, pois são tratados em outros módulos. No entanto, estes sistemas são descritos neste módulo e no Módulo 4, quando discutiremos a respeito do gerenciamento de corredor integrado e outras estratégias do gerenciamento de rede, operação e gerenciamento dos sistemas de transporte regional e outros tópicos que tratam do gerenciamento do sistema de transporte multimodal. As estratégias normalmente consideradas de TMS, tais como gerenciamento de incidentes e zonas inteligentes de trabalho, são discutidas no Módulo 4, "Operações de Tráfego", porém são apenas mencionadas nesta discussão, conforme se faça necessário.

Tecnologias de apoio

As categorias de um TMS têm por base a aplicação e a função das tecnologias de apoio. Um TMS pode ser muito complexo com uma grande quantidade e vários tipos de equipamentos implantados em grandes áreas geográficas, tais como uma região ou um Estado. Um TMS também pode ser limitado a uma implantação local de conceitos de gerenciamento de tráfego, em um local específico ou em uma instalação, a fim de tratar de necessidades específicas identificadas. Em todos os casos, espera-se que o TMS entregue as quatro funções básicas descritas anteriormente por meio da integração de vários tipos de tecnologias de apoio. Dependendo da aplicação, as tecnologias de apoio podem incluir detectores de tráfego com base em infraestrutura, câmeras de circuito fechado de televisão (CCTV), sinais de mensagens dinâmicas (DMS), rádios de informação de rodovias (HAR), um subsistema de comunicação, identificação automática de veículos (AVI), localização automática de veículos (AVL), programas e equipamentos centrais, conjuntos de sinais (para sinais de trânsito e de controles de rampa), controladores e passagens, entre outras tecnologias. A discussão sobre as tecnologias de apoio, neste módulo, está relacionada às suas aplicações e o uso no TMS e não trata de detalhes e alternativas tecnológicas. Estes detalhes adicionais podem ser encontrados no Módulo 9, "Tecnologias de apoio do ITS".

Relação do TMS para com a Arquitetura Nacional do ITS e Padrões (National ITS Architecture and Standards)

A versão mais recente da NITSA, a Arquitetura Nacional (National ITS Architecture) do ITS Versão 7, inclui 26 pacotes do serviço de gerenciamento de tráfego. Além disso, a maior parte dos 11 pacotes do serviço de sistema de transporte público, na NITSA, trata de gerenciamento do sistema de trânsito e coordenação multimodal. Outros pacotes relacionados ao TMS também estão incluídos como parte das operações de veículos comerciais, gerenciamento de emergência, gerenciamento de manutenção e construção, além de áreas do serviço de gerenciamento de dados arquivados da arquitetura.

Além da arquitetura ITS, os padrões ITS são essenciais para uma implantação TMS bem sucedida. Os padrões permitem que os dados sejam compartilhados entre dispositivos fabricados por diferentes fornecedores, entre diferentes aplicações ITS e

entre sistemas de diferentes agências Outro objetivo dos padrões ITS é permitir o intercâmbio dos dispositivos de diferentes fornecedores. De particular importância para o TMS, estão os padrões de centro para centro e centro para campo, com relação às Comunicações de Transporte Nacional para o

Protocolo ITS (NTCIP). Discussões detalhadas da arquitetura e os padrões ITS são apresentados no Módulo 2, "Engenharia de Sistemas".

Coleta de informações

Um componente crítico de todos os tipos de TMS é o subsistema de coleta de informações, que é usado para avaliar o estado do sistema e avaliar a estratégia de gerenciamento (veja a Figura 2). O subsistema dá suporte à detecção de incidentes, verificação de incidentes e atributos, monitoração da liberação do incidente, coleta de informações especiais de evento, controle do sistema de transporte e avisos (por exemplo, controle de rampa, controle de sinal, controle de pista, limites de velocidades variáveis e aviso de engarrafamento), rastreamento do desempenho da frota, estimativa e previsão
do tempo de viagem, disposição de dados para planejamento e simulação e medição de desempenho. Dependendo da categoria do TMS e a aplicação, os dados coletados pelo subsistema de coleta de informações podem incluir parâmetros tais como: volume, velocidade, ocupação, presença, localização de veículo da frota, extensão do engarrafamento, número de passageiros em trânsito, condições de incidentes, informação de eventos especiais, condições do pavimento e condições atmosféricas. Tipicamente, os dados são coletados e, na maioria dos casos, enviados para uma central em diferentes níveis de coleta. No entanto, os dados também podem ser usados localmente em um controlador à margem da rodovia. A informação coletada pode ser usada em tempo real ou arquivada, para aplicações offline.

A coleta de informações pode ser realizada por meio de métodos manuais, detectores de tráfego com base em infraestrutura, câmeras de CCTV, estações com sensores ambientais (ESS), contadores
automáticos de passageiros e tecnologias de fiscalização por sensores. As técnicas de fiscalização manual podem oferecer
informações e dados úteis para auxiliar no gerenciamento de transporte, incluindo informações dadas pelos motoristas da frota (por exemplo, motoristas de veículos comerciais, ônibus e viaturas de serviço), outras agências, chamadas via celular ou cabines telefônicas. Entretanto, a coleta automática de dados também é, em geral, exigida para suporte às aplicações de TMS

A detecção com base em infraestrutura é descrita no pacote de serviços NITSA ATMS01 (Fiscalização de rede - Network Surveillance). Os detectores de infraestrutura são algumas vezes chamados de detectores de ponto, em razão de oferecerem parâmetros de tráfego medidos em um ponto. Dependendo da aplicação de TMS e da tecnologia usada de detecção, os parâmetros de tráfego, normalmente dispostos para um programa de gerenciamento de tráfego, por detectores de ponto com base em infraestrutura, podem incluir volume, velocidade, ocupação, presença, classificação de veículos e extensão de engarrafamento. Conforme implantado atualmente, várias aplicações TMS, tais como controle de rampa e controle de sinal de trânsito, exigem volume e ocupação (ou dados de presença) dados por detectores de tráfego de ponto. Assim, a implantação de detectores de tráfego de ponto

é um componente principal de várias aplicações de TMS, embora seja esperado que os avanços nas tecnologias de veículos conectados e o desenvolvimento novos algoritmos de TMS reduzam a dependência dos detectores de infraestrutura no futuro.

Uma deficiência de detectores de ponto é que eles têm dificuldade na estimativa do tempo de viagem e da velocidade com base em detecções de ponto, particularmente para ruas de acesso. Várias tecnologias de detecção

não podem estimar, com precisão, as medições de desempenho em altos níveis de congestionamento. Para aplicações que exijam tempo de viagem e, possivelmente, estimativa da origem até o destino, as tecnologias de coleta de dados por sensores com base nas tecnologias de AVI, tais como as leitoras de pedágio eletrônico, leitoras Bluetooth ou leitoras automáticas de placas de veículos e os dados do setor privado, podem ser boas alternativas e seu uso tem crescido. Tais dados podem ser usados para outras aplicações TMS, tais como cotação dinâmica de preços, mensagem DMS e detecção de incidentes, caso a coleta de amostras de tamanhos suficientes de medições às aplicações, aqui consideradas, seja possível por meio desta tecnologia. As aplicações das tecnologias AVI e AVL, para coleta de dados, conforme descrito acima, são apresentados como parte da Fiscalização por Sensores ATMS02 (ATMS02 Probe Surveillance) na NITSA. As tecnologias AVL também são essenciais para rastreamento TMS de frotas de veículos, tais como trânsito, veículos comerciais e viaturas de serviço, permitindo a monitoração e o gerenciamento das frotas. Entretanto, as tecnologias com base em AVL e AVI não podem oferecer os dados necessários de volume e ocupação para diversas aplicações atuais de TMS, tais como controle de rampa e controle de sinal de trânsito.

Os provedores de dados do setor privado têm contado com a combinação de informações de uma variedade de fontes (tanto com base em infraestrutura quanto móvel). Estes provedores têm aplicado métodos avançados de fusão de dados em suas estimativas do tempo de viagem e têm, algumas vezes, usados matrizes O-D. Exemplos de tipos de dados usados nestas aplicações do setor privado incluem: frotas comerciais, taxis, dispositivos baseados em sistema de geoposicionamento global (GPS) de celulares de clientes e sistemas de navegação com base em GPS. Estes são frequentemente combinados com informações de incidentes e de fluxo de tráfego em tempo real a partir de TMS, eventos esportivos e de entretenimento, previsões do tempo e horários escolares.

Câmeras de CCTV também são importantes componentes de TMS, permitindo aos operadores de TMC monitorar e avaliar condições incomuns em instalações de rodovias, de ônibus em trânsito e de estações, além de estacionamentos. Os operadores de TMC podem verificar a ocorrência de incidentes e liberá-los, informação de incidentes, condições meteorológicas nas rodovias e situação de dispositivos de campo (por exemplo, situação de sinal e do DMS). Isto contribui para respostas mais eficientes aos eventos com o nível apropriado de recursos e pessoal. Tipicamente, no entanto, os dados das câmeras de CCTV de ônibus não são visualizados em tempo real em razão das restrições de largura de banda nos rádios de comunicação no trânsito.

O gerenciamento de transporte, sensível às condições meteorológicas e aos sistemas de informação, recebe suporte de estações ambientais (ESS).[3] Um ESS é um local fixo de uma rodovia com um ou mais sensores que medem as condições atmosféricas, da superfície (por exemplo, pavimento e solo) e hidrológicas (isto é, nível de água). Os dados destas estações podem ser combinados com os dados dos serviços

meteorológicos para oferecer entradas para o gerenciamento de transporte, além de algoritmos e métodos de informação de passageiros.

Em razão das diferentes exigências para diferentes aplicações TMS, as agências de TMS devem tomar decisões informadas com base nas necessidades identificadas dos usuários e exigências, com relação aos tipos de aplicações das tecnologias usadas de coleta de informações. As necessidades

dos usuários devem ser capturadas em um conceito de operação desenvolvido para o TMS. Isto também exige o exame dos produtos de detecção, tipos necessários de dados, confiabilidade e precisão necessária e informada, custos iniciais e recorrentes, facilidade de uso (instalação, calibração, etc.), facilidade de integração com outros componentes do TMS, exigências de comunicação e de rede elétrica, exigências de montagem e de localização, além de exigências de manutenção e operação. Mais discussões sobre as tecnologias existentes de coleta de informações podem ser encontradas no Módulo 9, "Suporte às Tecnologias de ITS".

Gerenciamento de rodovias

O gerenciamento de rodovias é a implantação de políticas, estratégias e tecnologias para melhorar o desempenho de rodovias. Os objetivos dos programas de gerenciamento de rodovias incluem minimizar congestionamentos (e seus efeitos colaterais), aumentar a segurança e melhorar a mobilidade e a confiabilidade geral. As estratégias discutidas nesta seção são o controle de rampa, a disseminação de informações, pistas gerenciadas e outros sistemas de gerenciamento de tráfego ativo. Entretanto, a maioria das seções neste módulo e no Módulo 4, "Operações de Tráfego", inclui estratégias e tecnologias que dão apoio ao gerenciamento efetivo de rodovias. Por exemplo, o gerenciamento efetivo de rodovias exige a implantação de um sistema de coleta de informações, central de gerenciamento de transporte, programa de gerenciamento de incidentes, programação de medição de desempenho, entre outros.

Controle de rampa

O Controle de rampa (algumas vezes indicado apenas como sinal de rampa) é um tipo de gerenciamento de rampa que envolve o uso de um sinal de trânsito instalado em rampas, a fim de controlar a razão de veículos que entra em uma rodovia.[3, 4] Pelo controle desta razão, o produto do tráfego da rodovia pode ser aumentado pela redução de densidade e conflitos nas pistas externas. Isto, por sua vez, melhora a mobilidade e a confiabilidade das instalações da rodovia. O controle de rampa é coberto no ATSM04 da NITSA.

O controle rampa não é apenas uma estratégia de gerenciamento de rampa. Outras estratégias de gerenciamento incluem o seguinte:[4]

- Fechamento da rampa durante eventos graves, tais como incidentes de trânsito, condições meteorológicas adversas, eventos especiais planejados, além de incêndio ou fumaça.
- Tratamentos preferenciais, tais como pistas de desvio de veículos de alta ocupação (HOV), rampas exclusivas de HOV e rampas exclusivas de veículos de emergência.
- Estratégias de controle de sinal fora de rampas (veja a Figura 3).
- Medição de conector ou medição de conector de rodovia para rodovia, implantado para regular altos volumes de tráfego de uma rodovia para outra. O

conceito de medição de conector é similar aquele do controle de rampa. Entretanto, em razão das altas velocidades e volumes pesados nos conectores, é necessário maior armazenamento de filas e dispositivos avançados de aviso. A medição de conector não deve ser implantada em locais com capacidades inadequadas de armazenamento e distâncias insuficientes de visada. O controle de rampa de rodovia para rodovia tem sido implantado em

diversas áreas em torno de Los Angeles, na Califórnia, Seattle, em Washington, Minneapolis, em Minnesota e
Portland, no Oregon.[4]

As estratégias do controle de rampa podem ser implantadas para tratar de congestionamentos recorrentes e não recorrentes.

Figura 3. Controle de rampa 4

As estratégias de controle de rampa podem oferecer controle local (isolado) ou global (coordenado). Alguns dos algoritmos desenvolvidos para estratégias globais também podem ser usados para o controle local do controle de rampa. O controle local seleciona as razões de medição para tratar de problemas de congestionamento ou de segurança em uma área de mesclagem de rampa. Esta estratégia é normalmente aplicada onde o problema de congestionamento é isolado. O controle global seleciona razões de medição em uma série de locais em rampa, de maneira coordenada, com base nas condições ao longo de um segmento de rodovia, um corredor inteiro ou mesmo uma rede de corredores. As condições do tráfego em outros locais no sistema são consideradas ao determinar as razões de medição para uma rampa específica.

Outra diferenciação das estratégias de controle de rampa está relacionada com a forma com que são aplicadas. O controle por tempo fixo, também chamado de controle de acordo com a hora do dia ou de tempo fixo, utiliza razões de medição calculadas offline, com base nas condições do histórico e aplicadas em um cronograma fixo por hora do dia ou dia da semana. Com controle adaptativo e sensível ao tráfego, os parâmetros medidos em tempo real são usados como entradas para os algoritmos de controle de rampa, a fim de determinar as razões de medição e, em alguns casos, quando e onde ativar o controle de rampa. Controle de tráfego adaptativo, com tempo fixo, sensível ao tráfego, pode ser aplicado de forma local ou global. Em algumas implantações de controle de rampa, os operadores de TMC têm a opção de selecionar ou modificar automaticamente razões geradas de controle de rampa com base nas avaliações das condições de tráfego.

O controle por tempo fixo não exige dispositivos de detecção ou comunicação com um TMC e exigem somente uma configuração simples de equipamento e programa. Embora este tipo de controle seja mais fácil e custe menos em sua implantação e manutenção, em comparação com o controle sensível ao tráfego, ele não se acomoda

adequadamente à variabilidade de condições do sistema de transporte. O controle por tempo fixo tem sido aplicado em situações onde a infraestrutura exigida para o controle de rampa, sensível ao tráfego, não esteja disponível e como medida de segurança para o controle sensível ao tráfego, no caso de falha do detector ou da comunicação. O controle sensível ao tráfego e

adaptativo exige detectores de tráfego, um subsistema de comunicação e equipamentos e programas locais e centrais adicionais, e sua implantação e manutenção são mais caras. Entretanto, pode produzir melhores operações por meio de adaptação às condições de tráfego. Assim como o controle por tempo fixo do controle de rampa, o controle de rampa sensível ao tráfego pode ser aplicado de forma local ou global. Uma diferença entre o controle local e global é que o último exige dados dos detectores em múltiplos locais em rampas depois e/ou antes da rampa para o qual a razão do controle de rampa esteja sendo calculada.

