

Gerenciamento ativo de Tráfego em Rodovias



Parte B - Entrega Final

Disciplina : PTR – 2580 Sistemas Inteligentes de Transporte

Professor Doutor Cláudio Marte

Integrantes:	N° USP:
Lucas Marinho Reis	7240370
Maria Carolina Bianchi	6451874
Rodolfo Santana Moralez	7212002

Sumário

Resumo Executivo	3
Definição dos Critérios de Avaliação e Escolha da Solução	3
Justificativa.....	3
Alternativas	4
Escolha	5
Especificação da Solução.....	5
Acostamento como faixa adicional	5
Controle de velocidade	6
Quantificação	7
Levantamento de dados.....	8
Metodologia.....	8
Exemplos	8
Brasil.....	8
Internacionais.....	9
Análise de dados	13
Considerações	13
Identificação dos problemas	14
Definição dos problemas a serem abordados.....	14
Definição do problema.....	14
Objetivos	14
Metas.....	15
Restrições.....	15
Estudo de Aplicação	16
O trecho:	16
Características da via:.....	16
Sistemas de Supervisão e Suporte:	16
Análise	17
Estrutura para Implantação	19
Conclusão	21
Referências.....	22

Resumo Executivo

O presente trabalho tem por objetivo estudar e simular a utilização do acostamento como faixa adicional de tráfego, em momento de pico e congestionamento. O foco principal do estudo é demonstrar a viabilidade e os benefícios da aplicação deste gerenciamento ativo de tráfego, observando a harmonização de tráfego devido à melhoria na eficiência e segurança da via, além do aumento de sua capacidade.

Palavras chave: sistemas inteligentes de transporte, gerenciamento ativo de tráfego, controle de velocidade, acostamento como faixa adicional.

Definição dos Critérios de Avaliação e Escolha da Solução

Dando continuidade ao estudo desenvolvido na etapa anterior, justificaremos aqui, com base na bibliografia de referência, a escolha das soluções de gerenciamento dinâmico de tráfego julgadas mais adequadas.

Após detalharmos estas soluções e apresentarmos um levantamento quantitativo das suas contribuições em aplicações internacionais, simularemos e avaliaremos a viabilidade de sua aplicação em uma rodovia brasileira.

Justificativa

Atualmente a demanda de tráfego vem aumentando bastante principalmente no Brasil, onde o principal meio de transporte é o rodoviário. O transporte comercial brasileiro é feito majoritariamente por rodovias, sendo pouco usadas as ferrovias e hidrovias. A grande quantidade de automóveis, principalmente nos finais de semanas e feriados, gera uma grande dificuldade no gerenciamento de tráfego e de demanda das rodovias. Durante muito tempo a solução para tal problema era o alargamento das pistas, ampliação das malhas e estudos de rotas alternativas. No entanto elas se tornaram muito caras e em alguns casos inviáveis devido às dificuldades de implantação, então surge uma tendência de buscar novas soluções que aumentem a capacidade das vias usando sua própria infraestrutura. Há muitos modos de tentar executá-la como educação do usuário, oferecer informações prévias para diminuir a demanda, controle de velocidade, uso do acostamento, pedágio automático.

Grandes rodovias sob concessão já apresentam alguns sistemas inteligentes de transporte como call box, dispositivos de fiscalização e pesagem, serviços de atendimento ao usuário. Contudo estes tipos de sistemas são passivos e as informações imediatas aos usuários são poucas. Portanto atualmente se busca modos de aumentar a capacidade e a eficiência das vias utilizando a infraestrutura desta, sem necessidade de ampliações. Para isto, será utilizado sistemas e concepções de gerenciamento ativo de tráfego, que busca aumentar a eficiência das vias e sua capacidade.

Alternativas

A *Federal Highway Administration* define gerenciamento de tráfego como o gerenciamento dinâmico das condições de tráfego existentes de modo a implantar estratégias operacionais para melhorar a eficiência das vias para que se diminua o tempo de atraso e ofereça conforto ao usuário. A instituição estabelece ainda diversos benefícios oferecidos por um gerenciamento bom, que serão listados abaixo em uma comparação com os sistemas.

De acordo com os dados apresentados no artigo 7 do Caderno da ANTP, temos uma comparação do custo benefício da implantação de cada tecnologia.

Matriz de Redução de Custos: Ganhos por tecnologia	
Bilhetagem eletrônica	35%
Informações ao usuário	25%
Gestão de Frota	18%
Gestão inteligente do veículo	12%
Despacho automático	10%

Tabela 1 - Custo benefício de tecnologia(Fonte: Artigo 7 do Caderno da ANTP, ITS Europe)

Avaliando-se as possíveis alternativas foi feita uma tabela baseado na tese da Gabriela Mazzotti, que adaptou a tabela de informações presentes na *Federal Highway Administration*.

Benefício	Sistema					
	Controle de velocidades	Uso do acostamento	Alerta de formação de fila	Gestão de locais em obra	Restrições dinâmicas de caminhões	Redirecionamento dinâmico e informações ao usuário
Aumento da capacidade de veículos	S	S	N	S	S	S
Aumento da vazão de veículos	N	S	N	S	S	N
Diminuição de incidentes primários	S	N	S	N	N	S
Diminuição de incidentes secundários	N	N	S	N	N	S
Diminuição da severidade dos incidentes	S	N	S	N	N	N
Velocidades mais uniformes	S	N	S	N	S	N
Headways menores	S	N	S	N	N	N
Comportamento mais uniforme do motorista	S	N	S	N	S	S
Aumento da confiabilidade da viagem	S	S	S	S	S	S
Atraso no colapso da autoestrada	S	S	N	S	N	N
Redução no ruído causado pelo tráfego	S	N	S	N	N	N
Redução nas emissões	S	N	S	N	S	S
Redução no consumo de combustível	S	N	S	N	S	S

Tabela 2 - Tabela de Alternativas (fonte: Tese sobre Gerenciamento Ativo de tráfego, Gabriela Mazzotti)

Escolha

Analisando-se as tabelas percebe-se que a informação ao usuário é de grande importância para o bom desempenho da via. Analisando algumas das práticas comuns, as mais usadas são a harmonização das velocidades e o uso da faixa do acostamento como faixa adicional. Estas são as práticas que parecem oferecer melhores resultados, e normalmente são implantadas com painéis de mensagem variáveis.

