

Sistema Inteligente de Transporte

Conceitos, Aplicações e Benefícios

Trabalho apresentado para a disciplina de Tópicos Avançados em Informática Industrial, apresentado ao prof. Dr. Flávio Neves Júnior.

Autores:

MSc. Marcus Talcir Andreotti
Guilherme Herrmann Destefani
Guilherme Alceu Schneider
Sylvio Abrão Calixto

Curitiba – Junho de 2002

Índice

1. INTRODUÇÃO AO SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE	3
1.1 - INTRODUÇÃO	3
1.2 PADRONIZAÇÃO DO SISTEMA	7
1.3 FUNÇÕES DOS PRINCIPAIS COMPONENTES PARA ITS	8
1.4 - ESTRUTURA EXEMPLO DE UM SISTEMA ITS	14
1.5 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	17
2. CUSTOS E BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE	18
2.1 – INTRODUÇÃO.....	18
2.2 - BENEFÍCIOS DO ITS NAS ÁREAS METROPOLITANAS	20
2.2.1 - <i>Sistemas de Gerenciamento de Vias Urbanas</i>	21
2.2.2 - <i>Sistemas de Gerenciamento de Rodovias</i>	23
2.2.3 - <i>Sistemas de Gerenciamento de Trânsito</i>	25
2.2.4 - <i>Sistemas de Gerenciamento de Incidentes</i>	27
2.2.5 - <i>Gerenciamento de Emergências</i>	28
2.2.6 - <i>Coleta Automática de Pedágio</i>	29
2.2.7 - <i>Pagamento Automático de Taxas</i>	30
2.2.8 - <i>Passagem de Nível</i>	31
2.2.9 - <i>Informação Regional Multimodal para Viajantes</i>	32
2.2.10 - <i>Gerenciamento de Informações</i>	32
2.3 - BENEFÍCIOS DO ITS NAS ÁREAS REMOTAS.....	33
2.3.1 - <i>Sistemas de Prevenção de Colisões e Segurança</i>	33
2.3.2 - <i>Sistemas de Serviços de Emergência</i>	34
2.3.3 - <i>Sistemas de Informações de Viagem e Turismo</i>	35
2.3.4 - <i>Gerenciamento de Tráfego</i>	36
2.3.5 - <i>Transito e Mobilidade</i>	37
2.3.6 - <i>Operações e Manutenções</i>	38
2.3.7 - <i>Gerenciamento das Condições Climáticas nas Rodovias</i>	39
2.4 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	41
3. ESTUDO SOBRE OS EFEITOS DE AUMENTAR E DIMINUIR O LIMITE DE VELOCIDADE EM SEÇÕES SELECIONADAS DE ESTRADAS.....	42
3.1 - INTRODUÇÃO	42
3.2 – OBJETIVOS	43
3.3 – METODOLOGIA.....	43
3.4 - SELEÇÃO DE VEÍCULOS EM FLUXO LIVRE	45
3.5 - EFEITOS NO COMPORTAMENTO DO MOTORISTA	45
3.6 - MELHORIAS NA PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS	46
3.7 - EFEITOS NO ESPAÇAMENTO INSUFICIENTE ENTRE VEÍCULOS.....	47
3.8 - EFEITOS NA OBEDIÊNCIA AOS LIMITES ESTABELECIDOS	47
3.9 - EFEITOS DA VELOCIDADE LIMITE	48
3.10 - EFEITOS NOS ACIDENTES DE TRANSITO	49
3.11 - RESTRIÇÕES AO USO DOS RESULTADOS	51
3.12 - RESULTADOS ESTATÍSTICOS PRODUZIDOS.....	51
3.13 - SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	52
3.14 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	53
4. QUESTÕES DE SEGURANÇA, CONSUMO DE ENERGIA, E GESTÃO DE TRANSPORTES PARA SERVIÇOS DE SISTEMAS DE TRÁFEGO INTELIGENTE (ITS).....	54
4.1 – INTRODUÇÃO.....	54
4.2 - SOLUÇÕES A PARTIR DE SISTEMAS DE TRÁFEGO INTELIGENTE (ITS)	56
4.2.1 <i>Consumo de Combustível</i>	56
4.2.2 - <i>Emissão de Poluentes</i>	58
4.3 - GESTÃO DE TRANSPORTES.....	62
4.4 – ENERGIA.....	64
4.5 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	66

1. Introdução ao Sistemas de Transporte Inteligente

MSc. Marcus Talcir Andreotti – CEFET-PR - 2002

Mestrando Sylvio Abrão Calixto – CEFET-PR - 2002

Mestrando Guilherme Alceu Schneider – CEFET-PR - 2002

Mestrando Guilherme Herrmann Destefani – CEFET-PR - 2002

1.1 - Introdução

O termo Sistemas de Transporte Inteligente (ITS - *Intelligent Transport Systems*) refere-se ao uso de diversos equipamentos eletrônicos e de metodologias de comunicação e processamento de dados voltados para o segmento de transportes públicos e de materiais. O objetivo principal destas metodologias é gerar melhorias na mobilidade de pessoas e cargas, na segurança, na redução da poluição e na produtividade dos transportes, sendo objetivos principais salvar vidas e economizar tempo e dinheiro. Para tanto, nove áreas principais de estudo para o ITS podem ser enfatizadas:

1. Sistemas de navegação;
2. Sistemas eletrônicos de coleta de dados de tráfego;
3. Sistemas de assistência para direção defensiva;
4. Otimização do tráfego;
5. Eficiência no controle e manutenção de rodovias;
6. Qualidade do transporte público;
7. Otimização na operação de veículos de carga;
8. Apoio e segurança ao pedestre;
9. Apoio e suporte à operação de veículos de emergência.

Outros estudos na área ainda podem ser enfatizados [36], tais como:

- Otimização dos meios de integração de transporte - cujo objetivo é facilitar a integração de passageiros e/ou cargas entre diversos meios de transporte;
- Tecnologias Embarcadas - com os sistemas de mapa-guias eletrônicos, ou ainda sistemas de segurança para os passageiros;

- Sistemas Dinâmicos de Sinalização e Advertência - como placas de sinalização variável ou estações de rádio com informações atualizadas de condições de tráfego para o motorista.