A implantação e operação bem sucedida do controle de rampa exige que uma série de questões seja considerada. As estratégias do gerenciamento de rampa pode, de maneira adversa, afetar ou pode ser percebida como tendo afetado o tráfego na rampa, também de maneira adversa, outras instalações na região ou outros grupos específicos de passageiros. Uma das questões que tem sido levantada é a da equidade, em que as estratégias de controle de rampa
parecem favorecer viagens suburbanas mais longas sobre viagens desde zonas mais próximas aos centros de áreas urbanas. As queixas do público em geral, grupos de bairros e as empresas locais devem ser tratadas nas fases de implantação e operação do controle de rampa. Outra questão é o impacto potencial do controle de rampa em outras instalações, como resultado da operação do tráfego de rodovias para ruas de superfície e de medição em outras facilidades e como resultado do desvio de tráfego de rodovias para ruas, além do retorno de fila de rampas para outras rodovias e/ou vias de superfície. Assim, há a necessidade de equilibrar o desempenho do corredor da rodovia para que o máximo benefício seja obtido. Além disso, as estratégias de controle de rampa incluem estratégias de gerenciamento e detecção para filas de rampas medidas, a fim de evitar filas excessivas e retornos destas rampas para ruas adjacentes. O modelo de simulação microscópica tem sido usado com sucesso, a fim de avaliar os impactos de diferentes algoritmos de controle de rampa e estratégias, além de poderem ser usados como uma ferramenta efetiva na seleção de uma estratégia e parâmetros do controle de rampa.

Considerações socioeconômicas e questões de igualdade associadas com o controle de rampa devem ser adequadamente tratadas. Esta etapa deve envolver informação pública e esforços públicos
para explicar as razões e os benefícios da implantação do controle de rampa. O controle de rampa também exige coordenação com agências de transporte responsáveis por gerenciar outras instalações de transporte afetadas na região.

O tratamento preferencial para classes específicas de veículos, tais como veículos de alta-ocupação (HOVs), veículos de trânsito, caminhões e veículos de emergência pode ser usado, visando permitir o desvio de filas de veículos com um único ocupante em entradas de rampas. Rampas exclusivas para HOVs e rampas dedicadas ao uso exclusivamente de veículos de construção, entregas e de emergência também têm sido implantadas.

Estudos têm avaliado o desempenho de corredores com e sem controle de rampa. Uma grande mobilização do controle de rampa é operada pelo Departamento de Transporte de Minnesota, na região metropolitana das Twin Cities (Cidades Gêmeas), com mais de 430 sistemas de controles de rampa. O sistema de controles de rampa das Twin Cities foi submetido a uma extensa avaliação, durante a qual os controles de rampa foram desligados por um período de seis semanas para avaliação dos

impactos.[5] Várias medidas de desempenho foram usadas para avaliar o sistema de controle de rampa. Um resumo dos resultados é exibido abaixo:

- Movimentação: Observou-se uma redução de 9% dos volumes de tráfego na via principal da rodovia enquanto os controles estiveram desligados. Os volumes das principais vias paralelas não mudaram de forma apreciável enquanto os controles estiveram desligados.
- Tempo de viagem: As velocidades das rodovia foram reduzidas em 14%, ou 11,84 quilômetros por hora (km/h), enquanto os controles estiveram desligados, resultando em maiores tempos de viagem, maior do que a compensação da eliminação dos atrasos de filas das rampas. Os tempos de viagens nas vias paralelas não mudaram de forma apreciável, enquanto os controles estiveram desligados.
- Confiabilidade do tempo de viagem: Os tempos de viagem estiveram perto de duas vezes do imprevisível, enquanto os medidores estiveram desligados.
- Segurança: Acidentes em rodovias e em segmentos de rampa aumentaram em 26%, enquanto os controles estiveram desligados.
- Análise de custo/benefício: Estimou-se que o sistema de controle de rampa produzisse, aproximadamente, $40 milhões em benefícios para a região das Twin Cities. Estes benefícios excederam os custos do sistema de controle de rampa por uma razão de 15 para 1.

Um estudo dos benefícios do controle de rampa no Estado de Washington apresentou os seguintes benefícios: [6]

- Mais de 30% de redução em colisões traseiras e laterais.
- Uma redução de 8,2% no congestionamento da via principal da rodovia.

Os resultados acima indicam que podem ser esperadas melhorias significativas na mobilidade, confiabilidade e segurança dos sistemas de transporte, a partir de uma implantação eficiente do controle de rampa.

O FHWA criou um vídeo, "Controle de rampa: Sinal de sucesso", que apresenta uma introdução básica do controle de rampa. O vídeo é voltado para tomadores de decisões locais e o público, além de apresentar testemunhos de funcionários públicos de várias cidades. Os benefícios do controle de rampa e a importância do desenvolvimento de um programa de conscientização pública foram enfatizados. (Veja em www.youtube.com/watch?v=rsvaGXW6moA.)

Disseminação da informação

A disponibilização de informações para passageiros é uma das mais amplamente usadas estratégias de gerenciamento. Os dispositivos de infraestrutura que disseminam informações, tais como sinais de mensagens dinâmicas (DMS) e rádios de informação de rodovias (HARs), são classificados pela NITSA como sistemas de gerenciamento de

tráfego, no lugar de sistemas de informações avançadas de passageiros. Esta classificação se dá em razão destes dispositivos, geralmente, serem operados pelo público ou por agências de pedágios para fins de gerenciamento de tráfego, no lugar de provedores de serviços de informação para o exclusivo propósito de fornecer informações aos passageiros. Outros tipos de tecnologias de informação de passageiros que não são classificados como dispositivos TMS pelo NITSA, tais como sistemas de telefone de informação de passageiros (511 nos EUA), sites da Internet, quiosques, aplicativos móveis e sistemas de navegação embarcados em veículos

não são discutidos neste módulo. Tais tecnologias são discutidas no Módulo 4, "Operações de Tráfego". Além disso, embora a disseminação de informações seja discutida no gerenciamento de rodovia neste módulo, também é aplicável a outros sistemas de gerenciamento, tais como sistemas de gerenciamento de trânsito e de vias principais.

Os sinais de mensagens dinâmicas contribuem com os objetivos do TMS ao afetar as decisões dos passageiros, tais como o desvio para rotas alternativas durante incidentes e, assim, reduzindo incidentes adicionais. Conforme aplicado ao gerenciamento de tráfego, o DMS e o HAR são parte do pacote de serviços ATMS06 (Disseminação da informação (Information Dissemination)) da NITSA. Quando são usados no gerenciamento de trânsito,
eles fazem parte do APTS08 (Informação do Passageiro em Trânsito (Transit Travel Information)). As aplicações do DMS também têm sido propostas para disseminação multimodal de informações com o objetivo de mudar o modal de viagem no caso de incidentes de trânsito ou na rodovia, eventos especiais e emergências. O DMS também é conhecido como Sinais de Mensagens Variáveis (VMS) e sinais de mensagens alteráveis (CMS). Os detalhes das tecnologias DMS e HAR são apresentados no Módulo 9. Esta seção discute seu uso como parte do TMS.

Figura 4. Sinais de mensagens dinâmicas

Fonte: Cortesia de Jeffrey Katz, DOT da Flórida.

Em geral, DMS e HAR são usados como parte do TMS para encorajar algum tipo de resposta de motoristas, a fim de melhorar o desempenho do sistema. As respostas desejadas podem ser a redução da velocidade, saída de uma pista fechada ou bloqueada ou a tomada de uma rota alternativa
ou outra opção de trânsito.[7] A informação disseminada nas rodovias podem incluir orientações de viagem e avisos de eventos não recorrentes, tais como incidentes, construções, atrasos no trânsito, aviso de filas, condições meteorológicas adversas e eventos especiais; tempos de viagem; limite dinâmico de velocidade; controle de pista; cotação dinâmica de preços das pistas gerenciadas e rotas alternativas, modais ou linhas de trânsito. Estes sinais também são usados para mensagens de Alerta ÂMBAR e Alerta Prata. Um Alerta ÂMBAR é um alerta emitido mediante a suspeita de

sequestro de uma criança. Um Alerta Prata é a transmissão de informação sobre pessoas desaparecidas, especialmente senhores de idade com problemas mentais, visando auxiliar seu retorno. DMS também é usado em estações de trânsito para dar informações sobre chegadas e atrasos esperados de veículos em trânsito.

Uma série de desafios está associada com a mobilização do DMS. Autoridades de trânsito precisam desenvolver uma política operacional para orientar o desenvolvimento e a publicação de mensagens. Esta política deve ter por base as necessidades e exigências identificadas, que podem ser rastreadas até o conceito de operação do TMS. A política deve cobrir quem é permitido publicar mensagens, os tipos de mensagens, as condições que garantem a publicação de mensagens, os locais destas publicações sob diferentes condições e assim por diante. Os dispositivos de disseminação de informações devem estar localizados e devem ser operados para atingir o percentual máximo de motoristas de acordo com os esforços de disseminação. Os locais devem permitir tempo suficiente para que estes motoristas tomem as ações desejadas. Alguns locais candidatos estão a favor da maioria dos pontos de decisão, gargalos e áreas de alto índice de incidentes e onde a informação das condições meteorológicas seja importante.[7,8]

O DMS, com mensagens mal concebidas, complexas ou muito longas para que os motoristas as leiam em velocidades prevalecentes de rodovias, pode levar a confusão dos motoristas e afetar o fluxo do tráfego de maneira adversa e a credibilidade da agência de transporte.[7]Assim, é importante que as agências garantam que o conteúdo, formato e aplicação da informação sejam de alta qualidade, consistentes e adequadas.

Uma decisão importante, que precisa ser tomada no TMC, é determinar se e quando um dado dispositivo ou grupo de dispositivos dentro do sistema geral deve ser ativado para
tratar de uma situação ou problema em particular e quando estes dispositivos devem ser desativados. O processo de decisão pode ser automatizado com base no local e tipo de evento, pode ser manual, via operadores de TMC decidindo qual DMS ativar ou um híbrido das duas abordagens. Na abordagem combinada, o programa central recomenda aos operadores de TMC qual dispositivo ativar, porém os operadores tomam a decisão final. O DMS também pode ser instalado a bordo de veículos de trânsito, a fim de oferecer informações de viagens aos passageiros.

Outro dispositivo apontado pela disseminação de informações de viagem é o quadro de informações gráficas, que é normalmente instalado em locais selecionados, onde espera-se que um grande número de passageiros veja. Estes locais incluem shoppings, prédios comerciais e áreas de descanso de rodovias. Placas eletrônicas de sinalização também podem ser usadas para orientar motoristas com novas rotas em torno de incidentes, com informações em tempo real após terem sido desviados para rotas alternativas. Os sinais orientam motoristas junto com as rotas alternativas e os direcionam de volta às suas rotas originais depois do local do incidente. Placas eletrônicas de sinalização podem ser estáticas, dinâmicas ou estáticas com iluminação intermitente.

Vários pesquisadores fizeram levantamentos usando a abordagem "preferida", visando determinar os percentuais esperados de passageiros desviados como resultado do DMS. Os estudos concluíram que os passageiros que receberam informações de DMS

a respeito de congestionamentos adiante na via - sem informações
adicionais com relação aos tempos esperados de atraso ou possíveis rotas alternativas - podem causar até
60% de tráfego para saída da rodovia antes do gargalo.[9]
Entretanto, a observação atual do tráfego desviado encontrou razões significativamente menores de desvio. Por exemplo, em Long Island, Nova Iorque, uma avaliação do projeto INFORM ATMS indicou razões muito menores de desvio de tráfego em comparação com o levantamento de preferência, com 5 a 12%

do tráfego da via principal sendo desviado para rotas alternativas, em condições típicas de incidentes.[10]
Vários estudos de campo na Europa descobriram que as razões de desvio variam entre 27 e 44%.[11]

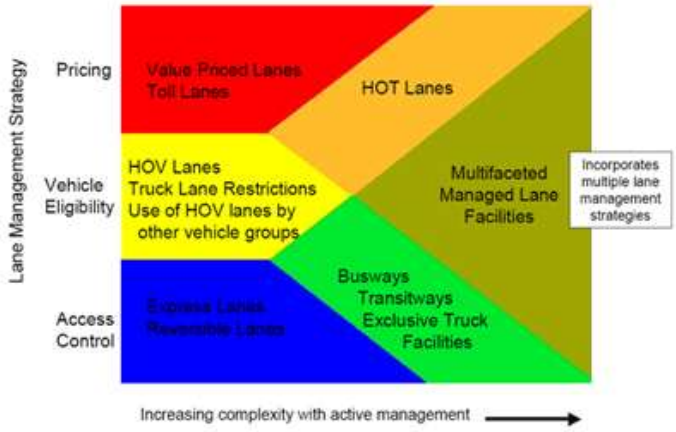
Pistas gerenciadas

O interesse nas estratégias de pistas gerenciadas aumentou de maneira significativa nos últimos anos. Pistas gerenciadas são definidas como "pistas ou rodovias designadas dentro da preferência de rodovias onde o fluxo de tráfego é gerenciado pela qualificação de veículos, limitação do acesso à instalação ou, em alguns casos, recebimento de pedágios com preço variável".[12] O termo *pistas gerenciadas* refere-se às pistas de uso especial, tais como pistas de HOV, pistas de pedágio de alta ocupação (HOT), pistas de pedágio expresso (ETLs), pistas de pedágio apenas para caminhões (TOT), pistas somente para ônibus e outras pistas de uso especial.

Com as pistas gerenciadas, um subconjunto de pistas dentro de uma referência cruzada de rodovias é separado das pistas de uso geral para uso de tipos específicos de veículos, número de passageiros por veículo e/ou passageiros pagantes. A operação e a procura da instalação são gerenciadas para atingir continuamente os padrões predefinidos de operação, tais como velocidades próximas das velocidades de fluxo livre ou um dado nível de serviço, com base na densidade das pistas gerenciadas. A cotação de preços também pode gerar receitas para agências de transporte.

A Figura 5 mostra uma visualização das aplicações de pista gerenciada. Na figura, três estratégias de gerenciamento de pista são usadas em conjunto para gerenciar o tráfego: cotação de preços, qualificação do veículo e controle de acesso.

Figura 5. Aplicações de Pista Gerenciada 13



A estratégia de cotação de preços envolve subgrupos de cobrança de motoristas e pedágio para viagem e, normalmente, é variável, com preços mais altos cobrados durante períodos de congestionamento. A cotação de preços é implantada para

gerenciar congestionamentos de forma ativa. Entretanto, isto também gera receita para agências de transporte, que pode ser usada para melhorar ou manter o sistema de transporte. A cotação de preços de pistas gerenciadas pode ser de forma fixa e variada, de acordo com a hora do dia ou dia da semana. De maneira crescente, no entanto, as agências estão implantando estratégias de cotação dinâmica de preços que

mudam o valor do pedágio com base em medições em tempo real do congestionamento na pista gerenciada e/ou na pista de uso geral.

A segunda estratégia é a qualificação do veículo, o que envolve a seleção de tipos de veículos permitidos nas pistas gerenciadas, sejam gratuitas ou com pedágio. Uma alternativa considerada comum é permitir que veículos de ocupação mais alta, tais como veículos de trânsito e HOVs (em alguns casos, somente veículos pré-registrados com um número específico de ocupantes) utilizem as pistas gratuitas ou pistas cuja tarifa tenha desconto, enquanto cobram o pedágio cheio de todos os outros veículos . O TMS pode variar a qualificação do veículo de acordo com a hora do dia e dia da semana, caso seja considerado benéfico.

O estabelecimento do controle de acesso para pistas gerenciadas é a terceira estratégia importante para gerenciar as operações. Os pontos de acesso para a pista gerenciada devem ser determinados como parte do planejamento, do tráfego e da análise de simulação, além dos processos do projeto. As análises de tráfego, por exemplo, podem indicar que o acesso às pistas gerenciadas deve ser limitado a poucos pontos, a fim de minimizar a turbulência em razão da elaboração de manobras. Em alguns casos, o tratamento preferencial pode ser dado em pontos de acesso específicos por um subconjunto de uma classe de veículos, por exemplo, para permitir que somente veículos de emergência e de trânsito utilizam alguns pontos de acesso.

Um fator importante no sucesso de um projeto de pista gerenciada é a seleção das melhores estratégias de gerenciamento de pista com base nos objetivos do projeto, levando em consideração demandas de previsão e existentes, capacidade, operações de tráfego e preocupações ambientais e sociais. Além disso, a estratégia deve incluir o estabelecimento de um nível aceitável de desempenho das pistas gerenciadas. O nível de desempenho pode ser baseado em volume, velocidade e/ou densidade do tráfego. A cotação de preços da pista gerenciada deve ser variada, a fim de manter este nível de desempenho.

Dependendo da aplicação específica, as pistas gerenciadas exigirão a participação de diversas agências, incluindo agências de planejamento de transporte, agências de trânsito, autoridades regionais de transporte, agências de pedágios, agências de manutenção da ordem pública e outras partes interessadas. Estas pistas frequentemente cruzam limites de jurisdição. Assim, um projeto de pista gerenciada bem sucedida exige esforços de cooperação de várias agências, começando a partir da fase inicial de planejamento e continuando através da fase operacional.