Especificação da Solução

Acostamento como faixa adicional

A utilização do acostamento como faixa é adicional é feito em situações de congestionamento, incidentes na pista para que se possa aumentar a capacidade de escoamento desta. Contudo este tipo de aplicação é feita conjunta com uma redução de velocidade para manter a segurança da via com alta densidade de veículos.

O controle da densidade é feito por sensores na pista, de modo automático, ou manual através de câmeras. Portanto assim que o operador ou o programa identifica uma iminência de congestionamento, faz-se a redução da velocidade e então abertura do acostamento em alguns trechos temporariamente para aliviar o tráfego, evitando o surgimento de incidentes ou congestionamento. É importante destacar que o uso do acostamento como faixa adicional é temporário e deve ser utilizado em ocasiões de necessidade apenas.

Para o bom funcionamento deste sistema devem-se manter as pistas de acostamento livres de resíduos e obstáculos, além de manter patrulhas sempre ativas para atender qualquer tipo de incidente no trecho em questão. É importante para a segurança do motorista também, a boa visibilidade do acostamento com iluminação, pintura, ou outra sinalização. É importante que haja locais de refúgio pelo acostamento, para paradas ou incidentes.



Figura 1 - Rodovia A5, Alemanha.

Controle de velocidade

A harmonização da velocidade de tráfego consiste no controle da velocidade para que se mantenha o escoamento de veículos evitando congestionamentos e aumentando a segurança no caso de incidentes na pista. Portanto na iminência de um congestionamento o sistema diminui a velocidade máxima da via baseado em dados gerados por sensores instalados na pista. Este tem por objetivo automatizar a distribuição de veículos.

A informação da nova velocidade é informada ao usuário através de painéis de informação variáveis instalados em toda a pista. Este podem ainda transmitir vários tipos de mensagem que colaboram para a eficiência do tráfego na via como o aviso sobre um incidente, congestionamento, informar desvios, obras, condições de trânsito e climáticas.

A redução da velocidade não só evita a formação de filas e congestionamentos como para a diminuição na quantidade e gravidade de acidentes na rodovia. O controle da velocidade é feito por um algoritmo que opera automaticamente e leva em consideração para o cálculo as condições do tráfego atuais, informações climáticas, incidentes na pista de modo a atuar com os motoristas antes que se aproximem do gargalo, conservando a fluidez e segurança da pista.



Figura 2 - Exemplo de PMV

Quantificação

Os níveis de serviço de rodovias segundo *Highway Capacity Manual* que são apresentados nos gráficos abaixo mostram o problema no aumento de fluxo de tráfego, que gera a diminuição das velocidades. Estes ainda mostram a capacidade por faixa, portanto em caso de incidentes ou interdição de uma das faixas tem-se uma perda muito grande de capacidade da via.

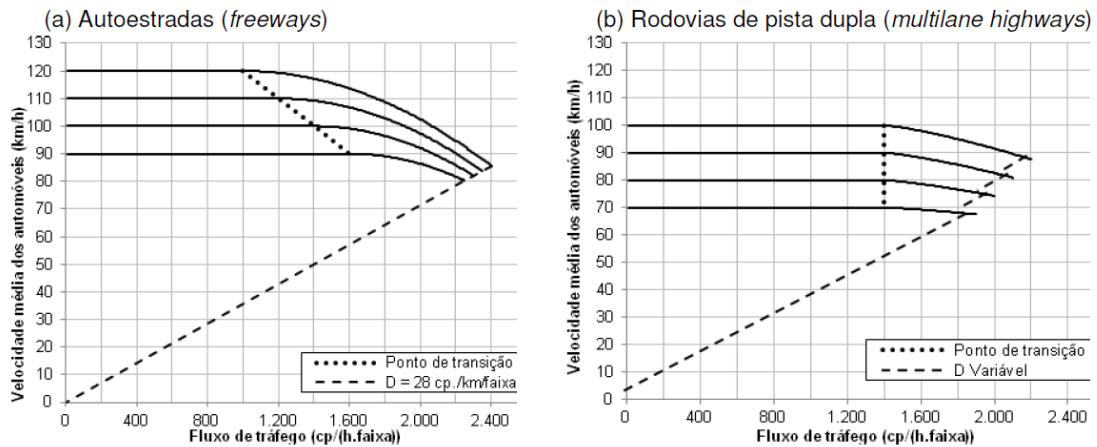


Figura 3 - Curvas do HCM

Então a eficiência da via e a capacidade dependem das condições desta. Portanto para se manter a segurança, capacidade e confiabilidade da via deve-se manter a operação sob controle, o que mostra a necessidade de gerenciamento de tráfego e a implantação de ferramentas para poder monitorá-lo.

Levantamento de dados

Metodologia

O levantamento de dados foi baseado em pesquisas e publicações sobre o assunto, a fim de encontrar aplicações de sucesso fora e dentro do Brasil para que se possa analisá-las e estudar sua viabilidade para implantação em grande escala.

Exemplos

Brasil

BR-290

A experiência nacional com gerenciamento ativo de tráfego foi implantada na BR-290 no trecho entre Porto Alegre e Osório. O trecho possuía grande congestionamento principalmente em acessos. As condições da via propícias para a implantação: raios de curvas grandes, tangentes longas e relevo plano, fluxo sazonal e bom relacionamento com órgãos fiscalizadores, possibilidade de implantação gradual e baixa criticidade no inverno. Portanto foram feitas diversas intervenções no local, baseado em pesquisas de experiências internacionais.