As grandes áreas gerenciadas por modelos de ITS, e sua respectiva gama de informações geradas são:

Sistema de informação ao transeunte (Traveler Information System - ATIS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informações prévias de trajeto. 2. Informações para o motorista durante o trajeto. 3. Informações de transporte público. 4. Serviço de informações pessoais. 5. Navegação e guia de rota.
Sistema de controle automático de tráfego (Automated Traffic Management System –ATMS)	<ol style="list-style-type: none"> 6. Suporte para planejamento de transporte. 7. Controle de tráfego. 8. Controle de incidentes. 9. Controle de demanda de tráfego. 10. Controle de política e regulamentação de tráfego. 11. Controle de manutenção de infraestrutura.
Sistema de controle automático de veículos (Automated Vehicle Control System - AVCS)	<ol style="list-style-type: none"> 12. Melhoria de visibilidade. 13. Operação automatizada de veículos. 14. Sistema de prevenção contra colisão longitudinal. 15. Sistema de prevenção contra colisão lateral. 16. Direção segura. 17. Sistema de prevenção e aviso contra possível colisão.
Operação de veículos comerciais (Commercial Vehicle Operation – CVO)	<ol style="list-style-type: none"> 18. Controle de aquisição de veículo comercial. 19. Controle de preferência para veículos

	<p>comerciais.</p> <p>20. Processos administrativos de veículos comerciais.</p> <p>21. Inspeção automática de acostamento.</p> <p>22. Monitoramento de veículos comerciais durante o trajeto.</p> <p>23. Controle e planejamento de frete.</p>
Sistema automático de transporte público (Automated Public Transport System - APTS)	<p>24. Gerência de transporte público</p> <p>25. Controle de demanda de transporte.</p> <p>26. Controle de sistemas de integração de transporte público.</p>
Controle de emergência (Emergency Management - EM)	<p>27. Indicação de emergência em trajeto.</p> <p>28. Controle de veículos de atendimento a emergências.</p> <p>29. Notificação de incidentes e de tráfego de material de alta periculosidade.</p>
Pagamento eletrônico de taxas	<p>30. Transações financeiras de forma eletrônica.</p>
Segurança	<p>30. Segurança de pedestres.</p> <p>31. Sinalização para trechos perigosos.</p> <p>32. Cruzamentos inteligentes.</p>

A figura 2.1 mostra os elementos de um sistema de transporte inteligente, onde são mostrados as interações que ocorrem entre as vias, os veículos que por elas transitam, e os usuários, sejam eles motoristas ou pedestres. Tudo é gerenciado por sistemas baseados em tecnologias de informação, de forma que todos os elementos do sistema ITS possam ter as informações necessárias em tempo hábil, para que as decisões sejam tomadas da maneira mais acertada possível.

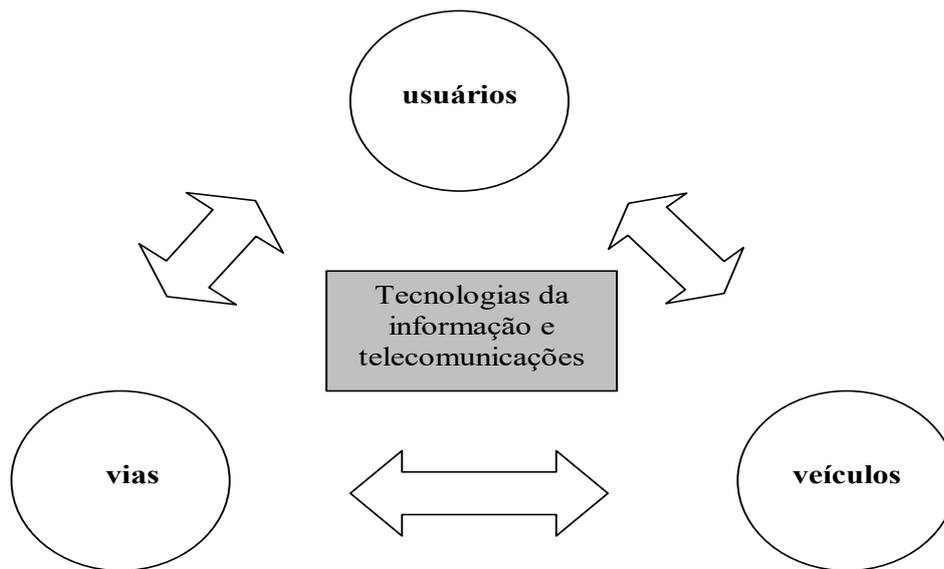


Fig 1.1 – Integração pessoas-veículos-vias promovida por sistemas ITS.

A implantação de um sistema ITS compreende basicamente três camadas:

- **Camada Transporte** - É compreendida como sendo o "mundo real", ou seja, é a camada física de obtenção de dados e envio de respostas, que estabelece uma terminologia comum para os subsistemas existentes e futuros de ITS. É composta basicamente de: pessoas ou cargas em movimento, veículos, centros de controle e sensores e atuadores viários.
- **Camada de comunicação** - É a estrutura de informação que conecta os elementos da camada transporte, coordena, distribui e compartilha informações entre sistemas e pessoas. Uma arquitetura ITS deve prever cuidadosamente: que tipo de informação e meio de comunicação é necessário para atender aos vários serviços proporcionados pelo ITS, como os dados devem ser compartilhados e usados pelas entidades físicas (subsistemas) e que tipos de padronização é necessária para facilitar este compartilhamento.
- **Camada Institucional** - É a estrutura sócio-econômica de organização e regras sociais, com reflexos de aspecto jurídico e incluindo setores de todos os níveis governamentais e de companhias privadas, que possam ser atingidas pelo sistema ITS. Atividades desta camada incluem a

criação de políticas locais, financiamentos do sistema ITS e a criação de parcerias para a condução do desenvolvimento ITS.

Algumas definições importantes de uma arquitetura ITS:

- a) **Usuários, Sensores e Sinalizadores** - existem aproximadamente 55 classes de "entidades" ITS identificadas. Elas incluem pessoas (usuários, operadores, gerentes e desenvolvedores), organizações (centrais de atendimentos de emergências, pedágios, polícia) e objetos (sensores, sinalizadores, sistemas veiculares), que trocam informações pré-definidas.
- b) **Subsistemas** - uma arquitetura ITS é dividida em aproximadamente 19 diferentes sistemas físicos. Estes realizam funções independentes, tais como: sistemas internos aos veículos (GPS - sistema de posicionamento global, air-bags, etc.), tráfego, trânsito e dispositivos viários (sensores de solo, sinalização variável, etc). Esta divisão é feita para que as informações compartilhadas entre os subsistemas sejam sistemáticas e façam uso da sinergia entre os mesmos.
- c) **Interfaces** - as conexões entre os subsistemas são definidas com base sobre o que cada subsistema faz, e quais informações são necessárias de outros subsistemas. A arquitetura ITS define especificações de interfaceamento para determinar a natureza dos sistemas de comunicação necessários entre os subsistemas.
- d) **Pacotes** - este conceito parte do princípio de como uma arquitetura ITS deve ser desenvolvida, e quanto isto custa por usuário. Para cada caso, os desenvolvedores do sistema determinam os "pacotes" de equipamentos que devem ser obtidos para que o sistema ITS funcione de acordo com as necessidades locais.