Outra estratégia importante é para que as agências de transporte comuniquem os benefícios do projeto de pista gerenciada através de atividades de sensibilização pública. A comunicação é particularmente importante para reduzir qualquer oposição inicial aos pedágios, que serão cobrados para uso das pistas gerenciadas. Em razão da tecnologia de pedágio eletrônico (ETC) ser necessária, para pagamento de pedágios em algumas aplicações de pistas gerenciadas, os motoristas devem ser informados que

seus veículos devem estar equipados com um transponder ETC, a fim de fazer uso desta facilidade. Caso seja permitido o pagamento com base em leitoras de placas, isto também deve ser comunicado aos motoristas. Outra informação que deve ser comunicada, inclui a estratégia de tarifa de pedágio,

locais de entrada e saída, exigências de ocupação e horas de operação.[14] Durante a operação, o DMS deve ser usado para alertar motoristas a respeito das tarifas atuais de pedágios e quaisquer mudanças nas operações das pistas gerenciadas.

A fiscalização é outro elemento importante da implantação de uma pista gerenciada e deve ser considerada no início do desenvolvimento do projeto. Sem a fiscalização apropriada, pode-se esperar por altas taxas de violação. A fiscalização automatizada com base em leitoras de placas tem sido usada para auxiliar na tarefa de fiscalização. Entretanto, desafios legais e técnicos
estão associados com outros parâmetros para fiscalização, onde é necessária a verificação da ocupação dos veículos. Possibilitar uma lei pode ser necessário para permitir que este parâmetro seja medido, considerando questões potenciais de privacidade.[14]

Conforme as agências crescentemente consideram a implantação de pistas gerenciadas, o interesse no modelo de pistas gerenciadas tem crescido de forma significativa. Avançadas técnicas de modelo - tais como levantamentos e modelos comportamentais, designação de tráfego dinâmico, simulação microscópica e mesoscópica - serão ainda mais usadas para analisar condições do tráfego, alternativas estratégicas e geração de receita de pistas gerenciadas.
Discussões detalhadas dos problemas associados com a implantação e a operação de pistas gerenciadas podem ser encontradas nas referências de 12 a 14. Também, um vídeo informativo sobre o Projeto Expresso I-95, do Departamento de Transportes da Flórida, descreve como o projeto combina as quatro técnicas de gerenciamento de transporte do trânsito, cobrança de pedágio, tecnologia e gerenciamento de acordo com a viagem, a fim de melhorar a confiabilidade do tempo de viagem e a redução de congestionamento na I-95 no Condado Miami-Dade. O vídeo pode ser visto em www.youtube.com/watch?v=U1VzpFcfU78.

Gerenciamento ativo do tráfego

O sistema de gerenciamento ativo do tráfego (ATM) envolve o uso de estratégias, ferramentas e recursos para gerenciar, controlar e influenciar dinamicamente o fluxo do tráfego das instalações de transporte, tais como rodovias, vias expressas, pistas especiais e rampas. As estratégias de ATM são implantadas em resposta às condições prevalecentes, possivelmente em combinação com a previsão das condições, por exemplo, a fim de evitar ou atrasar paralisações, aumentar a segurança, promover modais sustentáveis de viagem, reduzir emissões ou maximizar a eficiência do sistema.[15]
Conforme definido aqui, o ATM inclui várias das tecnologias e estratégias discutidas em outros lugares neste módulo e no Módulo 4, tais como a sinalização do tempo de viagem e de rota alternativa, controle adaptativo de sinal, controle adaptativo de rampa, gerenciamento sensível às condições meteorológicas e estratégias de gerenciamento de corredor integrado.

Na Virgínia do Norte, um projeto de $32 milhões para um sistema ativo de

gerenciamento de tráfego, que se estende ao longo da I-66, desde Washington, DC, até a divisa com Haymarket, VA, inclui novos pórticos de sinalização, controles eletrônicos de pista e de acostamento, quadros de velocidade, detecção de acidentes e de filas, além de maior cobertura das câmeras de tráfego. O vídeo de uma reunião de informação ao cidadão,
de 28 de julho de 2011, está disponível em
(www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=cf__pmSIR6s#!).

Harmonização de velocidade e limites variáveis de velocidade

Limites estáticos de velocidade são definidos para garantir segurança durante condições normais, porém eles não consideram eventos não recorrentes, como condições meteorológicas adversas, incidentes ou zonas de trabalho. O uso de limites variáveis de velocidade (VSLs), também conhecidos como harmonização de velocidade, tem sido proposto visando aumentar a segurança durante estas condições. Além das aplicações de segurança, os VSLs têm sido propostos para uso antes do congestionamento, como uma forma de limitar a progressão de uma onda de choque antecipada de gargalos de congestionamento e, assim aumentar a mobilidade. Avaliações do mundo real têm sido conduzidas sobre os impactos de segurança dos VSLs. Entretanto, os impactos de mobilidade têm sido avaliados usando simulações, em grande parte. A maior parte da implantação de VSL do mundo real tem sido aumentar a segurança em más condições meteorológicas ou outras condições de visibilidade reduzida. Uma recente revisão do uso dos VSLs discute diversas aplicações de segurança nos Estados Unidos e Europa.[16] O sucesso da harmonização de velocidade exige que os passageiros aceitem e compreendam as razões da mudança do limite de velocidade e os benefícios associados. As avaliações de eficácia, até o momento, têm mostrado resultados mistos. Em alguns casos, as implantações não foram eficazes em razão de os sensores de visibilidade
usados não serem confiáveis ou os veículos não estarem em conformidade com os limites reduzidos de velocidade.[16] Entretanto, em outros casos, as implantações de VSL foram eficazes. A fiscalização demonstrou-se um importante componente da aplicação bem sucedida. Em algumas implantações da Europa, a fiscalização é automatizada, o que tem sido eficaz no aumento da conformidade. Podem ser necessárias mudanças na legislação para a fiscalização efetiva de VSLs nos Estados Unidos. Na implantação efetiva, VSLs têm sido capazes de reduzir as velocidades do tráfego em condições adversas (em 8 ou 11 km/h) e tem aumentado a segurança por meio da redução da frequência e da severidade dos acidentes relacionados com as condições meteorológicas.[16]

Atribuição dinâmica de pista (Dynamic Lane Assignment)

A atribuição dinâmica de pista (DLA) refere-se ao uso de sinais de controle de pista para informar motoristas das mudanças nas condições da pista em razão de eventos, tais como incidentes, manutenção, construção e eventos meteorológicos, além de aconselhá-los a respeito da mudança de pista bem antes do fechamento daquela pista. Os quadros do controle de pista também têm sido usados para sistemas de pistas revertidas e para reatribuição de pista ativa em cruzamentos. Os sinais de controle de pista são geralmente instalados em conjunto com as mesmas estruturas aéreas, conforme aquelas usadas para sinais de limite de velocidade variável. Como no controle de velocidade, as instalações da Europa têm garantido que pelo menos um quadro de controle de pista esteja visível a todo o momento para motoristas, resultando em espaçamento das estruturas aéreas a cada 487 ou 1005 metros.[16]

Tipicamente, os sinais de controle de pista indicam fechamento de pista ao mostrar um "X" em vermelho acima da pista. Algumas vezes, o aviso antecipado ao motorista para a mudança de pista é também dado por meio de uma seta diagonal apontando para

uma pista adjacente. Na rodovia M42 no Reino Unido, os controles de pista e velocidade são realizados pela ativação de sinais em quatro estruturas aéreas próximas ao fechamento da pista. O primeiro indica uma redução no limite de velocidade. O segundo indica uma redução posterior na velocidade. Os dois locais remanescentes usam setas diagonais para fazer com que os motoristas mudem de pista. Exemplos de controle dinâmico de pista, nos Estados Unidos, incluem sistemas em Minneapolis, MN; Seattle, WA; I-66 na Virgínia do Norte e Dallas, TX.

Circulação de veículos no acostamento e Circulação somente de ônibus no acostamento

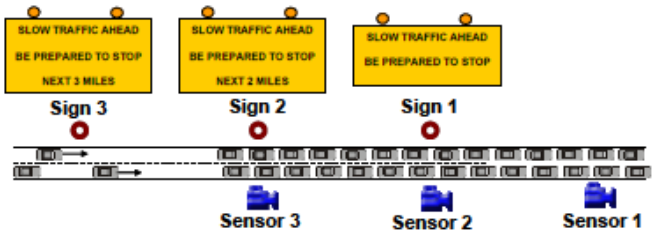
A circulação de veículos no acostamento, também chamada de uso temporário do acostamento, é usada para adicionar capacidade temporária à rodovia durante condições recorrentes e/ou não recorrentes de congestionamento. Uma série de exemplos de implantações existentes desta estratégia pode ser encontrada na Europa, incluindo Alemanha, Holanda e Reino Unido. Tem sido indicado que a movimentação durante gargalos pode ser aumentada de 7 a 20%.[16] Este aumento na movimentação é, evidente, devido a uma função da capacidade do gargalo sem a estratégia. Uma consideração importante da circulação de veículos no acostamento é que a operação deve estender-se além do local de gargalo. De outro modo, resultará em aumento de congestionamento pela alimentação de mais tráfego até o local do gargalo. A circulação de veículos no acostamento é tipicamente implantada em conjunto com outras estratégias ativas de gerenciamento, tais como limites variáveis de velocidade e controles de pista.

Em algumas cidades dos Estados Unidos e do Canadá é permitida a circulação de ônibus no acostamento. De maneira geral, isto é chamado de pista de circulação somente de ônibus. No lugar de ter plena operação de ônibus nos acostamentos, uma aplicação de custo compensador potencial é permitir que os ônibus utilizem os acostamentos como pistas de desvio ou pistas com sinal de prioridade de fila, a fim de evitar congestionamentos em um gargalo. O uso de acostamentos por ônibus tem sido implantado na Califórnia, Maryland, Minnesota, Ohio, Virgínia, Washington, Colúmbia Britânica e Ontário. Uma revisão desta implantações, e das lições aprendidas, pode ser encontrada em um relatório do Programa de Pesquisa Cooperativa de Trânsito (TCRP).[17] A experiência nacional indica economia de tempo de 5 a 15 minutos com o uso de acostamentos de rodovias, para viagens médias, dependendo do nível de congestionamento.

Aviso de fila

O tráfego interrompido ou lento nas rodovias é a causa principal de colisões. Além disso, veículos competindo por lacunas nas mudanças de pista próximas ao final da fila contribuem para distúrbios adicionais ao fluxo do tráfego. O aviso de fila é uma estratégia ativa de gerenciamento que tem sido usada para avisar motoristas a respeito de filas adiante e para direcioná-los através do tráfego, a fim de permitir que veículos alternados intercalem a partir de fechamento de pistas. O objetivo é efetivamente utilizar a capacidade disponível da rodovia e reduzir a probabilidade de colisões devido às filas.[16,18] O efeito desejado desta estratégia é que os motoristas tomem as ações adequadas, tais como redução de velocidade ou de mudança de pista. O aviso de filas pode ter apoio por meio do uso de VSL, a fim de enfatizar a necessidade de redução de velocidade. Um exemplo de configuração do sistema de aviso de fila é mostrado na Figura 6.[19]

Figura 6. Exemplo de configuração do Sistema de Aviso de Fila 19



Sistemas de vias principais

Esta seção discute estratégias e tecnologias específicas para o gerenciamento de ruas urbanas de acesso. Outras tecnologias e estratégias que contribuem para o gerenciamento de vias principais são apresentadas em outra seções deste módulo e no Módulo 4. Exemplos destas outras tecnologias e estratégias incluem DMS, gerenciamento ativo de tráfego, TMCs, arquivamento de dados, medição de desempenho, gerenciamento de incidentes e zonas inteligentes de trabalho. Como em outras TMS, deverá haver ligações entre as metas operacionais dos sistemas de vias principais, objetivos, estratégias e táticas, além das etapas do processo de planejamento de curto e longo alcance.

Sistemas de Sinal de Trânsito

A operação de sinais de trânsito é um dos serviços mais visíveis dispostos pelas agências de transporte para os passageiros. Os sinais de trânsito têm impacto significativo na mobilidade, confiabilidade, consumo de combustível e impactos ambientais do sistema de transporte. Assim, é crítico implantar operações efetivas dos sinais de trânsito e processos de gerenciamento. Estes processos envolvem o planejamento, projeto, operação, integração, manutenção e administração de um sistema de sinais de trânsito, visando otimizar a eficiência, mobilidade, segurança e confiabilidade da rede de rodovias de vias principais. O controle de sinais de trânsito está incluído no ATMS03 da NITSA.

Em 2012, a Coalizão Nacional de Operações de Transporte (National Transportation Operations Coalition) fez um levantamento da qualidade das operações dos sinais de trânsito nos Estados Unidos. Média dos resultados dada pelo levantamento foi um D+ em uma escala de A até F, em termos de qualidade geral da operação dos sinais de trânsito. A nota D+ de 2012 é uma ligeira melhoria sobre as notas D- de 2005 e D em 2007. As principais razões para os baixos resultados são de que os sinais geralmente não estão em funcionamento como um sistema eficiente, bem integrado; o gerenciamento ativo é limitado e os recursos não são bem gastos. Entretanto, a continua e lenta melhoria no resultado nacional mostra algum progresso por parte das agências que operam a maioria dos sinais de trânsito nos Estados Unidos. Os resultados também indicaram que agências grandes e médias que operam mais de 150 sinais de trânsito tiveram, como resultado médio, nota C na base nacional, o que é melhor do que a média geral D+.[20]

Componentes do Sistema de Sinais

Os tipos básicos do controle de sinais de trânsito incluem controles temporizados, semiautomáticos e totalmente automáticos. O controle temporizado consiste em uma série de intervalos com duração fixa. Este tipo de controle é adequado para cruzamentos com espaçamento próximo nas áreas centrais, onde volumes de tráfego e os padrões são consistentes, diariamente. O controle automático consiste em intervalos que são ativados e estendidos com base na presença de procura, conforme medido por detectores de veículos. O controle totalmente automático é usado para cruzamentos isolados, a fim de acomodar a variabilidade de padrões de tráfego. O controle semiautomático utiliza detecção somente para os cruzamentos e movimentos de curvas à esquerda em um cruzamento, considerando as fases associadas com a rua principal através de movimentos e operadas
como não automáticas. O controle semiautomático é geralmente aplicado em cruzamentos que são parte de um sistema coordenado de sinais.

O tipo de controle de sinal (temporizado, automático ou semiautomático coordenado) em um dado cruzamento influencia o projeto dos componentes do sistema. Em geral, os componentes básicos dos sistemas de controle de sinais incluem um controlador de sinal e cabine, cabeças aéreas de sinais e infraestrutura associada, um subsistema de detecção (automático e semiautomático), equipamento e programa central e um subsistema de comunicação. A implantação de outras estratégias avançadas, tais como sensíveis ao tráfego, antecipação e prioridade, conforme discutido posteriormente neste módulo, também pode afetar a seleção dos componentes do sistema de sinais. A qualidade da operação do cruzamento exige consideração cuidadosa da relação entre o projeto do sistema de detecção e as configurações do controlador de sinais. O equipamento e o programa central e as operações centrais de gerenciamento de tráfego tem um papel chave no sucesso do controle de sinais. Assim, é necessária uma completa compreensão da exigência do controle de sinal, antes de iniciar o processo de projeto dos componentes do sistema.

Programação dos Sinais de Trânsito

A programação ruim dos sinais de trânsito é uma das principais causas de atrasos no tráfego nas vias principais urbanas. Desta forma, a monitoração e a programação dos sinais de trânsito são uma das estratégias com custo compensador para a melhoria do desempenho do sistema de vias principais. A programação deve ter, por base, necessidades identificadas, tais como mudanças substanciais nos padrões de tráfego, atrasos excessivos ou longos e questões de segurança. O cronograma recomendado para programação dos sinais de trânsito tem ocorrido de três a cinco anos.[21]
Parâmetros básicos de programação de sinais, que precisam ser selecionados, incluem a duração do ciclo
, divisão do sinal verde, compensação, sequência de fase, proteções para curvas à esquerda e à direita, além de permissões, projeto de fase para pedestres e intervalos de liberação. O programa existente de otimização de sinais, possivelmente combinado com simulação microscópica, pode ajudar neste esforço. Entretanto, é

necessário o ajuste fino de campo da programação resultante, com frequência.