Os sistemas implantados foram:

- Larguras de acostamento passaram a ser 3 metros;
- Uso de fibra ótica: melhorar velocidade de comunicação;
- Contador de fluxo: monitorar as condições de operação da via;
- Radiovia, site, blog e twitter: melhorar a informação com o usuário, de modo a informá-lo sobre incidentes e condições da via;
- 0800: receber reclamações e sugestões sobre a via
- Câmeras: Monitorar a via em tempo real e identificar incidentes para atendimento imediato;
- Refúgio/Callbox: Permitir que carros acidentados ou panes elétricas possam sair da via, sem prejudicar o tráfego e se comunicarem com a central para receber auxílio.

A operação do trecho com e sem o uso do acostamento pode ser feito através no método VISSIM, onde se pode avaliar o impacto desta intervenção na via. Abaixo são mostradas figuras anteriores e posteriores a intervenção, mostrando as condições de operação em ambos.



Figura 4 - Condições de operação anteriormente a intervenção

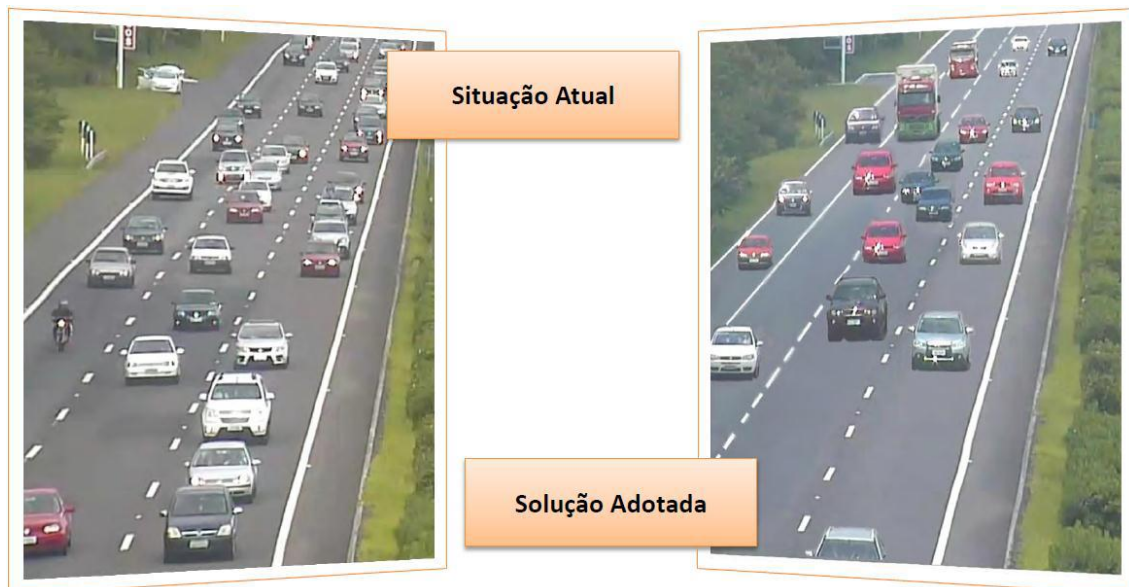


Figura 5 - Imagem mostrando a operação sem e com o uso de acostamento

Internacionais

Inglaterra

A Inglaterra foi o país precursor de medidas de gerenciamento de tráfego. Esse sistema foi implantado buscando maior segurança e capacidade na via, maior confiabilidade no tempo de viagem e diminuição de congestionamentos. Os impactos mensurados foram positivos, de acordo com a *Federal Highway Administration*: redução da variabilidade de tempo de viagens em 22%; redução da média de acidentes de 5,1 para 1,8 por mês; aumento da velocidade média de tráfego em 8 km/h; foram feitas ainda entrevistas que mostraram que 68% dos usuários se sentem melhor informados.

O primeiro trecho a ser implantado o sistema foi entre as intersecções 3a e 7. Posteriormente os sistemas foram instalados em outros locais como nas rodovias M25, M4, M5 e M6. As principais intervenções feitas foram: a harmonização das velocidades de tráfego, o uso de *ramp metering*, utilização temporária do acostamento, restrição do acesso de caminhões, controle de velocidades automatizado e cobrança de tarifas.

A harmonização das velocidades é feita de acordo com as condições atuais da via, então o Centro de Controle Operacional monitora e modifica as velocidades nos trechos necessários para evitar o congestionamento e a ocorrência de acidentes. A *ramp metering* consiste no uso de um semáforo de duas fases para controlar o acesso de novos veículos à via, portanto este permite ou não a entrada de acordo com as condições de tráfego da via no momento.

A utilização temporária do acostamento aumenta a capacidade da via e, usualmente, é implantada com a harmonização das velocidades, pois assim se conserva suas condições de segurança. O uso do acostamento exige diversas intervenções secundárias como a construção de áreas de refúgio com telefones de emergência, monitoramento integral e disponibilidade imediata de equipe de atendimento no caso de incidentes. A restrição de veículos pesados é feita para se aumentar a velocidade média na via, uma vez que eles trafegam com menor velocidade se comparado aos veículos leves. O controle de velocidades automatizado e a cobrança de tarifas foram implantados para manter a fiscalização e a boa operação da via, evitando incidentes. Abaixo apresenta-se imagem explicativa deste sistema.