1.2 Padronização do sistema

Como em qualquer sistema de porte, as interfaces são as partes críticas de uma arquitetura ITS, e integram as diferentes partes do sistema [37], tais como:

- entre veículos e equipamentos viários,

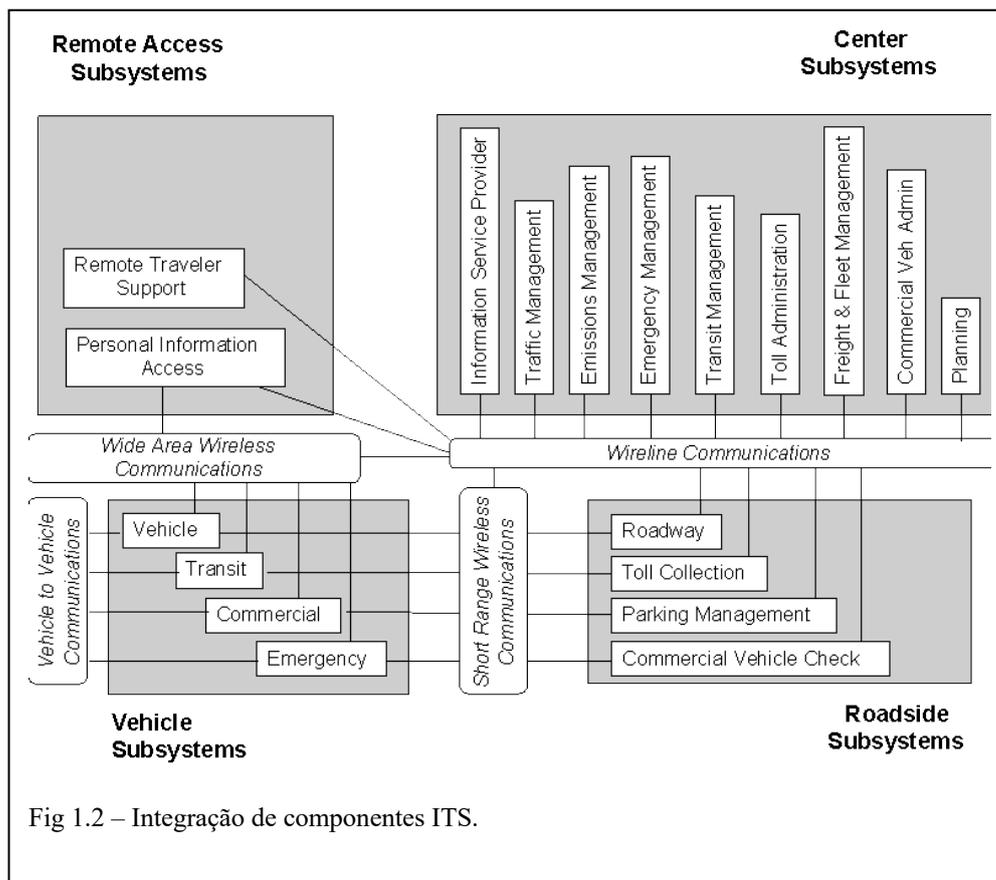
- entre o centro de controle de tráfego e as companhias responsáveis pela aquisição dos dados viários,
- entre os veículos que estejam em uma infra-estrutura viária automatizada.

Normalmente o sistema ITS *descreve* as interfaces, mas não as *prescreve*, de forma a manter um esqueleto básico de funcionamento do sistema. Normalmente não são fornecidos detalhes suficientes para que um projetista de software ou hardware construa a interface. O projetista terá que pesquisar e adequar as interfaces conforme a realidade de sua aplicação, pois sempre haverá muitas maneiras de se obter um mesmo resultado, e dificilmente uma norma rígida refletiria a melhor maneira de realizar este interfaceamento. Na prática, é necessário um consenso entre os provedores de partes de um sistema ITS para que todo o modelo fique consistente.

1.3 Funções dos principais componentes para ITS

Qualquer sistema que usa a tecnologia para controle e informação pode ser quebrado em sub-funções de aquisição de dados, transmissão de dados, processamento e armazenamento de dados e utilização de dados para controles decisórios. Em ITS, estas sub-funções serão aplicadas para o tráfego, veículos e pessoas envolvidas, usando o grande leque de tecnologias disponíveis.

Um exemplo de integração destes componentes é mostrado na figura 1.2



1.3.1 Aquisição de dados

Na via, um dos pré-requisitos para muitos serviços ITS é a aquisição de dados temporais precisos sobre as condições do tráfego e da via. Por muito tempo, os dados de tráfego são obtidos com o uso de sensores indutivos, que informam a presença de veículos através de detecção magnética. Quando usado em conjunto com softwares especializados, sinais coletados de múltiplos sensores indutivos colocados estrategicamente ao longo da via e transmitidos à central de controle de tráfego, podem sensorar incidentes e alertar o operador quando da possibilidade da ocorrência dos mesmos.

Outros tipos de sensores de tráfego, por exemplo, ultrassônicos, microondas ou infravermelhos, podem ser instalados em pontos fora da rodovia, sem perturbar o tráfego durante sua instalação e manutenção. Estes sensores podem enviar outras informações, tais como o tamanho do veículo e

outras dimensões, permitindo melhor classificação do tráfego. Outro modo de controle é com o uso de sistemas de vídeo, onde o tráfego pode ser acompanhado em tempo real e auxiliar a central de controle a monitorar situações complicadas de tráfego e tomar decisões. Estas imagens, entretanto, servem para complementar os dados obtidos pelos sensores de tráfego instalados nas vias, embora novas tecnologias de processamento de imagem já permitem a obtenção de informações como presença de veículos, velocidade, ocupação de pista, fluxo de tráfego, etc.

Também em conjunto com o sensoreamento, outras informações podem ser adicionadas, tais como condições do tempo, informações da polícia, condições da rodovia, entre outras. Existem também os chamados “veículos de teste” (floating vehicles), equipados para receber informações e serviços ITS e também pode mandar informações, usando tecnologia de comunicação móvel, para as centrais de controle.