A coordenação dos sinais traz benefício adicionais em comparação com a otimização da operação de sinais isolados. Tal coordenação reduz as interrupções do tráfego ao longo das principais ruas. Uma série de métodos tem sido desenvolvida para determinar se a coordenação entre sinais adjacentes é benéfica.[22]Espera-se que os benefícios sejam maiores quando os sinais estejam próximos um dos outros e quando houver maior volume de tráfego entre os cruzamentos.

A meta principal é que a programação dos sinais de trânsito mantenha operação segura e eficiente dos cruzamentos controlados, considerando as políticas locais, regionais, Estaduais e Federais. Uma abordagem sensível ao contexto deve ser aplicada para a programação de sinais, a fim de, cuidadosamente, considerar o ambiente do cruzamento, as políticas locais e as consequências não previstas das mudanças de tempo dos sinais.

As agências de transporte têm monitorado continuamente as operações de seus sinais e feito ajustes, quando é detectada uma mudança nos padrões de tráfego ou nas condições geométricas. Esta resposta pode incluir ajustes menores nas configurações do detector e ajuste fino nos parâmetros de programação de sinais ou reajuste completo na programação dos sinais. As ferramentas do programa central devem ser usadas para informar as métricas de desempenho, tais como utilização de tempo de sinal verde, utilização de banda do sinal verde e chegadas ao sinal verde, permitindo as agências monitorar constantemente seus sistemas e utilizar os dados como uma base para modificar os parâmetros de seus sistemas. A monitoração proativa das operações de programação e manutenção de sinais deve incluir o estabelecimento da política de programação de sinais para atualizações regulares de tempo, inspeções de campo, manutenção contínua dos sistemas de sinais e comunicação para identificar questões com a programação dos sinais e soluções associadas, o mais breve possível.[21]Os objetivos operacionais precisarão ser estabelecidos e usados para tratar destes processos.

Um desafio das tarefas de programação de sinais é a dificuldade de transporte de engenheiros para avaliação do desempenho dos sistemas existentes em razão da falta de coleta e análise suficientes de dados. Várias agências não têm a medição de desempenho embutida em seus sistemas, embora isto possa ser feito utilizando as tecnologias atuais de equipamento e de programa. A razão para esta lacuna é que a agência deve estar comprometida com a medição do desempenho, além de devotar os recursos necessários para obter e manter o sistema necessário de detecção. Além disso, a otimização da programação de sinais exige recursos para coleta de dados, experiência com modelos de otimização, familiaridade com equipamentos e programas, além de conhecimento das operações de campo. Algumas agências limitaram os recursos e desenvolveram novos planos de programação de sinais. O Instituto de Transporte A&M do Texas, em um estudo para a FHWA, propõe técnicas de custo compensador que podem ser usadas para gerar bons planos de programação de sinais a serem usados por aquelas agências.[19]

Em 2001, A Skabardonis apresentou suas descobertas a partir de uma análise dos impactos da melhoria no controle de sinais, com base em um grande número de projetos implantados no mundo real.[23]
A média medida de economia, para sistemas coordenados, era de 7,4% de redução no tempo de viagem, 16,5% de redução nos atrasos e 17% de redução de paradas. Estes benefícios medidos, em geral, estão em concordância com as estimativas do

modelo.

Há programas em andamento para estudar a coordenação dos sinais de trânsito como uma das abordagens de custo mais compensador para melhoria da mobilidade no trânsito. Um vídeo de quatro minutos (www.marc.org/transportation/ogl/video.htm) explica como 20 cidades, dois Estados, o Conselho da Região Central da América do Norte e a FHWA estão trabalhando para melhorar o desempenho do sistema na Grande Kansas City. Além disso, a Comissão do Sudoeste da Pensilvânia

desenvolveu um programa regional de sinais de trânsito. Este programa produziu vídeos de "antes e depois" da programação dos sinais (eles podem ser encontrados em www.spcregion.org/trans_ops_traff_vids.shtml).

Estratégias avançadas de controle sinais

Os planos derivados de programação de sinais de trânsito, conforme descrito na seção anterior, são comumente aplicados em um cronograma fixo de acordo com a hora do dia e o dia da semana. Os parâmetros de programação e cronogramas de ativação do plano são definidos com base nas demandas históricas do tráfego e observações de campo. Entretanto, é possível que estes planos de programação não tirem proveito das variações dos padrões de demanda do tráfego, de maneira apropriada, entre os dias.

Para tirar melhor proveito da variabilidade das demandas de tráfego entre os dias, foram propostas estratégias do sistema sensível ao tráfego (TRS) para implantação, desde os anos 70. Normalmente, o TRS utiliza as medições de volume e/ou ocupação de tráfego de alguns detectores de sistema para selecionar o plano de programação a ser ativado a partir de uma biblioteca de planos, no lugar de selecionar os planos com base na hora do dia. Uma série de questões com o TRS limitaram seu uso. O TRS é destinado a ajustar os planos de programação para que atendam a diferentes condições de tráfego. No entanto, o TRS seleciona um plano de programação a partir de uma biblioteca de planos com base nos dados históricos. Assim, os novos padrões não considerados nestes planos não podem ser acomodados pelo TRS. Além disso, a transição entre os planos tem impactos negativos sobre a operação coordenada durante o período de transição. Desta forma, o número de transições deve ser limitado, a fim de evitar o impacto negativo. O TRS também é basicamente lento nas respostas para as mudanças nas condições de tráfego.

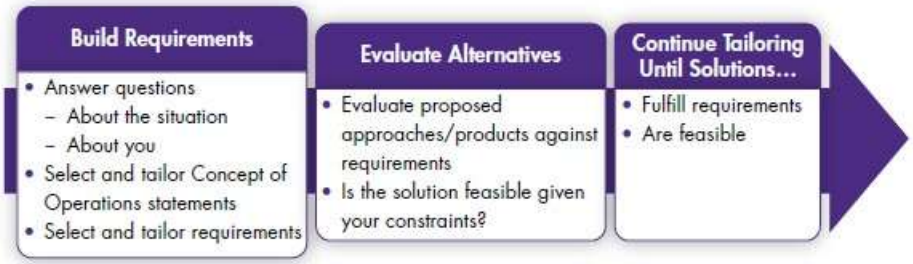
Por estas razões, tecnologias adaptativas de controle de sinal (ASCTs) têm sido implantadas desde o início dos anos 80 e têm sido consideradas, ainda mais, pelas agências de transporte nos anos recentes para corredores críticos ou subredes. Um sistema ASCT ajusta continuamente, em tempo real, os parâmetros de programação de sinais de trânsito com base nas condições atuais de tráfego. Há vários produtos ASCT que variam nos algoritmos usados,
exigências de detecção e a flexibilidade das diferentes demandas de tráfego. A mobilização de sistemas de controle adaptativo de sinais de trânsito permanece limitada nos Estados Unidos em razão
de preocupações da agência com relação aos custos, exigências de instalação e de operação; complexidade; incerteza associada com os benefícios destes sistemas; exigências de detecção; a necessidade de atualizações de equipamentos e de programas, além da necessidade de treinamento adicional de equipes.[24]
Entretanto, novos sistemas têm sido desenvolvidos e espera-se que sejam desenvolvidos para que solucionem algumas destas preocupações.

O FHWA deu início a Iniciativa todo o dia conta, da ASCT, para oficializar o uso da

tecnologia de controle adaptativo de sinais de trânsito. A meta é que, nos casos onde as condições de tráfego, as necessidades da agência, os recursos e a capacidade garantam o uso do ASCT, este deva ser implantado. O FHWA produziu o "Documentos de Modelo dos Sistemas de Engenharia para Sistemas de Tecnologia de Controle Adaptativo de Sinais de Trânsito - Guia de orientação"[25] para auxiliar agências na tomada de decisões com respeito à implantação do ASCT, a fim de reduzir o nível de esforço e tratar dos riscos associados com a aquisição do ASCT. O guia

recomenda às agências que consideram a implantação de um sistema de controle adaptativo de sinais de trânsito produzam documentos de engenharia de sistemas que justifiquem e estabeleçam as bases da mobilização. Estes documentos incluem o conceito de operações, exigências do sistema, plano de verificação, plano de validação e plano de aquisições. A Figura 7 apresenta uma visão geral da engenharia de sistemas para a definição do ASCT.

Figura 7. Visão geral da engenharia de sistemas para a definição do ASCT. 25



As últimas avaliações indicam que controle adaptativo de sinal de trânsito poderia reduzir o tempo de viagem de 5 a 7%, durante os períodos de pico de manhã e à noite, e de 10 a 12% durante os períodos de meio-dia e fim de semana, sobre planos típicos de hora do dia, dado que o sistema não esteja saturado.[26] Embora haja um acordo de que a mobilização do ASCT não resolva condições de tráfego saturadas provocadas por restrições de capacidade, ela pode ser capaz, em certas condições, de atrasar o início da saturação e reduzir sua duração.

O Condado de Santa Clara implantou um controle adaptativo de sinal de trânsito que considera os pedestres e utiliza sensores de pedestres. Um vídeo sobre o projeto pode ser encontrado em www.youtube.com/watch?v=doXpCB3_nDA.

Antecipação de Sinal de Trânsito em Passagens de Nível

Normalmente implanta-se a antecipação em passagens de nível e pontes levadiças, além de dar aos veículos de alta prioridade (tais como trens, embarcações, veículos de emergência) a preferência, conforme se aproximam dos sinais de trânsito. Os sistemas de gerenciamento de tráfego de vias principais tipicamente permite que diferentes cronogramas de antecipação sejam programados nos controladores de tráfego, cada um com um nível de prioridade, por exemplo, para dar a antecipação da ferrovia uma prioridade mais alta do que a antecipação de um veículo de emergência.

A antecipação de sinais de trânsito próximos a passagens de nível é necessária, a fim de evitar colisões entre trens e automóveis. Os sinais de trânsito são antecipados caso seja esperado que a fila da passagem de nível tenha o potencial de estender-se além da via férrea próxima, em razão das operações do sinal de trânsito. A antecipação também deve ser considerada quando o tráfego da passagem de nível puder retornar para cruzamentos adjacentes.[27]

A antecipação pode dar aos motoristas uma oportunidade de liberar as passagens de

nível antes que um trem chegue. O *Manual de Dispositivos Uniformes de Controle de Tráfego (Manual on Uniform Traffic Control Devices)* da FHWA exige a antecipação em todos os sinais localizados dentro de 60 metros da passagem de nível.[28] Entretanto, diversas agências informaram que é geralmente necessário aplicar a antecipação além da distância recomendada de 60 metros

, apontando a necessidade de uma análise detalhada das filas, no lugar de uma distância específica.[29]

Uma série de tecnologias de ITS foi proposta ou usada para dar atenção às passagens de nível. Três pacotes informados de serviços têm sido incluídos nos diferentes níveis de tratamento NITS das implantações de ITS às passagens de nível (ATSM13, ATMS14 e ATMS15). Os detectores de fila, localizados antes dos trilhos na aproximação do sinal de trânsito, podem ser usados para permitir a ativação da sequência de antecipação quando uma fila é detectada. Outra estratégia possível é o equipamento da passagem de nível notificar, para um trem em aproximação, de qualquer falha nas operações da passagem de nível ou de veículos parados sobre os trilhos e, para o sistema de detecção de trem, notificar o controlador de falhas na detecção.
As avançadas tecnologias de detecção ou as tecnologias de rastreamento de trens podem ser usadas para notificar ao controlador a respeito do tempo mais preciso da chegada do trem. A comunicação centro a centro
entre as agências de rodovias e de ferrovias pode ser implantada para troca de informações
entre as agências sobre incidentes, falhas, eventos especiais e atividades de manutenção. Além disso, informações sobre a aproximação de trens e incidentes relacionados podem ser enviadas ao DMS, localizado antes da passagem de nível e para os provedores de serviços de informação.

A implantação de estratégias avançadas nas passagens de nível é complicada, em razão da necessidade de coordenação entre duas ou mais agências de ferrovias e de rodovias. Um levantamento da agência indicou a importância colocada, dos que responderam às pesquisas, na melhoria dos esforços de coordenação entre a operação de vias férreas e a agência de rodovias nas atividades, tais como projeto, implantação e manutenção.

Antecipação e Rota de Veículo de Emergência (EVP)
O controle de antecipação também é usado para dar prioridade aos veículos de emergência (principalmente bombeiros e serviços de emergência médica) em resposta às emergências. O objetivo da antecipação de veículos de emergência (EVP) é reduzir o tempo de resposta de emergências, aumentar a segurança e melhorar os níveis de estresse do pessoal dos veículos de emergência, além de reduzir colisões envolvendo veículos de emergência em cruzamentos. Espera-se que a redução no tempo de resposta reduza a duração dos incidentes de tráfego e, assim, congestionamentos, a probabilidade de óbito nos incidentes e a gravidade em caso de incêndio. Este serviço é classificado como um serviço de gerenciamento de emergência na NITSA e é coberto pela EM02.

Uma série de tecnologias tem sido usada para EVP, incluindo tecnologias com base em rádio, GPS, luz, infravermelho e som. A antecipação pode ser ativada seja por controladores locais ou por sistema central. As decisões precisam ser tomadas com respeito às tecnologias de apoio e a configuração da implantação do EVP, com base na

identificação cuidadosa das exigências do projeto. Algumas cidades instalaram equipamentos de antecipação EVP em 100% dos sinais de trânsito. Outros instalaram equipamentos EVP somente ao logo de caminhos geralmente usados pelos veículos de emergência, em cruzamentos com problemas identificados ou em novos sinais isolados de trânsito.[30] Várias agências limitam o EVP para caminhões de resgate e de bombeiros.

Uma vez que o EVP pode envolver diversas agências rodoviárias e ferroviárias, estas agências devem estar envolvidas na identificação das exigências do sistema e devem trabalhar juntas, a fim de garantir o planejamento eficiente, mobilização e operação dos sistemas EVP. Uma consideração principal na seleção da tecnologia, e nos produtos de apoio, é a interoperabilidade com os sistemas das partes interessadas na área local e possibilidade de jurisdições próximas. Em razão do EVP e da prioridade do sinal de trânsito (TSP) poder usar as mesmas tecnologias de apoio de apoio, a implantação do EVP deve considerar a TSP atual ou futura, a fim de reduzir o custo e a complexidade da implantação. Outra questão que deve ser considerada é a capacidade do sistema EVP implantado tratar de múltiplas chamadas de prioridade conflitante. Esta capacidade é importante, em razão dos operadores de veículos de emergência assumirem que eles terão a preferência ao aproximarem-se de um sinal de trânsito e de não estarem cientes da exigência de solicitações conflitantes.

Ao contrário da antecipação de passagens de nível, descritas anteriormente, os intervalos mínimos de liberação e de sinal verde de pedestres e veículos não são reduzidos, assim o EVP não garante imediatamente a aproximação de um veículo de emergência. Desta forma, os motoristas de veículos de emergência precisam estar preparados para parar, caso a disposição da luz verde seja atrasada. Estes motoristas devem ser treinados nas operações e limitações do EVP.

Outra estratégia é o encaminhamento de veículos de emergência, sejam sozinhos ou em combinação, com a antecipação dos sinais de trânsito. Isto pode envolver a identificação de rotas estáticas offline, utilizando as técnicas de designação do caminho mais curto e/ou encaminhamento dinâmico de veículos de emergência em tempo real, levando em consideração a informação do tráfego em tempo real. As aplicações em tempo real podem calcular a melhor rota no início da viagem ou de recalcular, de forma dinâmica, a melhor rota a partir da localização do veículo até o destino, conforme o progresso do veículo de emergência através da rede, levando em consideração o nível de mudança do congestionamento. As rotas podem ser calculadas automaticamente pelo programa de despacho
, possivelmente permitindo a verificação de rotas sugeridas pelos operadores de expedição.
Na definição das necessidades de serviço das agências de resgate e de bombeiros, as jurisdições consideram os tempos de crescimento de um incêndio e as taxas de sobrevivência para pacientes cardíacos junto com as condições locais, incluindo densidade de desenvolvimento e potencial de perda. A antecipação dos veículos de emergência pode levar a melhorias na segurança do veículo de emergência e nos tempos de resposta, assim aumentando o raio de serviço efetivo de uma única estação.