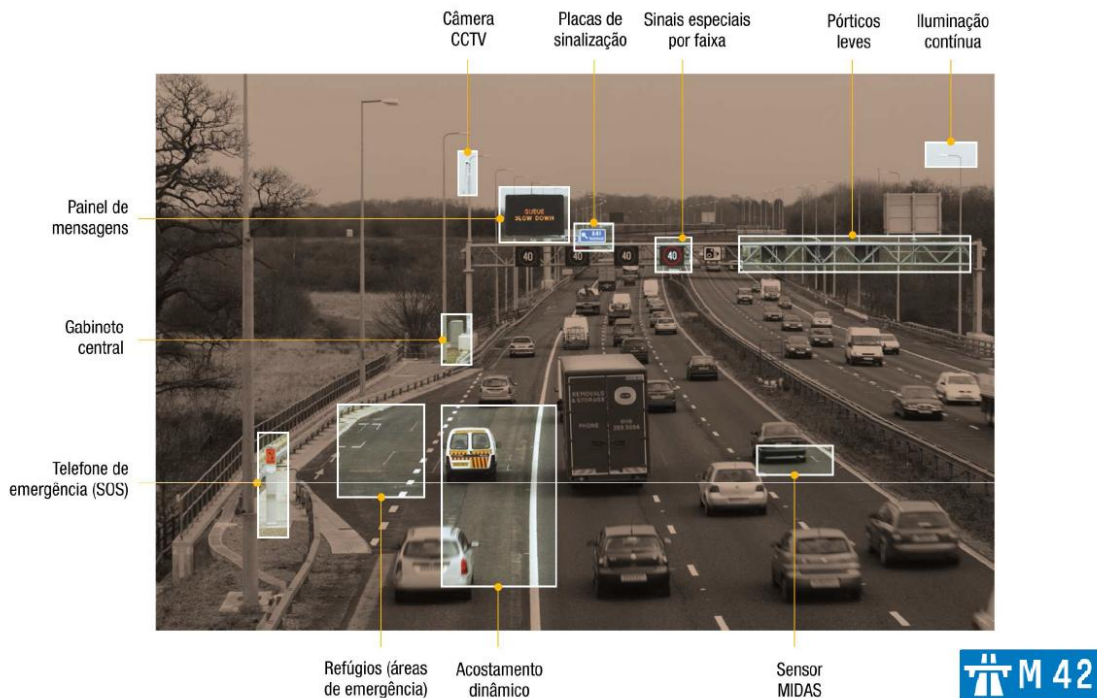


Figura 6 - Rodovia M42 na Inglaterra (Fonte:Triunfo/Concepa, Gerenciamento ativo de Tráfego)

Alemanha

Na Alemanha, o gerenciamento ativo de tráfego foi implantado com o objetivo de aumentar a capacidade, objetivo primordial dessa medida, além de melhorar a segurança de suas autoestradas. Segundo avaliação realizada por Geistefeldt (2011) nas autoestradas da Alemanha, o uso da harmonização da velocidade levou a uma menor variação na capacidade da via e redução do risco de ocorrer colapsos no fluxo. A capacidade de uma autoestrada com três faixas aumentou de 20 a 25% com o uso temporário do acostamento (Geistefeldt, 2012).

O motorista é alertado sobre as condições de tráfego nos trechos seguintes da rodovia e também sobre as velocidades máximas permitidas por meio de painéis de mensagens variáveis (PMVs), como mostrado na figura a seguir.



Figura 7 – Exibição de pictogramas simbolizando congestionamento na Alemanha (Fonte: FERRET, G. M. Avaliação da opinião dos motoristas. 2013)

Holanda

Na Holanda, o gerenciamento ativo de tráfego foi implantado com o objetivo principal de garantir a circulação segura e ininterrupta do tráfego, aumentando, portanto, sua capacidade. Eliminar gargalos, melhorar o fluxo e a comunicação com os usuários, foi garantir para obter-se viagens confortáveis e também foram outros objetivos da implantação do gerenciamento ativo de tráfego (Federal Highway Administration, 2007). Usuários apontam uma melhor receptividade às informações recebidas através dos painéis de mensagem variáveis (PMVs) (Middelham, 2006).

Estados Unidos

Nos Estados Unidos, a implantação do gerenciamento ativo de tráfego teve como objetivo a redução do congestionamento, para maximizar a eficiência dos veículos durante todos os períodos do dia. É válido ressaltar que esse gerenciamento ativo de tráfego nos Estados Unidos já podia, anteriormente, ser observado pelas alças de acesso às autoestradas em alguns pontos por faróis sinalizadores.

Muitas agências de transporte estaduais usaram, e estão usando, estratégias de gerenciamento ativo de tráfego para minorar o congestionamento de suas autoestradas. Os estados da Virgínia, Texas, Michigan, Colorado, Washington, Washington D.C., Califórnia, Missouri e Minnesota são os precursores no uso do gerenciamento ativo de tráfego nos Estados Unidos (Sisiopiku et al., 2009). Destacam-se os impactos registrados no estado de Washington. Em trechos com harmonização da velocidade foi reportado uma redução de 16% nas colisões e 30% nos ferimentos em colisões; em trechos com painéis de mensagens variáveis houve redução de 15% nas colisões; além da redução do congestionamento e aumento da capacidade (Jacobsen e Farradyne, 2008).

Os estados de Virgínia, Minnesota, Washington e Califórnia, entre outros, utilizaram técnicas de gerenciamento ativos de tráfego, porém, nem todos usando o mesmo conjunto de medidas. No estado de Virgínia, por exemplo, a utilização de acostamento se deu em horários fixos, os horários de pico das demandas, mas esse gerenciamento não poderia, portanto, ser caracterizado como “ativo”, uma vez que independe da real condição de tráfego nas vias. Em Minnesota e Washington, por outro lado, o uso do acostamento depende das condições da via e sua utilização pode variar de acordo com a existência de obras que inviabilizem alguma das faixas, assim como altas demandas nas condições de tráfego em pico.

Em todos os casos, essas medidas foram utilizadas com o intuito de melhorar as condições de operação da via e a segurança dos usuários. Abaixo está apresentada figura que exemplifica o uso do acostamento em horários fixos na Virgínia.



Figura 8 – Utilização do acostamento em horários fixos nos Estados Unidos (Fonte: FERRET, G, M. Avaliação da opinião dos motoristas. 2013)

A seguir encontra-se figura que exemplifica a harmonização de velocidades e a utilização dos acostamentos em Washington.