Dentro de vias com controle ITS, precisar a localização de veículos comerciais é também muito importante tanto para o motorista quanto para o despachante de fretes. Um dos usos mais comuns para localização de veículos (AVLS) é o uso de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), que é basicamente um conjunto de satélites que pode determinar, em 3 dimensões (longitude, latitude e altitude) a posição do veículo na via. Entretanto, como o GPS depende de comunicação com satellites, sistemas adicionais de informação são necessários para que o sistema continue funcionando quando o veículo transita sob pontes, sob densa folhagem de árvores ou próximo de grandes elevações (prédios, montanhas).

1.3.2 Transmissão de dados e informações

Existem duas grandes categorias técnicas disponíveis para transmissão de dados de tráfego e outras informações relevantes: terminais fixos e terminais móveis. Terminais fixos incluem telefones fixos, radios, televisão, computadores “desk top”, faxes, quiosques e sistemas de sinalização variável.

Terminais móveis incluem rádios automotivos, transceptores móveis, telefone celular, computadores “lap top”, pagers e hand helds.

Informações de tráfego, assim como qualquer outra informação a ser enviada ao usuário, concorre em tempo de uso do meio de transmissão, competindo com outros programas da mídia. Em alguns países da Europa e nos Estados Unidos, o uso do tele-texto (superposição de informações de texto aos sinais de sincronismo vertical de sinal de TV) se tornou comum para a transmissão de informações de tráfego, aliviando o conflito com outros produtos de informação sem custo adicional. Outros modos, já podendo envolver custos ao usuário, permitem maior interação e objetividade deste com a informação de tráfego desejada, tais como serviços via telefone, ou acessando mapas informativos através de computadores conectados a internet.

Durante o trajeto, o receptor móvel mais comum para obtenção de dados de tráfego é o rádio que equipa o veículo, e que vem sendo usado para este fim há anos. Em trechos de estrada perigosos em que a transmissão comercial de rádio não atinge, podem ser instalados sistemas de avisos via rádio (HAL - highway advisory radio) para manter o motorista informado das condições de tráfego naquele local. Na Europa, as portadoras de sinal FM (e AM) são usadas para multiplexar dados de tráfego para os displays de texto nos rádios de carros. Estas mensagens, codificadas em um canal específico (RDS/TMC), podem ser convertidas para qualquer linguagem que o motorista entenda. Sistemas similares de conexão entre o motorista, as estações de controle de estrada e a central de controle de tráfego tem sido desenvolvidos.

Comunicação digital sem fio também tem sido largamente usado para fins de ITS. Por muitos anos, terminais digitais móveis (MDT) têm sido usados pela polícia, por caminhões e outros veículos especiais para comunicação. Serviços de telefonia celular comercial (TDMA, CDMA e GSM) também estão sendo introduzidos para comunicação de equipamentos ITS, e tecnologias como uso de satélites de baixa órbita (LEO) para comunicação permite inclusive diminuir o custo de comunicação para áreas rurais remotas.

Rodovias com capacitação ITS normalmente requerem que o funcionamento do veículo e da infraestrutura da rodovia se interajam como um sistema integrado. Para isso, tranceptores de curto alcance (DSRC - dedicated short range communications) são instalados em pontos fixos da rodovia de forma a permitir não somente a comunicação móvel do motorista, mas também permite a integração do veículo com a via, também precisando sua localização. Este serviço é usado primariamente para a cobrança automática de pedágio, mas serviços como controle de fretes (CVO), controle de estacionamento, controle de semáforos para veículos de emergência dentre outros também se tornam realidade. Como estes tranceptores estão em pontos conhecidos da rodovia, o tempo de viagem (TT – travel time) de veículos individuais pode ser obtido para propósitos de gerência de tráfego.

1.3.3 Centrais de controle

Com a simultaneidade das informações que chegam às centrais de controle e gerência de tráfego, existe a necessidade de processar todos estes dados para verificar sua confiabilidade, reconciliar dados conflitantes e combiná-los em um conjunto de informações consistentes antes que possam ser distribuídos. Este processo é conhecido como fusão de dados de tráfego. Dentro da central, as informações de tráfego são normalmente distribuídas para os operadores através de um grande display, que é complementado por uma série de monitores de circuito fechado de TV que podem ser chaveados para qualquer uma das câmeras no campo. Códigos de cores também são muito usados para indicar, no display, o grau de congestionamento ou a ocorrência de incidentes.

Os operadores da central de controle de tráfego também mantêm comunicação de voz com as patrulhas e com operadores em outras centrais, o que é muito importante durante situações de emergência onde a precisão, eficiência temporal e interatividade são importantes para coordenação de operação de resgates. Despachantes de fretes não apenas mantêm comunicação de dados e voz com motoristas individuais, mas também, usando informações de softwares específicos, determina comandos para os motoristas

tomarem certas rotas de forma a otimizarem sua entregas e reebimentos, de forma a minimizar o custo logístico.

Informações provenientes de sensors de tráfegonão necessitam ser necessariamente enviadas para centrais de controle para se tornarem úteis. Este é o caso de sistemas de controle adaptativos de semáforos (SCOOT e SCATS), que cria ondas verdes para que veículos de vias arteriais de fluxo intenso possam circular sem congestionamentos. Outro uso é o de controle semáforos de de acesso a rodovias, permitindo o controle de fluxo de acordo com o tempo de vermelho do sinal.

1.3.4 Unidades veiculares

De modo primário, três funções são sensoreadas em veículos para fins de ITS: (1) sensores para determinar a posição absoluta do veículo (GPS, etc.); (2) sensores para determinar a posição relativa do veículo em relação à rodovia; e (3) sensores para monitoramento das funções internas do veículo (combustível, pressão dos pneus, etc.). Em um segundo degrau aparece sensores de caráter longitudinal ao veículo representado por dispositivos radar e laser, que informam medidas de distância de veículos próximos, taxa de aproximação de veículos e detecção de obstáculos na rodovia. Sensores sônicos ou ultra-sônicos são também usados, especialmente para a detecção de pessoas e objetos na traseira de veículos quando este está em marcha-a-ré.