Prioridade dos Sinais de Trânsito (TSP)

Uma das estratégias de gerenciamento amplamente investigada nas áreas urbanas tem sido a de tratamentos preferenciais de veículos no trânsito. Estes tratamentos preferenciais têm sido justificados pelo fato de que um ônibus pode transportar significativamente mais passageiros do que um carro de passeio. Assim, espera-se

tratamentos que favoreçam ônibus na redução do total de pessoas/hora de viagem e incentivem a mudança de modal no trânsito. Os tratamentos preferenciais dos veículos de trânsito têm incluído pistas para ônibus, pistas com sinal de prioridade de fila e prioridade de sinais de trânsito (TSP).

O TSP é uma estratégia operacional que tem por objetivo dar prioridade para veículos de trânsito em cruzamentos sinalizados por meio da extensão do sinal verde e da redução do sinal vermelho, a fim de reduzir o

tempo de trânsito destes veículos. A meta é melhorar o tempo de viagem, a confiabilidade, aumentar a movimentação do total de pessoas do sistema e aumentar a atratividade dos veículos de trânsito com mínimo de impacto às operações normais de tráfego.

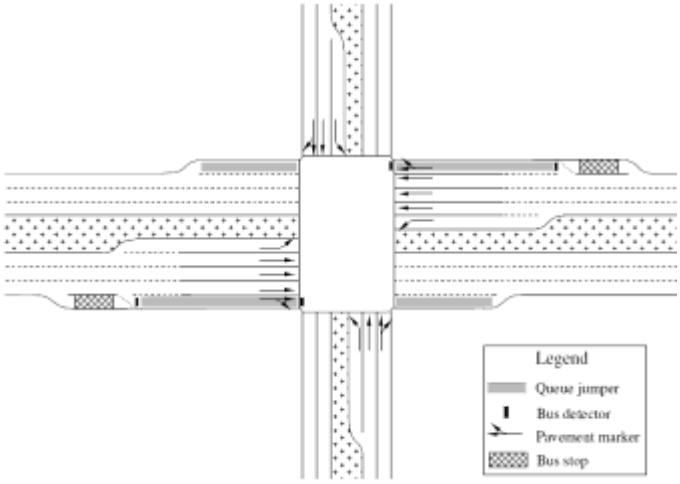
Embora as estratégias de antecipação e de prioridade possam usar equipamentos similares, as duas estratégias são diferentes. A prioridade de sinais modifica a operação normal do sinal de trânsito para acomodar os veículos de trânsito, considerando a antecipação interrompe a operação, conforme descrito na seção anterior. Deve ser dada atenção cuidadosa na minimização do impacto nas operações gerais de tráfego.

O TSP dispõe de tratamento preferencial dos veículos de trânsito sobre outras classes de veículos em um cruzamento sinalizado sem fazer com que os controladores de sinais de trânsito diminuam as operações coordenadas. O TSP pode ser implantado em uma variedade de abordagens, incluindo antecipação de sinal verde (truncamento de sinal vermelho), extensão do sinal verde, inserção de fase, rotação de fase e prioridade passiva.[31] Uma estratégia de extensão de sinal verde aumenta o tempo do sinal verde quando um veículo de trânsito aproxima-se do sinal quando estiver verde. Uma estratégia de antecipação de sinal verde, também chamada de truncamento de sinal vermelho, encurta os tempos de sinal verde das fases conflitantes para retorno mais rápido ao sinal verde, a fim de atender aos veículos de trânsito que devem receber alta prioridade. A inserção de fase envolve fases de trânsito automático, exigidos somente quando um veículo de trânsito é detectado. Um exemplo é a disposição de uma fase de proteção de curva à esquerda somente para os veículos de trânsito. Outra estratégia é a rotação de fase, que pode ser implantada para afetar a sequência de fase de sinal , quando um veículo de trânsito é detectado. Isto, por exemplo, poderia incluir a mudança de uma sequência de avanço/atraso de curva à esquerda para uma sequência de atraso/avanço.

As estratégias de TSP descritas acima podem ser classificadas como estratégias de prioridade ativa. As estratégias de prioridade passiva não exigem modificações de equipamento e de programa. A prioridade passiva é aplicada com base no conhecimento da rota de trânsito, cronograma, tempo de contato e número de passageiros sem detectar os veículos de trânsito, conforme se aproximam do cruzamento. Outra estratégia de prioridade passiva é estabelecer a progresso do sinal para veículos de trânsito.

Um sinal de prioridade de fila é um tratamento preferencial, para ônibus, que combina uma curta extensão de uma pista especial com um TSP, a fim de permitir que ônibus avancem nas filas de espera de tráfego e, então, cortem a fila, obtendo um sinal verde antecipado (veja a Figura 8). Diversas jurisdições têm implantado também pistas de ônibus que são dispostas exclusivamente para o uso de ônibus, onde a demanda de trânsito justifique seu uso.

Figura 8. Exemplo de Configuração de um Sinal de Prioridade de Fila



Fonte: Universidade Internacional da Flórida.

Questões similares àquelas discutidas para a antecipação dos veículos de emergência são associadas com a prioridade de ônibus e outros tratamentos preferenciais de ônibus. Conforme acontece com a antecipação, é necessária a abordagem sistemática com o envolvimento de múltiplas agências para o planejamento, projeto, implantação, operação, manutenção e avaliação do TSP.

A experiência das implantações anteriores indica uma redução do tempo de viagem de ônibus de cerca de 15%, dependendo do atraso do sinal de saída, com impacto menor nas operações gerais de cruzamentos. A maioria dos estudos de avaliação dos tratamentos preferenciais de trânsito tem sido executada usando análise de simulação, embora haja poucos estudos de avaliação de campo.

Sistemas de Informação de Orientação em Estacionamentos

Os sistemas de informação de orientação em estacionamentos (PGI) oferece informações de disponibilidade em estacionamentos para motoristas. Estes sistemas monitoram a oferta e a procura de espaços em estacionamentos e oferecem orientações aos motoristas a respeito das vagas disponíveis para estacionamento. O resultado é o uso mais eficiente do espaço de estacionamento, reduzido atraso no tempo gasto na busca por vagas de estacionamento e reduzidos
atrasos na rede de transporte no entorno.

A informação de disponibilidade de vagas de estacionamento é tipicamente apresentada como uma condição, tal como "Lotado", "Vagas disponíveis", "Fechado" e "Quase lotado". Informações adicionais que podem ser dadas incluem o tipo de instalação de estacionamento, setas direcionais, informação regulamentares e informações de operação.

Os sistemas PGI podem ser para uma única instalação (tratada por pacote de serviços ATMS16 na Arquitetura Nacional do ITS (National ITS Architecture)) ou uma região

(ATMS17). Os sistemas PGI exigem equipamentos que detectam o número de veículos que entram e saem do estacionamento ou área e, em alguns projetos, vias individuais ou mesmo vagas. A detecção de veículos pode ser feita por meio de uma tecnologia de detecção, tal como circuitos indutivos ou uma tecnologia não intrusiva de detecção de veículos. As contagens de veículos também podem ser obtidas por meio da contagem da abertura do portão da instalação de estacionamento

ou o número de pessoas com tíquetes automáticos de estacionamento ou cartões inteligentes. De forma geral, os sistemas PGI utilizam uma combinação de sistemas estáticos e DMS para disseminar as informações para motoristas, com respeito à disponibilidade das vagas de estacionamento.

Gerenciamento de Corredor Integrado

O gerenciamento de corredor integrado (ICM) pode ser definido como uma coleção de estratégias operacionais e de tecnologias avançadas que permite aos subsistemas de transporte, gerenciados por uma ou mais agências de transporte, operar de maneira integrada e coordenada, desta forma, aumentando a movimentação geral do sistema e aumentando a mobilidade, confiabilidade e segurança dos usuários do corredor. Uma iniciativa de ICM consiste na coordenação operacional de múltiplas redes de transporte e conexões cruzadas de redes que formam um corredor e a coordenação de instituições responsáveis pela mobilidade do corredor.[32]
Os subsistemas de transporte podem incluir rodovias, vias principais, estacionamentos, trânsito público e instalações de frete.

O ICM inclui um conjunto de procedimentos, processos e sistemas de informação que dão suporte aos gerentes de sistema de transporte na tomada de decisões coordenadas e proativas envolvendo sistemas multimodais e de instalações múltiplas de transporte. Com o ICM, os profissionais de transporte gerenciam o corredor de transporte como um sistema multimodal - no lugar de utilizar uma abordagem mais tradicional de TMS dos modais e instalações individuais de gerenciamento. O Departamento de Transportes dos Estados Unidos (USDOT) deu início a uma iniciativa de ICM em 2005 com o objetivo de gerenciar um corredor de transporte como um sistema integral e otimizar o uso dos recursos de transporte através de todos os modais de transporte dentro do corredor.[33]

Necessidades das Estratégias de ICM

O princípio básico do ICM é que o gerenciamento dos componentes individuais do corredor de transportes, tais como modais e instalações, pode ser muito mais eficiente se realizado de maneira integrada e coordenada. Um dos documentos produzidos pelo programa ICM do USDOT 34 revisou as necessidades identificadas para oito locais de demonstração selecionados pelo programa ICM, a fim de investigar estratégias ICM apropriadas. A seguir está um resumo das necessidades de alto nível que foram identificadas:

- Compartilhamento e coordenação de informações através de diferentes sistemas de transporte
- Otimização da oferta (capacidade disponível de vários modais e instalações) e procura para serviços de transporte dentro do corredor
- Necessidade de um processo informativo de tomada de decisões para auxiliar a

implantação do ICM

- Necessidade de disseminar informação para o passageiro que afete as decisões de rota, modal e tempo de viagem dos passageiros
- Análise e previsão do desempenho do sistema para planejamento e operações em tempo real
- Estimativa de comportamento de passageiros em resposta às estratégias de gerenciamento

Programa ICM do USDOT

A iniciativa, de sete anos, de ICM do USDOT compreende quatro fases.[35,36] Estas fases têm por objetivo o desenvolvimento de novas abordagens para gerenciamento eficiente dos ativos existentes dentro de um corredor. Espera-se que os elementos das fases 2 a 4 ocorram simultaneamente.

Fase 1 foi concluída no início de 2006 e tinha como foco a revisão das práticas existentes do gerenciamento de corredor, pesquisa inicial de viabilidade e o desenvolvimento do guia inicial de técnicas, incluindo o "Guia de Implantação de ICM"(ICM Implementation Guidance) [37] e os “Conceito de Operações de ICMS para um Corredor Genérico.” (ICMS Concept of Operations for a Generic Corridor) [38] Um documento chamado Conceito de Operações do ICM identifica as estratégias pretendidas de ICM para implantação, os benefícios em potencial e as partes interessadas. A Fase 2 desenvolveu ferramentas e métodos analíticos que permitiram a implantação e avaliação das estratégias de ICM. A Fase 3 incluiu o modelo, a demonstração e a avaliação das abordagens de ICM que parecem oferecer o maior potencial. Na Fase 3, as abordagens de ICM, desenvolvidas pelos três locais de demonstração, foram modeladas utilizando diferentes plataformas de simulação de múltiplas resoluções. Inicialmente, todos os oito locais desenvolveram conceito de operações específicas por local e documentos de exigências. Três locais, dentre os oito, foram selecionados para a aplicação dos métodos de análise, modelo e simulação (AMS). Estes três locais foram Dallas, TX, Minneapolis, MN e San Diego, CA. A Fase 4 envolveu a transferência de tecnologia de alcance e conhecimento, a fim de permitir que os profissionais no país implantassem as estratégias de ICM. Os sistemas em Dallas e San Diego entraram na fase inicial de operação.

Outras regiões deram início à implantação das estratégias de ICM dos tipos investigados pela iniciativa de ICM. Exemplos de tais implantações incluem o corredor I-80 em Oakland, CA, o I-5 e o US 97/OR 58 Sistemas de Transporte Avançado Califórnia/Oregon (COATS), o corredor I-75 em Detroit, MI, o Corredor de Prioridade ITS Gary-Chicago-Milwaukee, a Coalizão de Tecnologia de Transporte Internacional Niagara (NITTEC), o corredor
I-10 em Phoenix, AZ e o Sistema de Gerenciamento do Corredor Integrado de Três Estados
(Califórnia, Oregon e Nevada).

Estratégias operacionais para satisfazer as necessidades de ICM

Uma série de estratégias de ICM foram propostas para satisfazer as necessidades resumidas anteriormente De acordo com os documentos do USDOT, as estratégias de ICM podem ser organizadas em quatro categorias:[39]

- Compartilhamento e coordenação de informações entre agências
- Melhoria da eficiência operacional com base na operação coordenada
- Promoção de mudanças de rede cruzada
- Planejamento de operações

A seguir estão exemplos de estratégias que podem ser propostas em cada uma das quatro categorias.

1. Compartilhamento e coordenação. Exemplos destas categorias incluem o seguinte:

- Coleta de dados em tempo real para rodovias, vias principais, veículos de trânsito e estacionamentos associados
- Respostas coordenadas de apoio, a fim de reduzir o impacto de eventos, incluindo compartilhamento de informações entre os operadores do sistema de transporte e de segurança pública durante emergências e incidentes
- Coordenação de construção e manutenção, além de compartilhamento de informações através de todas as instalações e modais
- Compartilhamento de informação sobre serviços de trânsito com respeito a incidentes, condições do serviço, localização de veículos e cronogramas de trânsito
- Definição de padrão de ações para coordenação

2. Melhoria da eficiência operacional com base em operação coordenada. Estas estratégias envolvem operação coordenada entre rodovias, pistas gerenciadas, vias principais de rodovias e instalações de trânsito para melhor uso da capacidade disponível, além de acomodação de rota de rede cruzada e mudanças de modal, conforme os exemplos abaixo:

- Modificação da programação dos sinais de vias principais para acomodar a mudança de tráfego nas rodovias
- Modificação das razões de controle de rampa para acomodar a mudança de tráfego nas estradas principais
- Modificação dos horários de ônibus para acomodar a mudança de modal em razão de acidentes
- Gerenciamento de estacionamentos para acomodar mudança na demanda
- Sinais para veículos de trânsito como prioridade, caso o veículo esteja atrasado
- Pagamento eletrônico multimodal de pistas gerenciadas, trânsito e estacionamento
- Antecipação de sinal de trânsito e recomendação de melhor rota para veículos de emergência

3. Promoção de mudanças de rede. Este recurso inclui o seguinte:

- Disseminação de informação, a fim de permitir a seleção de rotas alternativas, cronogramas e modais de viagem com base nas condições atuais e antecipadas de viagem
- Promoção de mudanças de rota entre rodovias por meio da disseminação de informação ao passageiro
- Promoção de mudanças de modais de rodovias para o trânsito por meio da disseminação de informação ao passageiro
- Promoção de mudanças entre instalações de trânsito por meio de disseminação de informação ao passageiro

- Encaminhamento de nova rota para ônibus em torno de grandes incidentes

4. Planejamento de operações. Exemplos destas categorias incluem o seguinte:

- Arquivamento e modelo de dados
- Planejamento de atividades de gerenciamento coordenado de incidentes

- Modelo e análise de conversão de pistas regulares para pistas gerenciadas
- Análise de capacidade otimizada de trânsito em coordenação com a capacidade da rodovia durante congestionamentos recorrentes, incidentes e eventos especiais
- Análise de controle de uso de pista (pistas reversíveis/de contrafluxo)
- Coordenação de manutenção programada e atividades de construção entre agências
- Modelo e análise de pista de ônibus no acostamento ou de desvio de congestionamento

Gerenciamento de condições meteorológicas na rodovia (RWM)

As condições meteorológicas têm um grande efeito na segurança do sistema de transporte. Entre 2005 e 2008, condições meteorológicas inclementes foram o fator para 1,3 milhões de colisões que provocaram 6.000 fatalidades e 400.000 feridos.[40] Além disso, as condições meteorológicas são a segunda maior causa de congestionamentos não recorrentes, seguidas por incidentes. O gerenciamento de condições meteorológicas (RWM) foi proposto para mitigar impactos meteorológicos. As estratégias de RWM podem ser desenvolvidas e aplicadas para todos os tipos de instalações e modais de transporte. Estes sistemas são discutidos com mais detalhes no Módulo 4.

Centros de gerenciamento de transporte

Os centros de gerenciamento de transporte (TMCs) são o concentrador ou ponto de concentração dos sistemas de gerenciamento de transportes. É no TMC que as informações sobre a rede de transportes, incluindo o sistema de rodovias, sistema de sinais de trânsito e sistemas de trânsito são coletadas, processadas, reunidas e usadas para a tomada de decisões, a fim de gerenciar o sistema de forma eficiente. O TMC também é o ponto principal de coordenação e comunicação com informações relacionadas com transporte para a mídia, provedores de serviços de informação, agências de fiscalização e emergências além do público motorizado.