Figura 9 – Harmonização de velocidades e utilização do acostamento interno e externo em Whashington State
(Fonte: FERRET, G. M. Avaliação da opinião dos motoristas. 2013)

Análise de dados

Considerações

As ferramentas de gestão de congestionamentos tratadas nos exemplos da Europa, como a harmonização das velocidades, uso do acostamento e sinais rotativos prismáticos, alinhados aos PMVs, conseguiram bons resultados com relação a melhoria de operação das vias e satisfação dos usuários. Conforme levantado pela *Federal Highway Administration*, a Europa conseguiu resultados que geraram a aceitação do público quanto à prática da gestão de congestionamento e os resultados foram:

- Aumento na vazão média em períodos de congestionamento de 3 a 7%;
- Aumento da capacidade total de 3 a 22%;
- Redução em incidentes primários de 3 a 30%;
- Redução dos incidentes secundários de 40 a 50%;
- Harmonização global de velocidades durante os períodos de congestionamento;
- *Headways* reduzidos e comportamento dos condutores mais uniforme;
- Aumento na confiabilidade das viagens;
- Capacidade de retardar o início do colapso no *freeway*.

Nos Estados Unidos também, o uso alternativo do acostamento, seja ele com base no gerenciamento ativo de tráfego ou a partir de horários fixos pré-estabelecidos, refletiu sensível melhora na operação das autoestradas, assim como na redução de acidentes e aumento da segurança dos usuários.

Portanto, baseando-se nas três principais medidas do gerenciamento ativo de tráfego: harmonização de velocidades, uso alternativo dos acostamentos (internos e externos) e faróis

prismáticos variáveis, o gerenciamento ativo de tráfego permitiu que a integração real entre o usuário e a infraestrutura pudesse ser estabelecida em alguns aspectos.

Identificação dos problemas

O presente trabalho irá abordar alternativas de como a integração ativa, ou seja, em tempo real, dependendo das condições hora a hora das vias, entre os usuários e a infraestrutura pode ser estabelecida, com o objetivo de melhorar as condições operacionais de circulação nas autoestradas, assim como a segurança dos usuários que por ela trafegam.

A falta de integração ativa entre o usuário e a infraestrutura gera uma imensidão de más consequências que são possíveis de ser observadas em nosso dia-a-dia de circulação, como a formação de gargalos, quilômetros de congestionamentos provocados pela existência de um obstáculo (acidente, obras, entre outros), queda na segurança dos usuários, significativa diminuição das velocidades de circulação e outros fatores que prejudiquem uma circulação efetiva e de qualidade nas autoestradas.

Definição dos problemas a serem abordados

O problema do presente trabalho é definido, portanto, pela busca de alternativas, com base no gerenciamento ativo de tráfego, que podem reafirmar a integração entre aqueles que circulam pelas vias e suas condições reais de operação dentro nos limites estabelecidos pela infraestrutura.

É de suma importância ressaltar o aspecto variável de operação das infraestruturas e, nesse sentido, as medidas de gerenciamento devem, sem dúvida, operarem com características ativas também. A variabilidade de operação de nossas rodovias é verificada diariamente pelas condições de tráfego que encontramos, algumas projeções podem de fato serem feitas para as demandas e capacidades esperadas, principalmente, nos horários. Mas as impreviões podem ser medidas? Obstáculos, acidentes e algumas condições de tempo não são previamente esperadas e, dessa forma, as ferramentas de gestão devem ser igualmente preparadas ativamente para buscar soluções na melhoria de operação das vias.

Definição do problema

Objetivos

Buscar alternativas de **gerenciamento ativo** em autoestradas, com base em exemplos nacionais e, principalmente, internacionais. A partir das medidas encontradas, avaliar suas consequências reais para as condições de operação das vias e caracterizar quantitativamente estas mudanças.

Metas

A partir dos exemplos analisados responder as perguntas e definir as considerações:

- De que forma a medida pôde beneficiar às condições de operação nas vias? Procurar dados quantitativos de lugares onde estas medidas já foram implantadas.
- De que forma a medida pôde beneficiar os usuários da via? Procurar dados quantitativos que expressem, por exemplo, reduções nos números de acidentes verificados.
- Considerar montantes de investimentos e retornos de melhoria operacional da infraestrutura.
- Avaliar sua aplicabilidade com as condições atuais das autoestradas brasileiras.

Restrições

Restringir as análises ao gerenciamento ativo de tráfego já encontrado dos exemplos tratados anteriormente pela:

- Harmonização das velocidades permitidas na via para melhoria da qualidade de circulação, considerando a ocorrência, ou não, de obstáculos e fatores que possam prejudicar a operação das autoestradas;
- Uso do acostamento como faixa alternativa de tráfego em situações de maior movimento, horários de pico, e ocorrência de incidentes na via, com o objetivo de desobstruir o tráfego no caso de interdições;
- Uso de faróis prismáticos bicolores com o objetivo de restringir as entradas de circulação nas vias, de acordo com sua capacidade temporal verificada.

Estas três características farão, portanto, parte das análises a serem realizadas do gerenciamento ativo de tráfego. A partir disso, estudaremos soluções para o gerenciamento ativo de tráfego, buscando promover a integração entre o usuário e a infraestrutura disponível para operação.

Estudo de Aplicação

Com a intenção de avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de gerenciamento dinâmico de tráfego como forma de diminuir o congestionamento, além de, por meio desta análise demonstrar seus efeitos benéficos ao tráfego na via, selecionamos e caracterizamos um trecho de uma rodovia brasileira e propusemos as intervenções necessárias para a aplicação da solução.

O trecho:

Foi escolhido para a análise o trecho sul da Rodovia dos Imigrantes (SP-160), especificamente o Km 38.

A Rodovia dos Imigrantes é a principal via de acesso da cidade de São Paulo à Baixada Santista e ao litoral sul paulista, fazendo parte de um complexo de estradas denominado Sistema Anchieta-Imigrantes (SAI), cuja concessão para operação e manutenção foi dada a empresa privada Ecovias em maio de 1998.

Esta escolha foi motivada por se tratar de um trecho onde há ocorrência frequente de congestionamentos, especialmente em datas que precedem feriados ou férias escolares. Outros trechos do mesmo sistema onde os efeitos do congestionamento são mais evidentes chegaram a ser considerados, como no caso do trecho de serra da Rodovia Anchieta. Este, no entanto, não possui faixa de acostamento, inviabilizando a nossa principal proposta de intervenção.