Mapas digitais são um pré-requisito para qualquer sistema de navegação avançado, incluindo a localização atual do veículo. Existem dois tipos de mapas digitais: mapas “raster-encoded” e mapas “vector-encoded”. Os primeiros são basicamente imagens em vídeo de mapas em papel e são normalmente usados para fins de apresentação, como o de acompanhamento de veículos em um controle de frotas. Mapas “Vector-encoded”, por trabalharem com vetores, requerem menos memória para processamento, são naturalmente relacionais e mais fáceis de manipular para funções como ampliação, supressão de detalhes e expansão de atributos. Com o uso de um software especial, GPS, mapas digitais com a inclusão de atributos de

segmentos de rodovia, como limite de velocidade, tempo de semáforo e outros, o motorista pode rapidamente determinar qual a melhor rota para seu destino.

1.4 - Estrutura exemplo de um sistema ITS

Tradicionalmente, um programa de implantação de sistemas de ITS é implementado utilizando o pessoal de Departamentos de Trânsito, os quais operaram o Centro de Operações de Transporte (nome genérico dado aos centros de controle ITS). A equipe de gerência de projeto e implantação de sistemas ITS determina, com base em diversos estudos de ordem técnica, histórica, social e econômica, qual será o esqueleto do sistema a ser implementado para atender as necessidades locais. Isto torna os sistemas ITS bastante “personalizáveis”, de forma a ser quase impossível generalizar um modelo de implantação. Um exemplo simplificado da implantação de um sistema ITS, gerado em Long Island (Nova York), será mostrado a seguir, mas não deve ser entendido, em hipótese alguma, como um modelo genérico. Servindo tão somente para posicionar os equipamentos e pessoas envolvidas na estrutura de controle inteligente de trânsito.

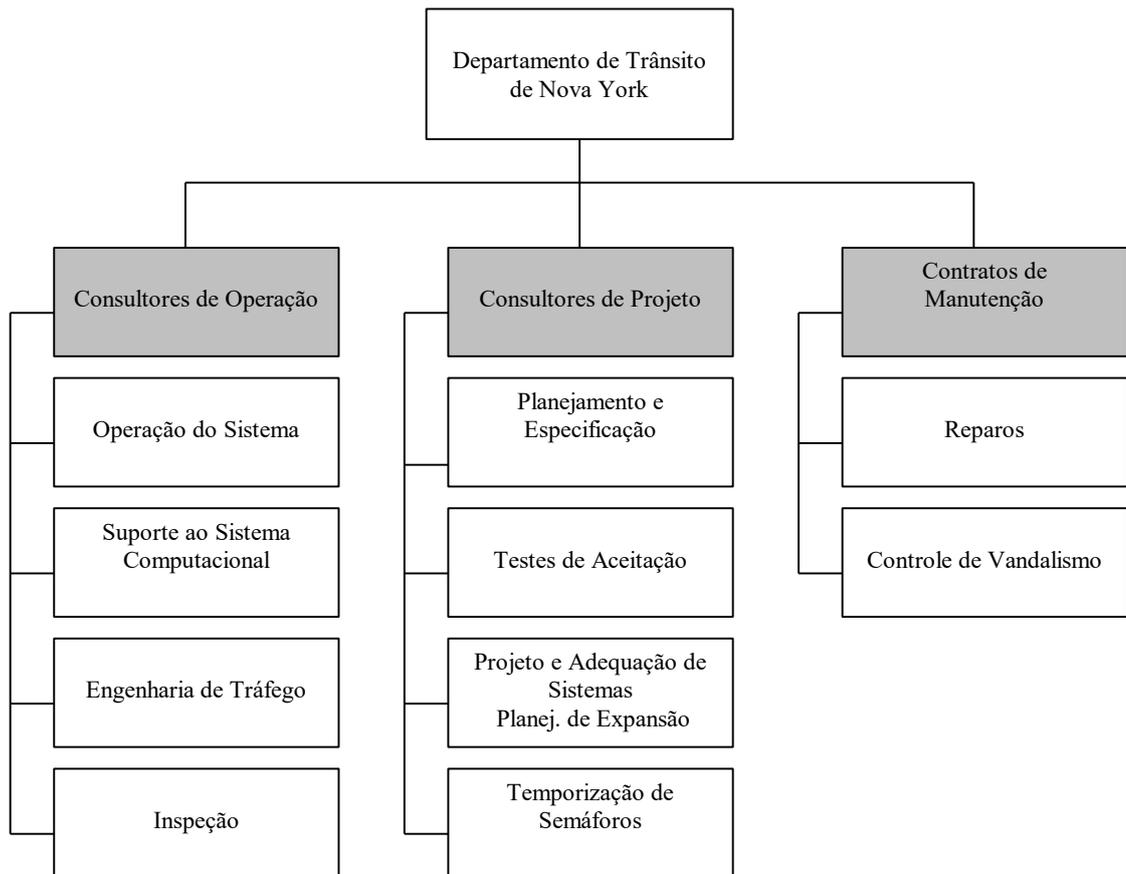


Fig 2.3 – Diagrama Organizacional do controle ITS Long Island (Nova York)

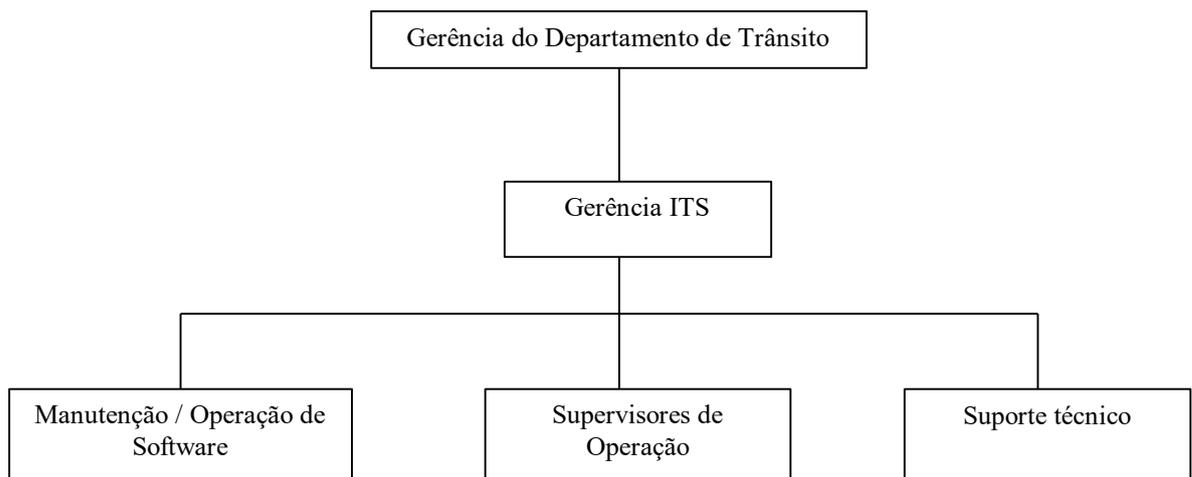


Fig 2.4 – Diagrama organizacional do centro de operações ITS – Long Island – Nova York