Dependendo do tamanho da região e das funções desempenhadas, o número e os tipos de atividades no TMC podem ser muito complexos. Um TMC abriga equipamento central, programa e pessoal para monitorar, controlar e operar o sistema de transporte. Vídeos e dados dos dispositivos de infraestrutura de campo, unidades móveis e outras agências na
região são recebidos no TMC, permitindo ao programa e operador do sistema avaliar as condições do sistema. Usando esta avaliação, o programa central determina as estratégias apropriadas de gerenciamento e oferece recomendações aos operadores do TMC para execução das estratégias ou protocolos específicos. O TMC também pode disseminar informações para passageiros através do DMS e outros dispositivos de gerenciamento e compartilhar informações com outras agências de transporte e de

emergência, provedores de serviços de informação e outras agências relacionadas.

Os centros de gerenciamento de transporte podem ser classificados, com base em suas funções e escopo, em três tipos discutidos abaixo.[41, 42] Embora tradicionalmente estes três tipos de centros tenham sido implantados em instalações físicas separadas, centros de

jurisdições múltiplas foram implantados recentemente, de forma a combinar a funcionalidade dos três tipos de centros.

Centro de Gerenciamento de Rodovias (FMC): Os FMCs tipicamente são responsáveis pela monitoração e controle do tráfego em instalações de acesso limitado. Um das principais funções destes centros é o gerenciamento de incidentes, o que envolve a detecção, verificação, resposta e gerenciamento ativo de incidentes e a disseminação de informações relacionadas aos passageiros (o gerenciamento de incidentes é discutido no Módulo 4). Os FMCs são também os centros de comando para outras estratégias de operação e gerenciamento de rodovias, discutidos neste módulo e no Módulo 4, incluindo controle de rampa, pistas gerenciadas, estratégias de gerenciamento
ativo de tráfego, zonas de trabalho inteligente e gerenciamento de tráfego sensível às condições meteorológicas. O FMC tipicamente gerencia um grande número de dispositivos de campo instalados nos corredores de rodovias, incluindo detectores de ponto de tráfego, leitoras de detectores de veículos, câmeras de circuito interno de TV, sinais de mensagens dinâmicas, informação de condições meteorológicas da rodovia, unidades de sistemas, controladores de tráfego e sinais de rampa. Os FMCs também se comunicam e se coordenam com outras agências na região, tais como serviços de emergência, manutenção da ordem pública, equipes de materiais perigosos (HAZMAT), empresas de caminhões reboque e empreiteiras de manutenção. Além disso, os FMCs recebem chamadas de motoristas e disseminam informações do sistema de transporte.

Centro do Sistema de Sinais de Trânsito: Estes centros têm por objetivo a monitoração e o controle de sinais de trânsito em redes de vias urbanas de superfície. As funções incluem a tomada de decisão com respeito à implantação e expansão de sistemas de sinais, atualização dos parâmetros de controle de sinais e monitoração das condições de funcionamento do equipamento. Os centros monitoram o desempenho do tráfego e atualizam a programação do sinal quando necessário. O nível de monitoração e resposta e o grau de automação destas tarefas dependem da sofisticação do centro. Espera-se que os centros do sistema de sinais de trânsito comecem a implantar estratégias de gerenciamento ativo e gerenciamento avançado de incidentes, aplicáveis ao gerenciamento de vias urbanas. O centro de sistema de sinais de trânsito também pode interagir com os centros de gerenciamento de rodovias, centros de gerenciamento de trânsito, gerenciamento de emergência e outros centros na região, além de participar na implantação de gerenciamento e operações dos sistemas de transporte (TSM&O) e estratégias de ICM, discutidos anteriormente.

Centro de gerenciamento de trânsito (TRMC): Os TRMCs rastreiam e gerenciam o trânsito de frotas. Dependendo do centro, a frota pode incluir ônibus, vagões e veículos de transporte especial. Uma série de tecnologias tem sido implantadas para rastrear e monitorar o local e a velocidade de veículos de trânsito, além de outros parâmetros críticos no gerenciamento de trânsito. Detalhes do gerenciamento de trânsito e tecnologias associadas são apresentados no Módulo 7, "Transporte Público" (Public Transportation). Conforme acontece com outros centros, o TRMC deve coordenar

várias funções com outros centros na região e participar nas iniciativas de ICM e de TSM&O na região. Isso pode incluir, por exemplo, a coordenação de prioridade de sinais de trânsito com sistemas de controle de sinais de trânsito e tratamentos preferenciais do trânsito em pistas gerenciadas e rampas controladas com o FMC. Também é possível coordenar com os centros de rodovias e de controle de sinais para identificação de rotas alternativas e modais, em caso de incidentes, e informar a estes centros de quaisquer condições incomuns de trânsito observadas por motoristas.

É necessária a coordenação com as agências de segurança pública para transmissão de sinais de socorro a partir de veículos de trânsito ou estações de trânsito.

Em implantações em tempo real, as funções do FMC são incluídas no que é denominado de centro de gerenciamento de tráfego regional ou um departamento de transporte ou um centro de gerenciamento de tráfego da autoridade de pedágio. O termo FMC não é comumente usado. Algumas vezes, os centros são responsáveis pelo gerenciamento da mobilização de ITS em ruas de acesso além de rodovias. Do mesmo modo, uma variedade de nomes é usada para fazer referência aos centros de sinais de trânsito e TRMCs na implantação no mundo real. Uma implantação real do TMC pode servir a uma única jurisdição ou múltiplas jurisdições dentro de uma área metropolitana, uma grande região ou mesmo todo um Estado. Em algumas regiões, TMCs regionais de múltiplas jurisdições têm sido estabelecidos de forma a incluir várias agências de gerenciamento de transporte e de fiscalização na região.

Centros de gerenciamento de tráfego bem operados e bem gerenciados são críticos para o sucesso do TMS. Centros avançados de gerenciamento de tráfego têm sido estabelecidos nos Estados Unidos. No entanto, um estudo de 2005 da Controladoria Geral da União dos EUA (GAO) descobriu que alguns centros de gerenciamento de tráfego não têm equipe dedicada para monitoração das condições de tráfego, o que limita sua capacidade de gerenciar congestionamentos.[43]

Uma consideração crítica é estabelecer a coordenação efetiva entre TMCs regionais. A coordenação deve ser considerada durante todas as fases da implantação do TMC, incluindo planejamento inicial, projeto, implantação e operação do TMC. O elemento mais importante da coordenação centro a centro é o compartilhamento de informações. A informação pode ser compartilhada em tempo real, durante eventos, tais como incidentes, zonas de trabalho e eventos especiais; offline, como parte do planejamento de eventos ou pós-evento, assim como em uma avaliação de acompanhamento .[44] No planejamento de eventos, as agências devem concordar sobre as ações detalhadas a serem realizadas, quem é responsável por cada ação e como a informação será compartilhada. Durante o evento, informações detalhadas com respeito às atividades de gerenciamento associadas e ao evento devem ser compartilhadas. A avaliação pós-evento deve incluir análise passo a passo das atividades de gerenciamento e recomendações para melhorias. Outro exemplo importante da coordenação e compartilhamento de informações centro a centro é a necessidade de coordenar o controle de sinais em jurisdições adjacentes. A coordenação centro a centro é o componente chave nas implantações de TSM&O e ICM, em razão de permitir que as agências trabalhem juntas, a fim de maximizar a utilização de todos os recursos para que as metas e os objetivos regionais e da agência sejam alcançados.

Programa Estadual de TMC do Departamento de Transporte da Flórida, com vídeos descrevendo a mobilização (www.itsa.wikispaces.net/file/view/SUNGUIDE1.mp4,

www.itsa.wikispaces.net/file/view/SUNGUIDE2.mp4 e
www.itsa.wikispaces.net/file/view/SUNGUIDE3.mp4).

Manutenção de dispositivo de TMS

Um componente crítico do TMS é a manutenção e substituição dos dispositivos. As *Diretrizes para conceito e planos de manutenção dos sistemas de gerenciamento de transporte da FHWA (FHWA's Guidelines for Transportation Management Systems Maintenance Concept and Plans)* [45] definem manutenção como "uma série de atividades metódicas, contínuas, projetadas para minimizar a ocorrência de falhas sistêmicas e mitigar seus impactos quando ocorrerem falhas. Estas atividades incluem a substituição de componentes desgastados, instalando-se equipamento e programa atualizados, ajuste dos sistemas e antecipação e correção de problemas e deficiências potenciais". O planejamento e o financiamento contínuo da manutenção são parte importante do TMS e devem ser considerados no planejamento de curto e longo prazos destes sistemas. Atividades de manutenção podem ser categorizados conforme a seguir:

- A manutenção preventiva é operação agendada desempenhada para manter os sistemas operacionais e estender a vida útil dos dispositivos e subsistemas. Pode ser tão simples quanto limpar armários e passagens, além de dutos de cabos ou fixação da fiação e conectar placas de PC, ou pode envolver a programação de reparo antecipado ou substituição de componentes ou dispositivos completos. O cronograma de manutenção preventiva pode ser simples como o uso de experiência anterior para antecipar quando vários dispositivos devem receber atenção ou pode envolver o uso de sistemas automáticos de gerenciamento, que sinalizam uma série de fatores e produz um cronograma.
- A manutenção reativa ou corretiva é a realização de reparos ou de substituição em resposta a uma falha ou dano provocado por um evento. As operações de manutenção corretiva são iniciadas por um relatório de falha ou problema gerado por uma pessoa ou programa que esteja monitorando o sistema.
- A manutenção de emergência (reparo) é similar à corretiva, sendo que é iniciada por uma falha ou relatório. Entretanto, no gerenciamento de emergência a falha é mais grave e exige ação imediata.

Uma parte chave de toda manutenção é ter um completo inventário gerenciável (gerenciamento de ativos) de todos os dispositivos. Um programa de apoio automatizado pode ser uma forma ideal de manter o inventário, bem como auxiliar nas operações de manutenção - tanto preventiva quanto corretiva. Sistemas de apoio à decisão de manutenção (MDSS) foram desenvolvidos, a partir de um estudo financiado por várias entidades, de forma que sejam úteis para a manutenção de dispositivos de ITS, porém seu principal uso é a manutenção de estradas, particularmente a mitigação de neve e gelo (veja em www.meridian-enviro.com/mdss/pfs/). De particular interesse, nesta discussão, estão os sistemas de gerenciamento de ITS (MMS) e sistemas de gerenciamento de fibra (FMS). Estes sistemas mantêm o inventário e a condição de dispositivos e cabos de fibra óptica,
respectivamente. Um exemplo de MMS/FMS combinado, que foi desenvolvido a pedido

do DOT da Flórida, é o sistema de gerenciamento de instalação do ITS (veja em www.dot.state.fl.us/trafficoperatio ns/ITS/Projects_Telecom/ITSFM/ITSFM.shtm). Conforme as operações de ITS crescem e envelhecem, aumenta a necessidade de um sistema automatizado. A maioria das agências de TMS tem metas atuais que desafiam a equipe de manutenção, a fim de manter dispositivos operacionais pelo menos por certo percentual de tempo, por exemplo, 90-95%. Somente sistemas automatizados podem tanto organizar quanto rastrear as atividades de manutenção.

A manutenção pode ser realizada dentro da empresa pela equipe ou terceirizada, geralmente por empreiteiras privadas. A maioria dos dispositivos de TMS nos Estados Unidos é mantida por equipes de trabalho público dentro das empresas ou terceirizadas para outra agência pública, tal como a contratação de um condado com a maior cidade para manter seus sinais de trânsito e, progressivamente, dispositivos ITS. Os sistemas de gerenciamento de rodovias estaduais tem terceirizado a manutenção com empreiteiras privadas. Informações adicionais podem ser encontradas nas *Diretrizes para planos e conceito de manutenção dos sistemas de gerenciamento de transportes*,[45] que resumem as práticas de manutenção TMS usadas pelo Estado e agências locais de transporte, identifica lições aprendidas daquelas práticas e oferece análise e recomendações profissionais para o desenvolvimento de um programa abrangente de manutenção para sistemas de gerenciamento de tráfego.

Dados de transporte

Sistemas inteligentes de transporte, incluindo TMS, geram uma abundância de dados que podem ser arquivados e usados em combinação com fusão de dados, análise de tráfego, modelo de simulação e mineração de dados, a fim de apoiar a medição de desempenho do sistema de transporte e processos de tomada de decisão. Dados detalhados estão sendo atualmente coletados para operações e gerenciamento do sistema da agência de transporte em tempo real, incluindo dados de detectores, dados de identificação automática de veículos (AVI) e localização automática de veículos (AVL), dados de incidentes, dados de eventos especiais, dados de construção e dados meteorológicos. Entretanto, até recentemente, estes dados não haviam sido arquivados e usados para apoio do gerenciamento do sistema de transporte. Além disso, algumas agências estão preocupadas com a responsabilidade sobre atos ilícitos, especialmente quanto ao arquivamento de dados ou vídeo de veículos em particular.

O arquivamento de dados do ITS, também conhecido como armazenamento de dados do ITS, é definido como "a retenção sistemática e a reutilização de dados de transporte que são tipicamente coletados para atender as necessidades da operação e gerenciamento de transporte em tempo real".[46] A NITSA inclui o serviço de usuário de dados arquivados (ADUS)[47, 48] que é mapeado para três pacotes de serviços: ITS Data Mart, ITS Data Warehouse e ITS Virtual Data Warehouse. Na terminologia da arquitetura ITS, o pacote de serviços ITS Data Mart oferece um arquivo que abriga os dados coletados e de propriedade de uma única agência. O pacote do serviço ITS Data Warehouse permite a coleta de dados de múltiplas agências, com fontes de dados abrangendo os limites jurisdicionais e modais. O pacote de serviços ITS Virtual Data Warehouse pode oferecer o mesmo acesso dos dados multimodais e multidimensionais de fontes diversas de dados, como acontece no pacote de serviços ITS Data Warehouse. Entretanto, este acesso é oferecido por meio de conexões entre arquivos ITS fisicamente distribuídos, que são gerenciados localmente. As solicitações de dados são feitas através de uma aplicação do usuário e os dados são dispostos pelos arquivos locais e dinamicamente traduzidos para a aplicação do usuário. Deve-se

observar que o termo "data warehouse" tem sido usado em aplicações do mundo real mesmo para arquivos de dados de agências, os quais são conhecidos como Data Mart pela NITSA.

Tradicionalmente, várias agências de operações de ITS têm dado ênfase no gerenciamento em tempo real dos sistemas de transporte e considerado o arquivamento de dados, como de responsabilidade das agências de planejamento. No entanto, cada vez mais as agências de operação estão percebendo o valor dos dados em tempo real. O arquivamento de dados apresenta uma série de benefícios para as agências de transporte.[46] Primeiro, os dados auxiliam nas medições de desempenho do sistema de avaliação e de previsão e os impactos da implantação de estratégias avançadas no desempenho do sistema. Segundo, os dados podem ser usados como entradas para as ferramentas de suporte de decisão, a fim de permitir o gerenciamento proativo do sistema de transporte. Os dados de operações podem ser usados para prever os locais e a magnitude de problemas em potencial e para dar apoio na seleção de estratégias para prevenção ou mitigação do problema. Além disso, o arquivamento de dados permite que as agências de transporte maximizem seus investimentos na infraestrutura de coleta de dados por meio do uso de dados para outras aplicações que exigem coleta de dados, tais como planejamento, modelo, projeto, operações e pesquisa. A coleta de dados para estas aplicações, que utilizam métodos manuais ou estudos especiais, é cara e, em vários casos, oferece menos dados detalhados no tempo e espaço do que podem ser coletados através de operações de TMC.

Há uma série de questões a serem tratadas ao considerar o arquivamento de dados operacionais e o uso dos dados.[46] O arquivamento de dados precisa ter por base objetivos operacionais das agências. Sem o arquivamento efetivo e o uso de dados, não é possível realizar a medição de desempenho e o gerenciamento. Isto é importante para todos os tipos e modais de instalações (rodovias, vias principais, trânsito e frete). Em vários casos, a combinação de dados de mais fontes e para diferentes instalações, além de modais permite análises melhores e mais informativas.