Características da via:

- SP-160 Sul – km 38
- Largura de faixas:
 - Faixas 1, 2 e 3: 3,6 m
 - Faixa 4: 3,7 m
 - Acostamento: 3,0 m
- Capacidade aproximada: 1.500 veículos por hora.
- Velocidade limite: 120 km/h
- Velocidade média (Setembro/2013): 88 km/h
- Altura limite da Via: 6,0 m

Sistemas de Supervisão e Suporte:

- CFTV: Câmeras de monitoramento nos km 35 e km 40
- STE/Call Box: a cada 1 Km
- SATs: Sistemas de Análise de Tráfego instalados à margem da rodovia
- SAU: Serviços disponibilizados pela concessionária.
 - Socorro Mecânico
 - Socorro Médico
 - Inspeção de Tráfego e da Via: as rotas de inspeção executam a varredura de todos os trechos da rodovia no máximo a cada 90 minutos.

Análise

Foram obtidos junto a Ecovias os dados referentes ao tráfego horário para o trecho em questão no carnaval de 2013, sem distinção entre os tipos de veículo.

SAT05-km-38-SP-160-Sul-Expressa			
Data	Hora	Volume	Minutos Consolidados
11/02/2013	00:00:00	609	60
11/02/2013	01:00:00	401	60
11/02/2013	02:00:00	295	60
11/02/2013	03:00:00	259	60
11/02/2013	04:00:00	220	60
11/02/2013	05:00:00	375	60
11/02/2013	06:00:00	884	60
11/02/2013	07:00:00	1.464	60
11/02/2013	08:00:00	2.008	60
11/02/2013	09:00:00	2.478	60
11/02/2013	10:00:00	2.842	60
11/02/2013	11:00:00	2.853	60
11/02/2013	12:00:00	2.587	60
11/02/2013	13:00:00	2.356	60
11/02/2013	14:00:00	2.073	60
11/02/2013	15:00:00	1.903	60
11/02/2013	16:00:00	1.706	60
11/02/2013	17:00:00	1.634	60
11/02/2013	18:00:00	1.468	60
11/02/2013	19:00:00	1.383	60
11/02/2013	20:00:00	1.206	60
11/02/2013	21:00:00	1.048	60
11/02/2013	22:00:00	920	60
11/02/2013	23:00:00	808	60

Alguns dos volumes observados superam a capacidade da via, sendo certamente responsáveis por uma diminuição na velocidade de tráfego e por congestionamentos no trecho. Supondo que o volume de tráfego horário apresentado é o mesmo em todas as faixas e considerando que um volume de 2.200 veículos/faixa/hora é representativo do trecho no período, é possível desenvolver algumas considerações.

Antes de tudo é importante ressaltar que o volume escolhido como representativo não representa a média dos volumes observados naquele dia, mas apenas a dos volumes que superaram a capacidade da via. Isso se deve ao fato de o interesse do estudo ser voltado aos períodos onde há dificuldades no tráfego.

Também foi obtida junto à Ecovias a velocidade média dos veículos no trecho no mês de setembro de 2013, sendo esta velocidade de 88 km/h. Para dar continuidade a análise, será considerada a velocidade de 90 km/h como a velocidade média da via.

Utilizando o gráfico de níveis de serviços de rodovias segundo o *Highway Capacity Manual*, além dos valores considerados para volume de tráfego horário e para velocidade média no

trecho, podemos quantificar os benefícios do uso da faixa de acostamento como ferramenta de gerenciamento dinâmico do tráfego.

Abaixo é possível observar a velocidade média obtida para a configuração atual na rodovia.

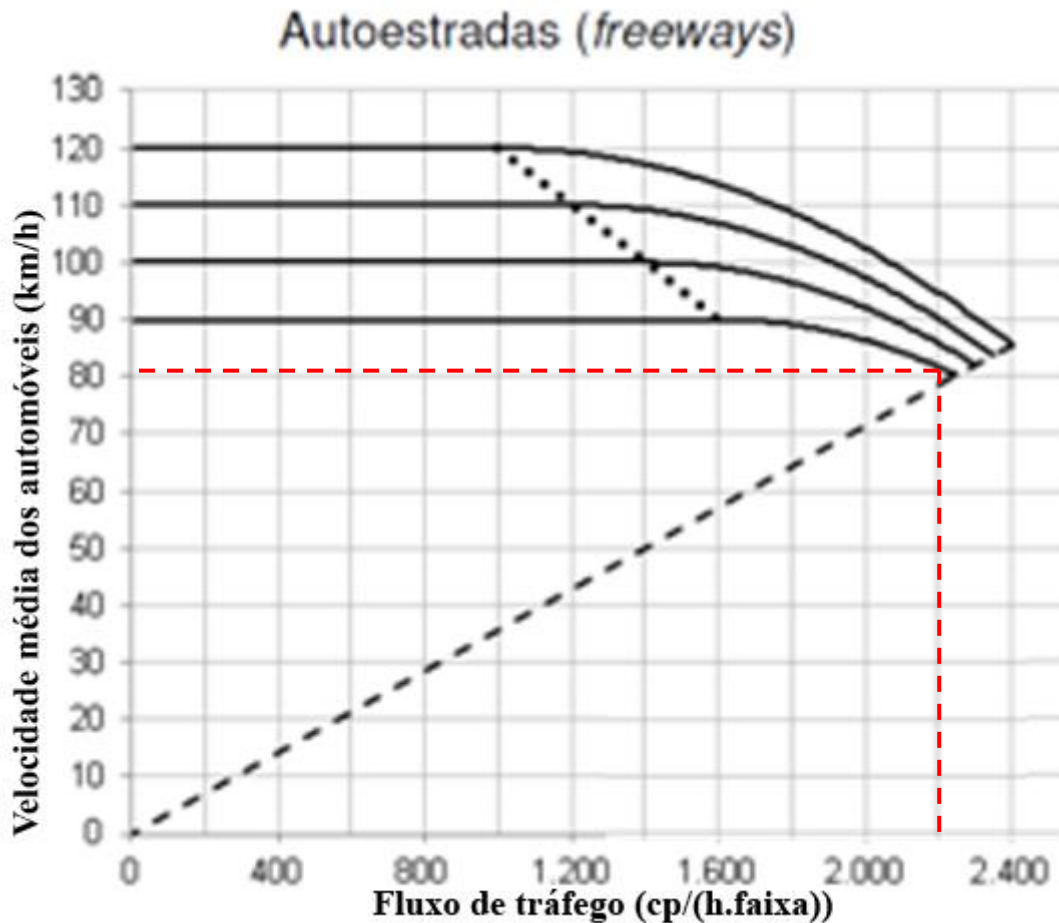


Figura 10 – Velocidade média dos automóveis por fluxo de tráfego (Fonte: HCM)