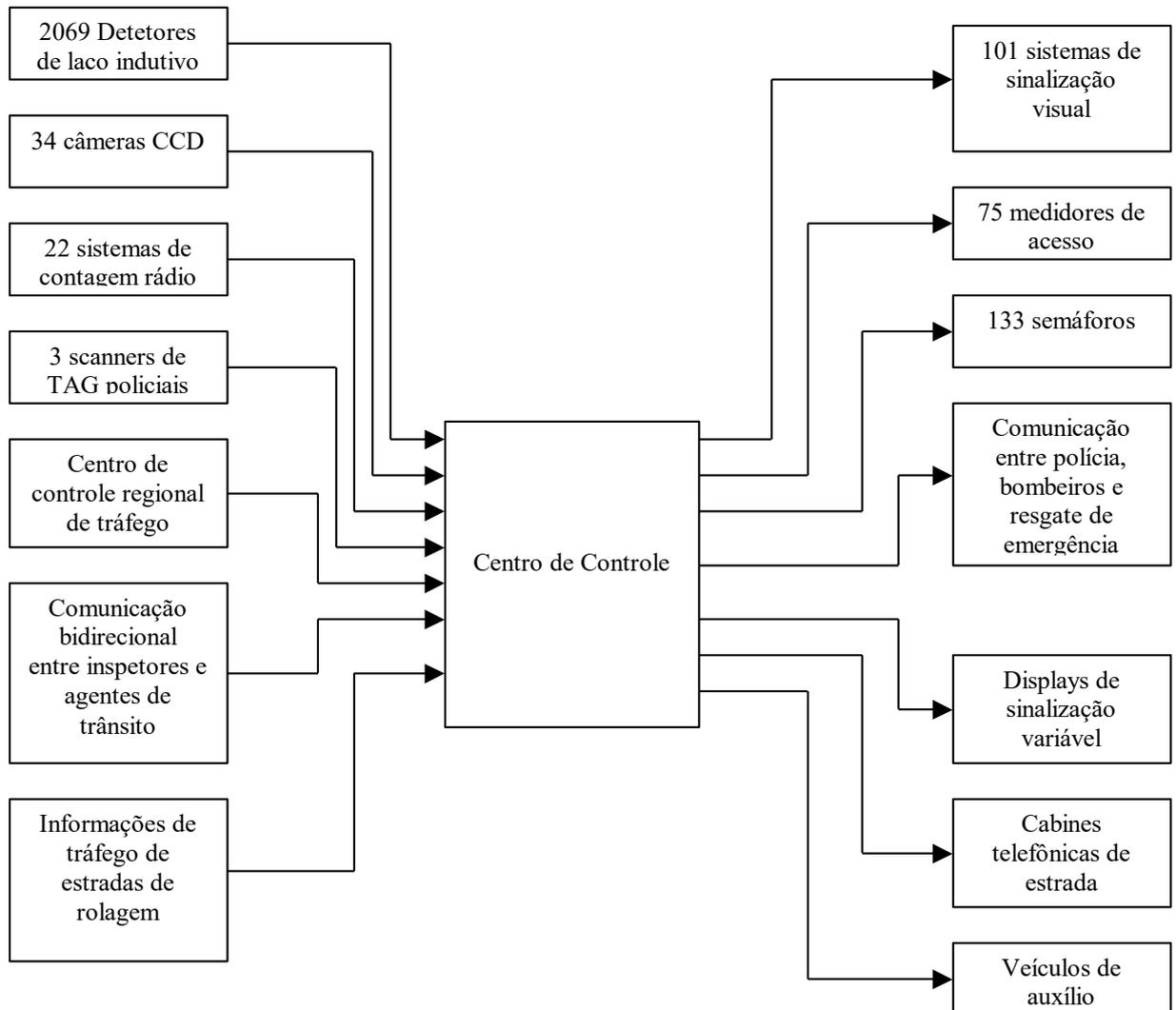


Figura 2.5 – Sistema de Operações ITS – Long Island – Nova York

1.5 - Referência bibliográfica

- Dunn Jr., Walter M. ; Werner, Thomas, *Path to Privatization*, Traffic Technology Internacional 1997 – pgs 16-18 - UK and International Press – UK
- Béiteille, J. et All, *Making Waves in Traffic Control*, Traffic Technology Internacional 1997 – pgs 60-62 - UK and International Press – UK
- PIARC *ITS Handbook*, Committee 16 on Intelligent Transport - 1998 – U.S Department of Transportation - USA.

2. Custos e Benefícios da Implantação de Sistemas Inteligentes de Transporte

Mestrando Sylvio Abrão Calixto – CEFET-PR - 2002
MSc. Marcus Talcir Andreotti – CEFET-PR - 2002

2.1 – Introdução

Com a crescente expansão do sistema de trânsito, não só pelo aumento da população, mas também pelo advento tecnológico, a demanda no sistema de transportes vem crescendo rapidamente. Dentro deste contexto, tecnologias vêm sendo desenvolvidas e soluções sendo criadas para atendimento desta demanda, de modo a fornecer diversos benefícios à população e aos governos responsáveis pelo gerenciamento deste amplo sistema.

Os chamados Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS – *Intelligent Transportation Systems*) utilizam tecnologias de informação e comunicação para integrar sistemas em cidades e rodovias. Estes sistemas podem ser aplicados nas mais variadas situações, como apresentado na figura 1.