Em alguns casos, os dados de operações foram arquivados, porém não foram amplamente distribuídos ou analisados, em razão da necessidade de recursos adicionais, esforços e financiamentos. Há a necessidade de identificação da agência que toma o papel de líder no arquivamento de dados e fontes de financiamento. Uma decisão também precisa ser tomada, por exemplo, se o arquivamento de dados será implantado como um armazém central de dados ou como um armazém virtual de dados, com várias agências operando seus próprios arquivos de dados individuais que estarão conectados e integrados através de interfaces de computador. Tem sido sugerido que uma boa abordagem para o arquivamento de dados seria começar com a implantação de um pequeno protótipo, arquivamento de tipos limitados de dados e então a expansão para o arquivamento de mais fontes de dados e sistemas mais complexos com o passar do tempo.[46] Em todos os casos, o sistema de coleta de dados associados é necessário.

Outra decisão que precisa ser tomada é o nível de agregação dos dados coletados a partir dos detectores de tráfego e leitoras AVI. O agrupamento refere-se ao intervalo de tempo no qual os dados são resumidos. Alguns sistemas de arquivamento de dados

arquivam os dados coletados de acordo com o nível de detalhamento usado na coleta de dados (por exemplo, em um intervalo de 20 segundos para o detector de dados, considerando que outros agrupam estas medições em valores de 5 a 15 minutos para poupar espaço de armazenamento do computador e reduzir o tempo de processamento dos dados.

Um componente essencial do arquivamento de dados é o controle de qualidade. As técnicas de controle de qualidade para dados arquivados devem tratar de dados suspeitos ou incorretos (valores de dados improváveis ou ilógicos), falta de dados e dados sistematicamente imprecisos (imprecisos, em razão de erro de medição do equipamento, mas dentro do intervalo de valores lógicos). Uma ou duas abordagens diferentes podem ser selecionadas para tratar dos dados que falharam durante o processo de controle de qualidade. A primeira é simplesmente sinalizar os registros de dados que tenham falhado no processo de controle de qualidade. A segunda é substituir os registros de dados que não sejam de qualidade aceitável com estimativas melhores. Esta última abordagem é conhecida como imputação de dados.

O USDOT recentemente estabeleceu o Programa de Pesquisa de Gerenciamento e Captura de Dados em Tempo Real para dar apoio à aquisição ativa e disposição sistemática de dados integrados, de múltiplas fontes que melhorem as práticas operacionais atuais e transformem o gerenciamento futuro dos sistemas de transporte de superfície. O objetivo do programa é permitir o desenvolvimento de ambientes que ofereçam suporte à coleta, gerenciamento, integração e aplicação de dados ou conjuntos de dados de transporte em tempo real (consulte a Figura 9).

Figura 9. Ambiente Contemplado de Captura de Dados no Programa do USDOT 49

Avaliação das Alternativas de Implantação

O primeiro passo na avaliação das alternativas de melhoria é definir os problemas e soluções associados ao sistema de transporte com base nas entradas das partes envolvidas, todas as informações disponíveis sobre o sistema e os resultados da análise. Uma vez que isto seja feito, um conjunto de alternativas de mobilização de TMS pode ser identificado para tratar, potencialmente, de questões e problemas identificados. A decisão para seleção entre as alternativas de mobilização de TMS exige a avaliação e a classificação destas alternativas em relação uma a outra e, possivelmente, com alternativas de melhoria. Em geral, duas abordagens principais têm sido usadas em estudos anteriores para a avaliação e a classificação das alternativas de projeto ITS.[50]

- A primeira abordagem é a abordagem com base na utilidade, também conhecida como abordagem com base no desempenho ou voltada para os objetivos. A abordagem com base na utilidade é voltada para o cálculo de um valor de utilidade para cada alternativa de mobilização de ITS, a fim de indicar

sua capacidade em atender os objetivos identificados do ITS e/ou medidas de desempenho (critérios de classificação do projeto).

- A segunda abordagem é a abordagem econômica, também conhecida como abordagem de custo/benefício. A abordagem de análise econômica compara as alternativas de mobilização de ITS com base nas razões de custo/benefício ou seu valor líquido de benefício atual (ou por ano). Os benefícios com mobilidade, confiabilidade, segurança, impactos ambientais e outros benefícios devem ser convertidos para valores em dólar, nesta abordagem.

A Agência de Pesquisa e Inovação Tecnológica (RITA) mantém o Banco de Dados de Benefícios do ITS (www.itsbenefits.its.dot.gov/) que documenta os impactos da mobilização de ITS, conforme informado nos estudos nacionais e internacionais de avaliação de ITS. As informações de benefícios podem ser pesquisadas por área de aplicação, meta de desempenho e avaliação local (Estado ou país). A RITA também coleta e mantém informações sobre os custos de ITS no Banco de Dados de Custos Unitários de ITS (www.itscosts.its.dot.gov/). Os custos no banco de dados incluem os custos de capital, além dos custos de operação e manutenção. Estes custos são apresentados em um intervalo, a fim de capturar as baixas e altas dos elementos dos custos a partir de diferentes fontes de dados que foram usados na derivação do banco de dados. Os dados de custos
são úteis no desenvolvimento das estimativas de custos do projeto durante
os processos de planejamento e avaliação.

O Escritório de Operações da FHWA desenvolveu a *Análise de Custo/Benefício para Referência de Planejamento de Operações,* a fim de oferecer diretrizes práticas, ferramentas e informações para condução de análise de custo/benefício para estratégias de TSM&O. Dois produtos foram desenvolvidos como parte deste projeto. A Referência de Análise de Custo/Benefício das Operações oferece diretrizes sobre como estimar os benefícios e custos das operações.[51] Uma ferramenta de apoio de decisões com base em planilha auxiliar (a Ferramenta para Custo/Benefício das Operações, TOPS-BC) também foi desenvolvida para oferecer estrutura e informações relevantes para condução da análise de custo/benefício.

Conforme será explicado na próxima seção, uma série de outras ferramentas foi desenvolvida para dar apoio à avaliação das alternativas de ITS. Estas ferramentas podem ser usadas como parte da avaliação de ITS, utilizando a abordagem com base na utilidade e na abordagem econômica. Entretanto, estas ferramentas podem não ser suficientes para avaliar todas as medidas de desempenho que precisam ser consideradas na avaliação e classificação das alternativas de mobilização de ITS. Por esta razão, as avaliações de algumas das medidas quantitativas e qualitativas podem precisar ser feitas usando outros processos, em combinação com o uso das ferramentas de apoio.

Uma série de ferramentas foi desenvolvida para avaliar o desempenho dos sistemas de transporte e para estimativa dos impactos das estratégias alternativas no gerenciamento de desempenho. Em geral, estas ferramentas podem ser classificadas como ferramenta

de planejamento de esboços, ferramentas de avaliação offline de nível operacional e ferramentas de avaliação em tempo real.

A avaliação do ITS, como parte do processo de planejamento do sistema de transporte, tem sido realizada usando-se as ferramentas de planejamento de esboço, tais como a Análise de Mobilização de ITS.

Sistema (IDAS), desenvolvido pela Agência Federal de Rodovias,[52] e uma ferramenta conhecida como a ferramenta de avaliação de ITS da Flórida (FITSEVAL (Florida ITS evaluation tool)), para avaliação da mobilização de ITS na Flórida, com relação ao planejamento.[26] A avaliação do ITS, com relação à operação e operação, exige análise mais detalhada. Esta análise pode ser baseada em dados de diferentes fontes e/ou técnicas mais detalhadas de modelo, tais como modelos de simulação mesoscópica e simulação microscópica. As ferramentas foram desenvolvidas para avaliação offline e em tempo real do desempenho do sistema e de estratégias alternativas.

O Programa de Ferramentas de Tráfego da FHWA (FHWA Traffic Analysis Tools Program) desenvolveu 13 documentos, até o momento, para dar suporte às agências de transporte, afim de modelar seus sistemas.[53] Um esforço contínuo está desenvolvendo um método e ferramenta para avaliar estratégias de ATM para inclusão em uma futura versão do *Manual de Capacidade de Rodovias (Highway Capacity Manual).* [54]

Papel da Infraestrutura de Veículo Conectado no TMS

Os veículos conectados oferecem o potencial para melhoria, de maneira significativa, de todos os processos do gerenciamento do sistema de transporte. Primeiro, no processo de determinação, dados detalhados coletados dos detectores, a partir de unidades embarcadas em veículos conectados, permitirão estimativas muito mais detalhadas e precisas do sistema do Estado, a fim de alimentar a estratégia de gerenciamento. Além disso, a capacidade de levar informação entre os centros de gerenciamento de transporte, motoristas e veículos, através de tecnologias de veículos conectados, permitirá novos métodos de execução de estratégias de gerenciamento. Ademais, as informações coletadas dos veículos conectados, com respeito ao desempenho e as respostas às estratégias de gerenciamento, permitirão melhor avaliação destas estratégias, tanto em operações de tempo real quando no planejamento offline para operações. Este recurso permitirá uma decisão com mais informações a respeito da revisão e ajuste fino destas estratégias. Uma discussão mais detalhada do sistema de veículos conectados e suas aplicações na segurança, mobilidade e reduções no impacto ambiental pode ser encontrada no Módulo 13, "Veículos Conectados" (Connected Vehicles). Esta seção apresenta uma visão geral do uso das tecnologias de veículos conectados para dar apoio ao gerenciamento de tráfego. Outra área relacionada é a segurança de cruzamentos, que é coberta pelo Programa de Segurança de Veículos Conectados do USDOT.

Dois componentes chave do elemento de mobilidade do programa do USDOT são o programa de Gerenciamento e de Captura de Dados em Tempo Real e o Programa de Aplicações de Mobilidade Dinâmica.[55] O programa de gerenciamento e de captura de dados tem por objetivo acessar e utilizar dados multimodais, de alta qualidade e em tempo real de veículos conectados, que podem ser usados para melhorar as práticas de gerenciamento e de operações de transporte. O programa de aplicações de mobilidade dinâmica tem por objetivo oferecer, às agências de transporte, ferramentas de

monitoração e gerenciamento em tempo real no ambiente dos veículos conectados. Ambos os programas tratam de aplicações que são de forte interesse no gerenciamento de transporte. O programa Aplicação Ambiental dos Veículos Conectados do USDOT também trata de aplicações relacionadas com o gerenciamento de tráfego, que reduzirá os impactos ambientais do sistema de transporte e os impactos meteorológicos no sistema de transporte.

As unidades embarcadas facilitarão a reunião de informações detalhadas. Além da localização de veículos, velocidade e direção, muitos mais dados serão reunidos a partir dos veículos. Os serviços de rede e à margem da rodovia poderão acompanhar a análise de situação da unidade e gerar o gerenciamento e controles, além de mensagens de viagem. Os sistemas embarcados nos veículos poderão apresentar mensagens para os operadores de veículos. Uma série de aplicações de gerenciamento e de controle de tráfego dos sistemas de veículos de conectados foi proposta, incluindo o seguinte:[56]

- Aplicações que integram estratégias adaptativas através dos modais e instalações
- Gerenciamento sensível às condições meteorológicas
- Uso de controles adaptativos de sinais de trânsito, o que envolve a monitoração da abordagem de transmissões de tráfego, a fim de criar planos de programação e de fase que otimizam o fluxo
- Transmissão de dados em tempo real sobre a programação e a fase do sinal de trânsito (conhecido como dados SpaT) para veículos
- Priorização de sinais de trânsito para veículos de trânsito e antecipação para veículos de emergência
- Aplicações de gerenciamento ativo de tráfego, tais como gerenciamento de velocidade
- Aplicações automáticas de rodovias, tais como controle de cruzeiro adaptativo e cooperativo para gerenciamento de capacidade e avanço
- Gerenciamento regional e de corredor

Estudos de casos

Este módulo mostra a grande variedade de implantações de ITS que podem ser categorizadas como TMS. Ademais, está disponível um grande número de estudos de casos bem sucedidos de TMS. Abaixo estão dois exemplos.

Controle de rampa e Pistas Expressas do Sul da Flórida

A região de Ft.Lauderdale, em Miami, está criando uma instalação de pista gerenciada de 33,6 km na I-95, entre a I-395 e a I-595, com um objetivo, de longo prazo, de dispor de uma rede de pistas gerenciadas em toda a região. As condições aceitáveis na rede de pistas gerenciadas são asseguradas através do uso de cotação de preços variáveis, com base na demanda, e a rede propriamente dita é usada como a principal estrutura de um sistema de trânsito rápido de ônibus, que é subsidiado através da receita dos pedágios. Aproximadamente metade dos 33,6 km finais das pistas gerenciadas tornou-se operacional em 2010. O controle de rampa adaptativo foi implantado nesta seção. As estratégias de gerenciamento de tráfego incluem o avançadíssimo TMC e as operações de gerenciamento de incidentes.

Este projeto aumentou a exigência de ocupação nas pistas de HOV de HOV 2) para HOV 3+ e exige que todos os carros de transporte solidários sejam registrados. A nova exigência de ocupação garantirá que as pistas permaneçam operacionais em níveis

aceitáveis e criarão alguma capacidade excedente para veículos avaliados. Os sinais de mensagens dinâmicas mostram a carga atual para veículos que não atendem às exigências de ocupação para uso das pistas gerenciadas. Além disso, os aprimoramentos do serviço de trânsito foram incluídos no projeto.

A mobilização melhorou consideravelmente o desempenho geral da operação da I-95. Clientes, incluindo passageiros em trânsito, que escolhem utilizar as pistas expressas, aumentaram significativamente sua velocidade de viagem durante os períodos de pico da manhã (na direção Sul) e de pico da tarde (na direção Norte), de uma velocidade média na pista HOV de aproximadamente 32 km/h para uma média mensal de 102,4 km/h e 89,6 km/h, respectivamente. Motoristas viajando através de pistas de uso geral têm também experimentado um significativo aumento no período de pico na velocidade média de viagem, desde a implantação da pista gerenciada, de uma média de aproximadamente 24 km/h (na direção Sul) e de 32 km/h (na direção Norte) para uma média mensal de
81,6 km/h e 65,6 km/h, respectivamente. A média de volume, nas pistas expressas nos períodos de pico na manhã e à tarde, esteve acima de 7.400 veículos (aproximadamente 28% do total de tráfego da I-95). Estes veículos viajaram em velocidades maiores que 72 km/h durante os períodos de pico, o que excede a exigência Federal de uma velocidade mínima de 72 km/h nas instalações de conversão de pista de HOV para HOT.

Algumas das lições aprendidas do projeto a seguir:

- Definir uma visão forte do projeto.
- Estabelecer um cronograma abrangente.
- Desenvolver um conceito de operações.
- Envolver profissionais de operação e de projeto no planejamento.
- Apresentar gerente de projeto com autoridade direta.
- Considerar o uso de consultores do contrato atual.
- Antecipar os desafios técnicos de trânsito.
- Usar a superação contínua e a mídia para manter a comunicação com os passageiros.
- Manter os funcionários públicos e o público informado das mudanças e dos desafios do projeto.
- Estar preparado para uma mudança na abordagem de marketing.

Projeto SR 520 de Seattle (Lake Washington)

O Departamento de Transportes do Estado de Washington apresentou novos pedágios na SR
520, definindo tarifas de pedágio na instalação com base na demanda, a fim de evitar a criação de congestionamentos e a perda de capacidade da rodovia quando é mais necessária. O projeto implantou equipamento de recebimento eletrônico de pedágio, permitindo que o pedágio seja recebido em velocidades de vias expressas. Melhorias substanciais no trânsito também foram implantadas para reduzir ainda mais o congestionamento no corredor da SR520, além de oferecer, aos passageiros, alternativas reais para que dirijam e paguem os pedágios de congestionamento.

Sinais de mensagens dinâmicas exibindo informações do tempo de viagem foram

instalados na SR 520, SR
522 e I-405. Os motoristas terão estas informações em tempo real nas rotas alternativas, a fim de que tomem suas decisões da melhor rota para viagem. Além disso, o novo DMS será instalado acima de cada pista, a cada 800 metros nos corredores da SR520 e da I-90. Este sistema utilizará, automaticamente, informação reunida a partir da rodovia para variar os limites de velocidade nos corredores, alertar motoristas sobre congestionamentos ou incidentes e notificar motoristas sobre pistas bloqueadas

adiante. O gerenciamento adicional de demanda de tráfego e os elementos de trabalho à distância também foram implantados.