Ao se fazer uso da faixa de acostamento, o trecho passaria a contar com 5 faixas. Com isso o volume de tráfego horário observado seria reduzido de 2.200 veículos/faixa/hora para 1.760 veículos/faixa/hora.

Pode-se observar abaixo o gráfico de níveis de serviços segundo o *Highway Capacity Manual* para esta nova situação.

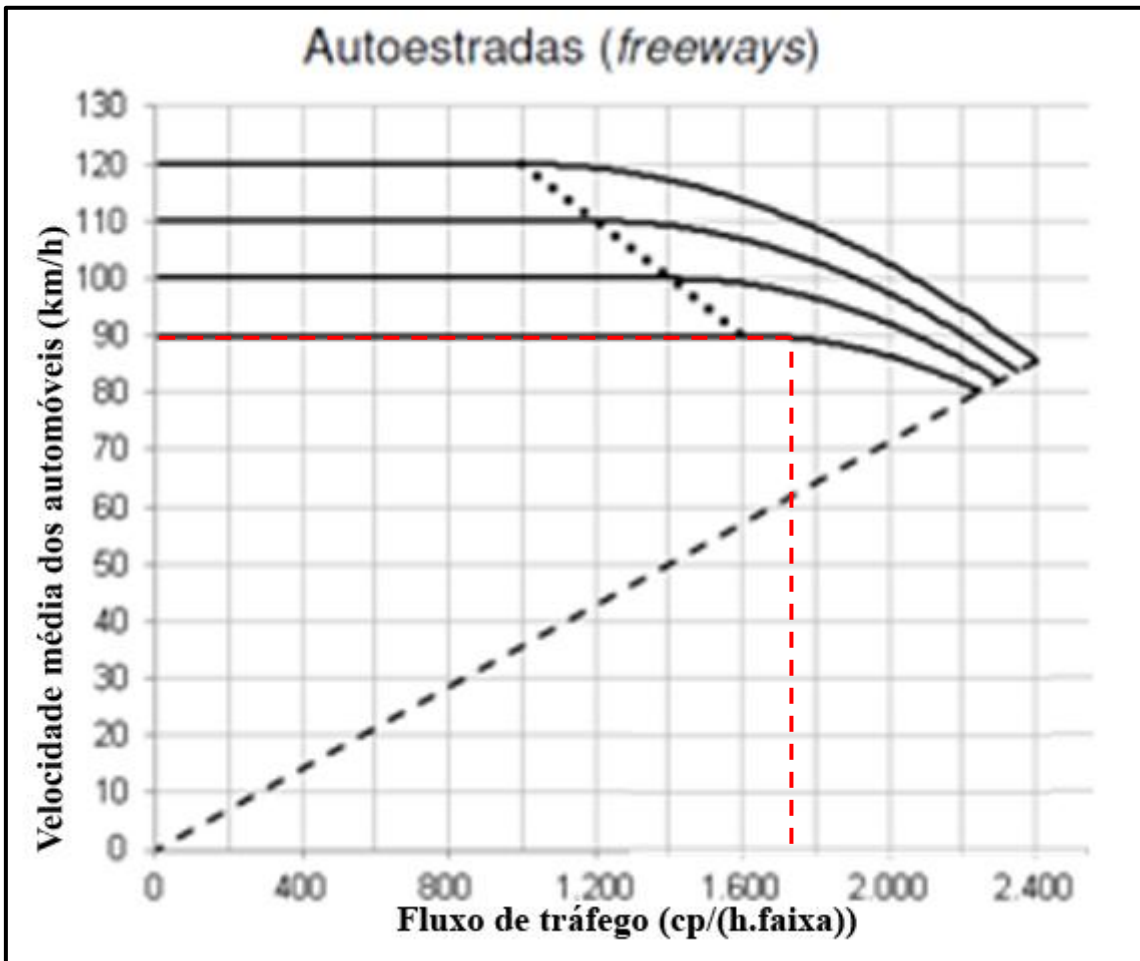


Figura 11 – Velocidade média dos automóveis por fluxo de tráfego (Fonte: HCM)

Comparando-se as duas situações observa-se que a velocidade média de operação passou de 81 km/h, na situação em que não havia o uso da faixa de acostamento, para 90 km/h quando a faixa de acostamento foi utilizada, havendo portanto um aumento de 11% na velocidade média.

Estrutura para Implantação

A adoção de ferramentas de ITS para o gerenciamento dinâmico de tráfego depende de uma extensa infraestrutura de suporte. É impossível pensar em quaisquer das medidas abordadas como soluções isoladas, havendo sempre a necessidade de investimento em outros grupos contemplados pela arquitetura de referência de ITS, além de coordenação entre os diferentes atores envolvidos.

É necessária especial atenção para os serviços de informações aos usuários, uma vez que, por se tratar de um serviço de gerenciamento dinâmico de tráfego, os usuários precisam ser informados com eficiência sobre as medidas adotadas no momento em que elas são implantadas.

É também extremamente necessário um serviço eficiente de gerenciamento de tráfego para identificar as necessidades de intervenção e coordenar as respostas entre os diferentes níveis e atores envolvidos, além de um planejamento eficiente sobre como viabilizar o acesso dos serviços de emergência e apoio ao usuário no caso de a faixa de acostamento estar sendo utilizada como faixa normal de tráfego.