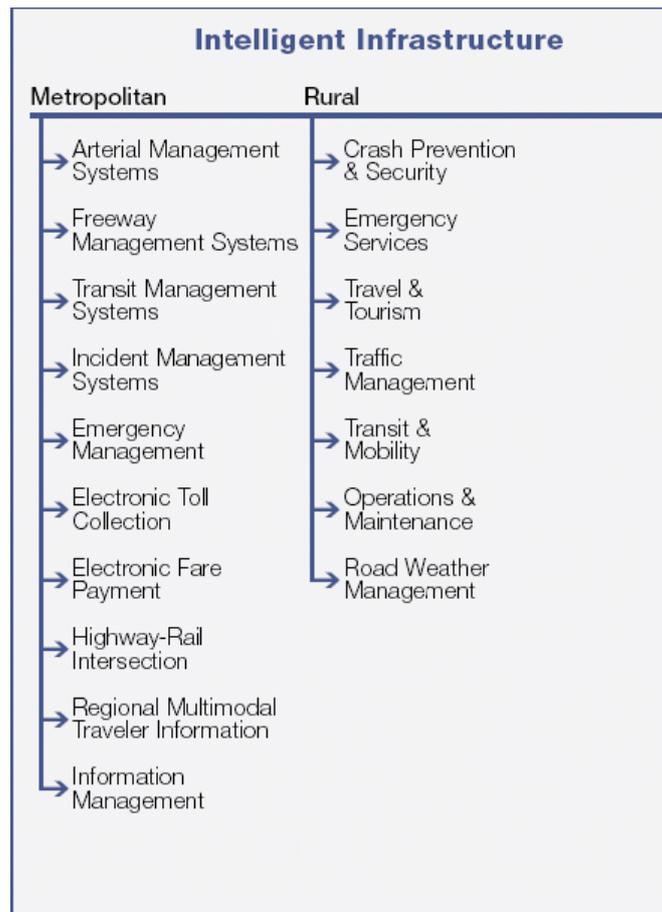


Figura 1 - Aplicações do ITS

São duas as grandes áreas de aplicação do ITS, separadas por situações geográficas. Em regiões Metropolitanas (*Metropolitan*), ou seja, nas cidades e subúrbios, administrações utilizam ITS para gerenciar a maioria das infra-estruturas existentes e entregar mais eficientes e efetivos sistemas de transportes. Os ITS podem reduzir congestionamentos, além de prevenir acidentes, melhorar a qualidade de atendimento de emergências, melhorar a qualidade do transporte público e também ajudar na preservação do ambiente.

Nas Áreas Remotas (*rural*), os ITS podem alertar para colisões em alta velocidade, ajudar viajantes com mensagens de condições da rodovia, fornecer coordenadas precisa de localização, e fornecer outras vantagens diversas.

A maximização da eficiência e da capacidade da rede existente de transporte é aplicada no intuito de diminuir o volume de tráfego e na limitação

da necessidade da construção de novas rodovias. Este estudo mostra os principais benefícios da implementação de um sistema inteligente de transporte.

2.2- Benefícios do ITS nas Áreas Metropolitanas

Os ITS metropolitanos consistem nas tecnologias de sistemas de transportes inteligentes aplicadas as áreas localizadas geograficamente em regiões urbanas e suburbanas. Isto não significa que estes sistemas só possam ser aplicados nessas áreas, porém eles estão associados com maior freqüência neste contexto.

A infraestrutura de um ITS é classificada em 10 grandes componentes, como apresentado na figura 1. São elas:

- Sistemas de Gerenciamento de Vias Urbanas (*Arterial Management Systems*);
- Sistemas de Gerenciamento de Rodovias (*Freeway Management Systems*);
- Sistemas de Gerenciamento de Trânsito (*Transit Management Systems*);
- Sistemas de Gerenciamento de Incidentes (*Incident Management Systems*);
- Gerenciamento de Emergência (*Emergency Management*);
- Coleta Automática de Pedágio (*Electronic Toll Collection*);
- Pagamento Automático de Taxas (*Electronic Fare Payment*);
- Passagem de Nível (*Highway-Rail Intersection*);
- Informação Regional Multimodal para Viajantes (*Regional Multimodal Traveler Information*);
- Gerenciamento de Informações (*Information Management*);

2.2.1 - Sistemas de Gerenciamento de Vias Urbanas

Os sistemas de gerenciamento de vias urbanas são usados para gerenciamento de tráfego através da utilização de detectores e dispositivos de controle. Está englobado neste contexto a observação dos sistemas de gerenciamento de tráfego e o controle de semáforos, além dos sistemas que proporcionam aos viajantes informações áudio visuais das condições de trajeto das vias arteriais.

Os sistemas de controle de sinalização são aprimorados por inúmeras razões, destacando a melhoria do fluxo de tráfego e a simplificação do sistema de manutenção da rodovia. Sistemas de controle adaptativo coordenam o controle de semáforos, otimizando o fluxo de veículos. Informações coletadas pelos detectores associadas com os sistemas de gerenciamento de vias urbanas em interfaces de locais de diferentes jurisdições devem ser compartilhadas entre as diferentes administrações. Está incluso neste sistema dispositivos de supervisão de velocidades que incrementam o respeito com os limites de velocidades e com as sinalizações de trânsito.

A figura 2 mostra as relações entre os principais componentes de um ITS desenvolvido para o gerenciamento das vias urbanas.



Figura 2 - Principais Componentes do ITS no Gerenciamento de Vias Urbanas

Resultados verificados em pesquisas em diversas cidades do mundo mostram um significativo benefício deste sistema. Os benefícios para uma área individual dependem do número de variáveis operacionais envolvidas em cada uma destas implementações. As variáveis que devem ser incluídas para análise deste aspecto são basicamente o número de semáforos em uma via, espaço entre as interseções, tamanho da área estudada, tamanho das vias e outros.

A figura 3 mostra a porcentagem de redução do número de paradas em semáforos em diferentes locais após a implementação de um ITS. As cinco barras são referentes ao sistema implementado em Toronto no Canadá (10%), Paris na França (22%), Oakland County em Michigan-USA (30%), Los Angeles na Califórnia-USA (33%) e Madrid na Espanha (41%). O estudo mostra uma melhoria entre 10% e 41% da redução do número de paradas. A figura 4 mostra a redução da violação dos semáforos devido à implementação deste sistema e um significativo crescimento do respeito do viajante em relação aos sinais de trânsito.

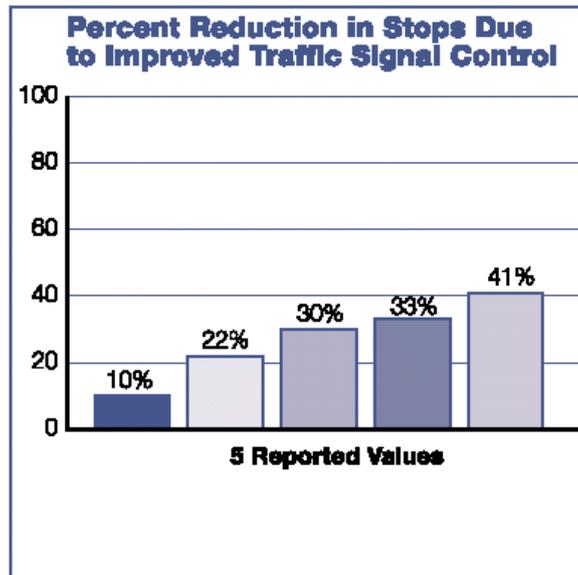


Figura 3 - Porcentagem de redução do número de paradas em semáforos em cinco cidades do mundo