Algumas lições aprendidas, a partir do projeto, incluem o seguinte:

- Uma parte da aquisição do sistema de pedágio foi gerenciada com sucesso pelos parceiros locais, de forma a evitar impactos significativos ao cronograma.
- A recente experiência na mobilização do gerenciamento de tráfego ativo no corredor I-5 contribuiu com o sucesso de implantação do SR 520 ATM.
- Há uma significativa dimensão política para estabelecer a tarifa de pedágio.

Resumo

Conforme descrito neste módulo, uma variedade de estratégias de TMS está contribuindo, de maneira significativa, na redução dos problemas de congestionamento e na falta de confiança nos sistemas de transporte no país. O TMS tem um papel importante no aumento da segurança, da proteção dos transportes e respostas de emergência. Esta contribuição só aumentará nos próximos anos, conforme a complexidade e a eficácia das tecnologias disponíveis, além das estratégias associadas que continuam a crescer em uma taxa muito alta. A colaboração regional e o TMS de múltiplas instalações, além do multimodal integrado será o componente principal nos próximos anos, confirme contemplado nas iniciativas TMS&O e ICM. As estratégias ATDM e ICM começaram a ser implantadas e avaliadas, além de mais agências implantarem estas estratégias, conforme compreendem melhor sua eficácia.

O arquivamento, a análise, o uso e o relatório de dados trarão maiores benefícios às agências na oferta de oportunidades para medir o desempenho e no suporte de tomada de decisão. Novas fontes de dados e produtos para coleta dos dados estarão disponíveis nos próximos anos e a compreensão dos tipos, além da qualidade dos dados serão elementos importantes da TMS. A medição do desempenho e as análises de custo/benefício se tornaram ainda mais críticas para estas agências, com o foco voltado na MAP-21, a respeito da medição e gerenciamento de desempenho. A aplicação de métodos de AMS para suporte de operações das agências, tanto offline quanto em tempo real, também terá um papel no futuro das aplicações de TMS.

Conforme descrito neste módulo, as técnicas de estatística, inteligência e simulação foram propostas para permitir a previsão, em curto prazo, das condições do sistema de transporte. A utilização de métodos preditivos para prever condições de tráfego também será um novo componente das operações de TMS. As pistas gerenciadas e de cotação de preços de congestionamento terão um papel importante no TMS, conforme aumenta a necessidade de gerenciamento da demanda e de outras fontes de financiamento para o sistema de transporte.

Conforme discutido neste módulo, as tecnologias cooperativas veiculo-rodovia oferecem o potencial de aumentar, de maneira significativa, todos os processos do gerenciamento do sistema de transporte e têm o potencial de fundamentalmente mudar

como os sistemas de transporte são gerenciados e operados.

Referências

1. "Traffic Congestion and Reliability: Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation." Preparado para a Agência Federal de Rodovias (FHWA) pela Cambridge Systematics, Inc., Cambridge, MA, setembro de 2005.
2. Transportation Management Training Module. Consórcio para educação e treinamento de ITS (CITE), Universidade de Maryland, College Park, MD.
3. *Freeway Management and Operations Handbook*. Relatório número FHWA-OP-04-003, Gabinete de Gerenciamento de Transporte, Agência Federal de Rodovias, Washington, DC, setembro de 2003 (Atualizado em junho de 2006).
4. Jacobson, L., J. Stribiak, L. Nelson e D. Sallman. *Ramp Management and Control Handbook*. Relatório número FHWA-HOP-06-001, produzido para a FHWA por PB Farradyne, Washington, DC, janeiro de 2006.
5. "Twin Cities Ramp Meter Evaluation–Final Report." Preparado para o Departamento de Transporte de Minnesota pela Cambridge Systematics, Inc., fevereiro de 2001.
6. Taylor, C. e D. Meldrum, "Evaluation of a Fuzzy Logic Ramp Metering Algorithm: A Comparative Study Between Three Ramp Metering Algorithms Used in the Greater Seattle Area." Produzido pelo Centro de Transporte do Estado de Washington (TRAC) para o Departamento de Transporte do Estado de Washington, fevereiro de 2000.
7. Dudek, C. L. *Changeable Message Sign Operation and Messaging Handbook*. Publicação número FHWA-OP-03-070, Agência Federal de Rodovias, Washington, DC, agosto de 2004.
8. "Guidelines for Disseminating Road Weather Messages." Relatório número FHWA-JPO-12-046, Agência Federal de Rodovias, Washington, DC, junho de 2012.
9. Xiao, Y., M. Hadi, H. Ozen e V. Mysore. "Evaluation of the Benefits and Costs of Advanced Traveler Information Systems." Apresentado na Reunião Anual de ITS da América, Washington, DC, junho de 2009.
10. Smith, S. A. e C. Perez. "Evaluation of INFORM: Lessons Learned and Application to Other Systems." *Transportation Research Record* 1360, 62–65, 1992.
11. Tarry, S. e A. Graham, "The Role of Evaluation in ATT Development." *Traffic Engineering and Control* 36 (12), 688–693, 1995.
12. Perez, B. G., C. Fuhs, C. Gants, R. Giordano e D. Ungemah. "Priced Managed Lane Guide." Relatório número DTFH61-06-D-00004. Produzido para a FHWA, Washington, DC, outubro 2012.
13. "Managed Lanes–A Primer." Patrocinado pela FHWA, Washington, DC, agosto de 2008.
14. "A Guide for HOT Lane Development." Patrocinado pela FHWA, Washington, DC, março 2003.
15. ATDM Program Brief: An Introduction to Active Transportation and Demand Management." Produzido pelo Programa ATDM da FHWA, Washington, DC, junho de 2012.
16. Fuh, C. *Synthesis of Active Traffic Management: Experiences in Europe and the United States*. Publicação número FHWA-HOP-10-031. Preparado para a FHWA por Parsons Brinckerhoff, Washington, DC, março de 2010.
17. Martin, P. "Bus Use of Shoulders: A Synthesis of Transit Practice." Transit Cooperative Síntese do Programa de Pesquisa (TCRP) 64, Conselho de Pesquisa de Transporte, Washington, DC, 2006.
18. Levecq, C., B. Kuhn, e D. Jasek, "General Guidelines for Active Traffic Management

Deployment.” Relatório número UTCM 10-01-54-1. Desenvolvido para o USDOT pela TTI, Washington, DC, agosto de 2011.

19. Pesti, G., P. Wiles, R. Long, K. Cheu, Pr. Songchitruksa, J. Shelton e S. Cooner. "Traffic Control Strategies for Congested Freeways and Work Zones." Produzido para a FHWA pelo Instituto de Transporte do Texas, Relatório número FHWA-HOP-13-007, College Station, TX, outubro de 2008.
20. "National Traffic Signal Report Card." Produzido pela NTOC, Washington, DC, 2012.
21. Koonce, P., L. Rodegerdts, K. Lee, S. Quayle, S. Beaird, C. Braud, J. Bonneson, P. Tarnoff e T. Urbanik. *Traffic Signal Timing Manual*. Produzido para a FHWA, Contrato número DTFH61-98-C-00075, Task Order No. B98C75-009, Washington, DC, junho de 2008.
22. Henry, R. D. "Signal Timing on a Shoestring." Relatório número FHWA-HOP-07-006, Agência Federal de Rodovias, Washington, DC, março de 2005.
23. Skabardonis, A. "ITS Benefits: The Case of Traffic Signal Control Systems." Apresentado na 80ª Reunião Anual de Pesquisa de Transporte, Washington, DC, janeiro 2001.
24. Stevanovic, A. "Adaptive Traffic Control Systems: Domestic and Foreign State of Practice A Synthesis of Highway Practice." NCHRP Synthesis 403, Transportation Research Conselho da Academia Nacional, Washington, DC, 2010.
25. Fehon, K., M. Krueger, J. Peters, R. Denney, P. Olson e E. Curtis, "Model Systems Engineering Documents for Adaptive Signal Control Technology Systems—Guidance Document." Relatório número FHWA-HOP-11-027. Produzido para a FHWA, Washington, DC, agosto de 2012.
26. Hadi, M., Y. Xiao, H. Ozen e P. Alvarez. "Evaluation Tools to Support ITS Planning Process." Preparado para o Centro de Pesquisa FDOT pela Universidade Internacional da Flórida, Miami, FL, outubro de 2008.
27. *Preemption of Traffic Signals Near Railroad Crossings*. A Recommended Practice of the Institute of Transportation Engineers. Preparado pelo Comitê do Controle de Engenharia de Tráfego TENC-99-06, Instituto de Engenheiros de Transporte, Washington, DC, 2003.
28. *Manual on Uniform Traffic Control Devices* (MUTCD). Agência Federal de Rodovias, Washington, DC, 2009.
29. Korve, H. W., "Traffic Signal Operations Near Highway-Rail Grade Crossings." Síntese da prática de rodovias 271, Conselho de Pesquisa de Transporte da Academia Nacional, Washington, DC, 2010.
30. "Traffic Signal Preemption for Emergency Vehicles: A Cross-Cutting Study, Putting the 'First' in First Response." Patrocinado pela FHWA e NHTSA, Washington, DC, Janeiro 2006.
31. Baker, R. J., J. J. Dale e L. Head. "An Overview of Transit Signal Priority." Preparado pela Sociedade de Transporte Inteligente da América (ITS America), Washington, DC, 2004.
32. Nuedorff, L., J. Harding e L. Englisher. "ICMS Concept of Operations for a Generic Corridor." Relatório número FHWA-JPO-06-032. Desenvolvido para o USDOT, Washington, DC, Abril 2006.
33. Site da iniciativa ICE do USDOT, www.its.dot.gov/itsweb/icms/index.htm, acessado em 22 de dezembro de 2012.
34. Hill, C. e J.L. Kaiser, "Integrated Corridor Management (ICM) Initiative: ICMS Surveillance and Detection Requirements for Arterial and Transit Networks" [Iniciativa da Gestão de Corredor Integrado (ICM): Inspeção ICMS e Requisitos de Detecção para Vias Principais e Redes de Trânsito]. Preparado para o USDOT por Mixon/Hill, Washington, DC,

novembro de 2008.
35. Integrated Corridor Management Systems Program Plan. USDOT, www.its.dot.gov/icms/workplan.htm
36. Iniciativa ICM do USDOT, Visão geral do Programa ICM, site www.its.dot.gov/icms/overview.htm, acessado em dezembro de 2012.

37. “ICM Implementation Guidance.” Desenvovido para o USDOT, Washington, DC, abril de 2006
38. Nuedorff, et al., “ICMS Concept of Operations for a Generic Corridor.”
39. Cronin, B. Integrated Corridor Management (ICM). Apresentado no 16º Congresso Mundial de ITS, Estocolmo, Suécia, 2009.
40. “Weather-Responsive Traffic Management: Real Solutions for Serious Traffic Problems.” Relatório número FHWA-JPO-09-035. Produzido pelo USDOT, Washington, DC, 2009.
41. “Transportation Management Center Concepts of Operation Implementation Guide.” Desenvolvido pela FHWA, Washington DC, dezembro de 1999.
42. “Metropolitan Transportation Management Center Concepts of Operation: A Cross-Cutting Study.” Desenvolvido pela FHWA, Washington, DC, outubro de 1999.
43. “Highway Congestion—Intelligent Transportation Systems’ Promise for Managing Congestion Falls Short, and DOT Could Better Facilitate—Their Strategic Use.” Relatório da Controladoria Geral da União dos EUA para os Comitês do Congresso, GAO-05-943, Washington, DC, Setembro de 2005.
44. “Information Sharing Guidebook for Transportation Management Centers, Emergency Operations Centers, and Fusion Centers.” Relatório número FHWA-HOP-09-003. Desenvolvido pela FHWA, Washington DC, junho de 2010.
45. Vick, C. e R. Sumner. “Guidelines for Transportation Management Systems Maintenance Concept and Plans.” Produzido para a FHWA por P.B. Farradyne. Relatório número FHWA-OP-04-011, FHWA, Washington, DC, dezembro de 2002.
46. Turner, S. “Guidelines for Developing ITS Data Archiving Systems.” Desenvolvido pelo DOT do Texas e USDOT pelo TTI, College Station, TX, Setembro de 2001.
47. Arquitetura Nacional do ITS, www.iteris.com/itsarch
48. “Archived Data User Service (ADUS): An Addendum to the ITS Program Plan.” Versão 3, setembro de 1998.
49. Site do programa de pesquisa do gerenciamento e da captura de dados em tempo real do USDOT, www.its.dot.gov/data_capture/data_capture.htm, acessado em dezembro de 2012.
50. Xiao Y., M. Hadi, H. Ozen e V. Mysore. “An ITS Evaluation Tool in the FSUTMS Regional Demand Modeling Environment.” *Jornal do Conselho de Pesquisa de Transporte* 2176, 76–83.
51. Sallman, D., E. Flanigan, K. Jeannotte, C. Hedden e D. Morallos. “Operations Benefit/Cost Analysis Desk Reference.” Relatório número FHWA-HOP-12-028. Produzido para FHWA por Cambridge Systematics, Washington, DC, maio de 2012.
52. “ITS Deployment Analysis System (IDAS) User’s Manual.” Preparado pela Agência Federal de Rodovias pela Cambridge Systematics, Oakland, CA, novembro de 2001.
53. Site de Ferramentas de Análise de Tráfego da FHWA, http://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/, acessado em janeiro de 2013.
54. “ATDM Program Brief: Highway Capacity Manual (HCM)-ATDM Project Overview.” Produzido pelo Programa ATDM da FHWA, Washington, DC.
55. Site do Programa de Mobilidade Dinâmica do USDOT, www.its.dot.gov/dma/index.htm, acessado em janeiro de 2013.
56. “2011 AASHTO Deployment Analysis.” Relatório número FHWA-JPO-11-090, FHWA, Washington, DC, Junho de 2011.

Tabela de Abreviações

ADUS	Serviço de dados arquivos de usuário
AMS	análise, modelo e simulação
ASCT	Tecnologias de controle adaptativo de sinal de
ATM	Gerenciamento de tráfego ativo (active traffic
ATIS	Sistemas Avançados de Informação de
AVI	Identificação automática de veículos (Automatic
AVL	Localização automática de veículos (Automatic
CCTV	Câmeras de Circuito Fechado de Televisão
ConOp	Conceito de operações
DLS	Atribuição dinâmica de pista (Dynamic Lane
DMS	Sinais de mensagens dinâmicas
DSS	Sistema de apoio às decisões (Decision Support
ESS	Estações de detecção ambiental
ETC	Recebimento eletrônico de pedágio
ETL	Pistas de pedágio expresso
EVP	Antecipação de Veículo de Emergência
FHWA	Agência Federal de Rodovias (Federal Highway
FMC	Centros de Gerenciamento de Rodovias
HAR	Rádios de Informação de Rodovias (Highway
HCM	Manual de Capacidade de Rodovias (Highway
HOT	Pistas de Pedágio de Alta Ocupação (High
HOV	Veículos de Alta Ocupação (High Occupancy
ICM	Gerenciamento de Corredor Integrado
ITS	Sistemas de Transporte Inteligente (Intelligent
MPOs	Organizações de Planejamento Metropolitano
MUTCD	Manual de Dispositivos de Controle de Tráfego
NITSA	Arquitetura Nacional do ITS (Manual on Uniform
NTCIP	Comunicações de Transporte Nacional para o Protocolo do ITS (National Transportation
PDSL	Pistas Tarifadas Dinâmicas de Acostamento
PGI	Sistemas de Informação de orientação em
RITA	Agência de Pesquisa e Inovação Tecnológica (Research and Innovative
RTMC	Centro Regional de Gerenciamento de Tráfego
RWM	Gestão das Condições Meteorológicas da
SHRP2	Segundo Programa de Investigação Estratégica
SOV	Veículos de Ocupação Simples (Single-
SPaT	Programação e Fase de Sinais de Trânsito
SWOT	Pontos Fortes, Pontos Fracos, Oportunidades e Ameaças (Strengths, Weaknesses,
TMC	Centros de gerenciamento de transporte
TMS	Sistemas de Gerenciamento de Transporte
TOPS-BC	Ferramenta para operações de custo/benefício
TOT	Pistas de pedágio somente para caminhões
TRMC	Centros de Gerenciamento de Trânsito (Transit

TRS	Sistemas Sensíveis ao Tráfego (Traffic
TSM&O	Operações e gerenciamento do sistema de transporte (Transportation system
TSP	Prioridade dos Sinais de Trânsito (Transit Signal
USDOT	Departamento de Transporte dos Estados
VMS	Sinais de Mensagem Variável (Variable