Abaixo é possível visualizar parte dos serviços necessários no planejamento e coordenação eficientes de um sistema de transporte viário pautado pelo uso de ferramentas ITS.



Figura 12 – Grupos de Serviços de ITS em Rodovias (Fonte: PTR2580 – 2º semestre 2013 – Aula 4)

Quanto às intervenções propostas e especificadas neste estudo, estas estão contempladas em um subgrupo de Controle de Tráfego, o qual tem como objetivo atuar, com base nas informações obtidas pelos sistemas de gerenciamento da rodovia, de forma a melhorar as condições de operação no sistema.

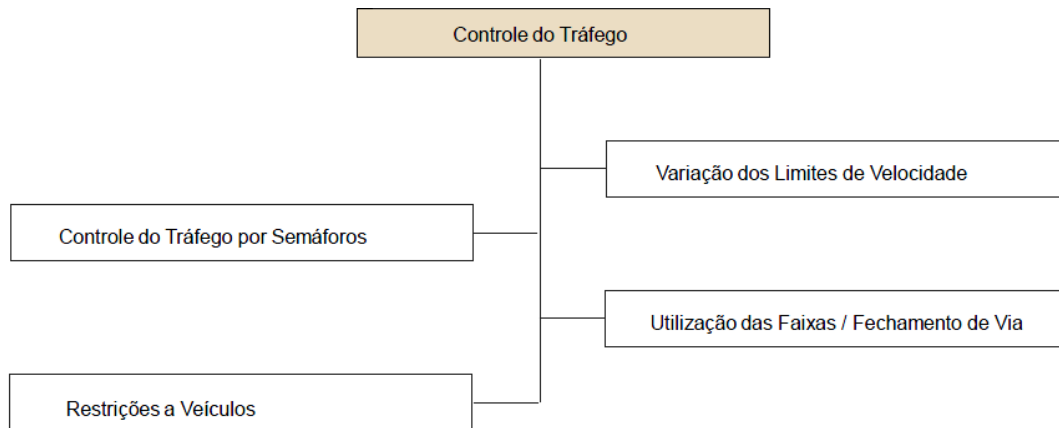


Figura 12 – Ferramentas de Controle de Tráfego (Fonte: PTR2580 – 2º semestre 2013 – Aula 3)

Conclusão

Os exemplos de aplicação de ferramentas de gerenciamento dinâmico de tráfego, tanto em casos internacionais quanto nacionais, mostra que esta é uma ferramenta eficiente para otimizar a circulação segura dos veículos e minimizar os congestionamentos, seja através do aumento da capacidade ou da regularização do fluxo de veículos.

É importante posicionar as intervenções propostas neste estudo não como uma solução única e definitiva para os problemas de tráfego enfrentados das rodovias, mas como mais um recurso que, quando utilizado em conjunto com outras ferramentas de ITS traz, de fato, melhorias na operação do sistema.

Apesar de as considerações feitas no estudo de aplicação desta ferramenta à Rodovia dos Imigrantes usarem diversas simplificações e ser, sem dúvidas, superficial, são inegáveis os benefícios trazidos por um sistema que faz um uso bem coordenado e organizado de ferramentas de ITS.

Seja pela melhora na segurança ou pelo aumento da capacidade, as melhorias são sentidas pelos usuários, que se tornam a partir daí mais receptivos e alertas ao uso de painéis de mensagens variáveis e demais ferramentas de informações ao viajante.

O desenvolvimento e aplicação de ferramentas de ITS que auxiliam na coordenação e na operação de rodovias é uma realidade que tende a estar cada vez mais presente na vida de todos. É, sem dúvidas, necessária uma mudança de hábitos e práticas, por parte dos próprios usuários, para que haja uma adaptação a essa nova realidade. A partir daí, com um maior *feedback* e troca de informações e experiências entre os usuários e os sistemas de operações das rodovias, atingiremos um novo patamar quanto ao conforto, segurança e confiabilidade nas nossas viagens.

Referências

ANDRADE, G. R.; SETTI, J. R. Efeito da adaptação da relação fluxo-velocidade em Estimativas do nível de serviço de rodovias de pista dupla no Estado de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2013.

BRITO, L. - Triunfo, Concepa. Seminário de Operação de Rodovias - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília, 14 de abril 2011

CALEFFI, F. et al. Gerenciamento Ativo De Tráfego: Um Estudo Piloto Na BR290. ANTT,UFRGS, PRF, 2011

Federal Highway Administration (2007) *Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management*. Alexandria, VA: American Trade Initiatives. FHWA-PL-07-012, Estados Unidos.

Federal Highway Administration (2011) *Integrated Active Traffic and Travel Demand Management: A Holistic Approach to Congestion Management*. Alexandria, VA: American Trade Initiatives. FHWA-PL-11-011, Estados Unidos.

FERRET, G. M. Efeito da adaptação da relação fluxo-velocidade em Estimativas Do Nível De Serviço De Rodovias De Pista Dupla No Estado De São Paulo. Porto Alegre, 2013

FERRET, G. M. Avaliação da opinião dos motoristas. Porto Alegre, 2013.

GEISTEFELDT, Justin (2011) Capacity Effects of Variable Speed Limits on German Freeways. Transportation Research Board, 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service pág. 48-56, Estados Unidos.

GEISTEFELDT, Justin (2012) Operational Experience With Temporary Hard Shoulder Running in Germany. Transportation Research Board Annual Meeting, Paper 12-3090, Washington D.C., Estados Unidos.

JACOBSEN, L. e T. Farradyne (2008) Active Traffic Management: Efforts in the Seattle Area. ITS Washington Panel Session. Washington State Department of Transportation, Estados Unidos.

MIDDELHAM, Frans (2006) Dynamic Traffic Management. Overview by Handbook: Sustainable Traffic Management. Rijkswaterstaat - AVV Transport Research Centre, Holanda.

SISIOPIKU, P. V.; A. Sullivan e G. Fadel (2009) Implementing Active Traffic Management Strategies in the U.S.. University Transportation Center for Alabama, Birmingham, Alabama, Estados Unidos.