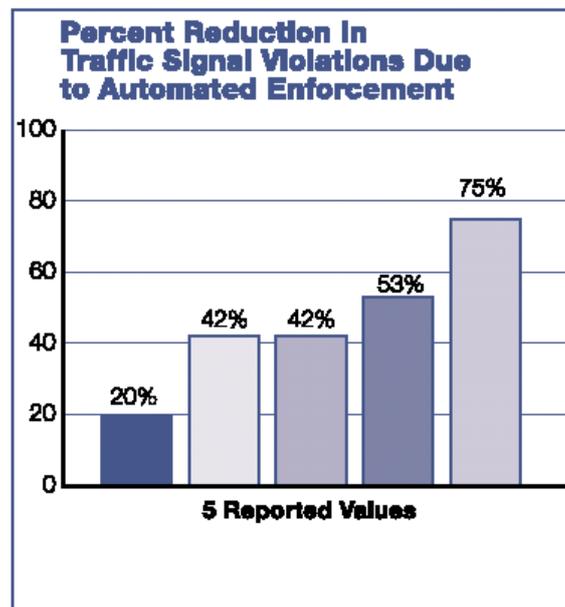


Figura 4 - Porcentagem redução da violação dos semáforos em cinco cidades do mundo

2.2.2 - Sistemas de Gerenciamento de Rodovias

Existem três grandes funções que norteiam o sistema de gerenciamento de rodovias. Duas delas são o monitoramento e o controle das operações das rodovias. O monitoramento e a observação podem ser usados para

implementar o controle e o gerenciamento das estratégias tais como medição de acesso a rodovias e adequação dos limites de velocidades observados de acordo com as condições da rodovia. A terceira função consiste na visualização de informações aos motoristas. Estes devem receber estas informações em diversas maneiras, incluindo painéis de mensagens variáveis, informações via radio, sinalizações embarcadas nos veículos, ou informações especiais para um determinado conjunto de veículos.

Equipamentos de fiscalização automática são utilizadas para aumentar o respeito dos motoristas aos limites de velocidades e a redução da direção perigosa. A figura 5 mostra a classificação dos benefícios para o sistema de gerenciamento de rodovias.

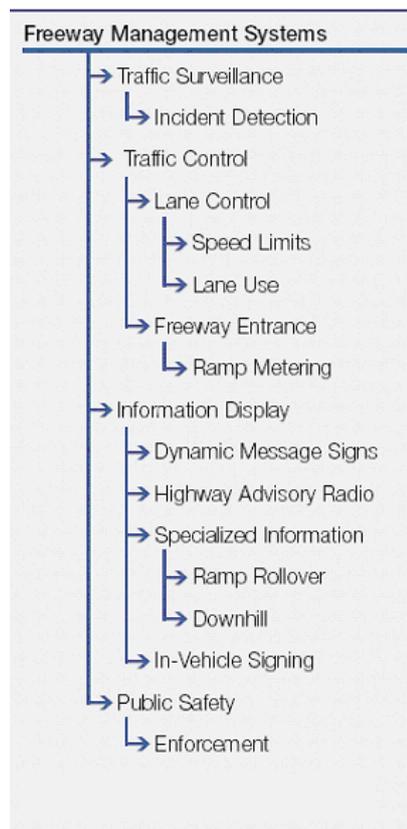


Figura 5 - Principais Componentes do ITS no Gerenciamento de Rodovias

Os dados coletados para os sistemas de gerenciamento de rodovias mostram melhorias na segurança, diminuição do tempo de trajeto e melhorias no fluxo. A figura 6 mostra um estudo feito pelo Departamento de Transporte

de Minnesota. Existem vários pontos interessantes que podem ser notados na figura. Por exemplo, existem três diferentes avaliações do acesso as rodovias na região de Minneapolis. A diferença entre estes estudos é que o segundo listado na figura examina mais que seis vezes o número de metros e até três vezes o número de quilômetros de rodovias comparado ao primeiro, e ambos os estudos mostram resultados similares referentes à taxa de redução do número de batidas. Um mais recente estudo, terminado em fevereiro de 2001, fala sobre o impacto de um completo sistema de medição de acesso à rodovia. A variação da velocidade de trajeto entre estes três é devido à diferença entre as condições de operação e as diferentes áreas estudadas. Por exemplo, as medidas de velocidades devem ser significativas nas áreas de trajeto rápido, mas modestas nas áreas de congestionamento.

Location	Number of Meters	Freeway Coverage (km)	Crash Reduction	Secondary Crash Reduction	Crash Rate Reduction	Increased Speed	Reduced Travel Time	Delay Reduction	Increased Throughput Capacity	Demand Increase	Increased Traffic Volume
National Survey			15-50%			16-62%	48.0%		8-22%	17-25%	
Seattle, WA					62.0%						10-100%
St. Paul, Minnesota						60%		11-93 hours	30.0%	2.9-7.2%	
Portland, OR	58		43%			60%	39.1%			25.0%	
Minneapolis/St. Paul, MN	6	8	24%		38.0%	16%					
Minneapolis, MN	39	27	27%		38.0%	30%				32.0%	
Minneapolis/St. Paul, MN*	430	338	21%			8%	22.0%		16.3%		9.9%
Seattle, WA	22				39.0%	20%	52.3%			86.0%	
Denver, CO	5		50%							18.5%	
Detroit, MI	28		50%			8%				12.5%	
Austin, TX	3	4.2				60%				7.9%	
Long Island, NY						9%					
Long Island, NY	70	207	15%			13%					
Amsterdam			35%	46%	23.0%						
German Autobahn			29%		20.0%						
Glasgow, Scotland									5.0%		

* Figures from the 2000 Minneapolis/St. Paul evaluation converted as needed from impact of ramp metering shutdown to impact of ramp metering operation.

Figura 6 – Sumário dos Impactos relacionados ao Acesso às Rodovias

2.2.3 - Sistemas de Gerenciamento de Trânsito

Sistemas Avançados de Transporte Público (*Advanced Public Transportation Systems – APTS*) incluem inúmeras aplicações que podem

ajudar agências de trânsito melhorando a segurança e a eficiência operacional do sistema de trânsito. O monitoramento remoto do status do trânsito dos veículos públicos e as condições dos usuários do transporte ajudam a inserir uma segurança adicional aos passageiros. O autodiagnóstico dos veículos pode alertar e prevenir falhas mecânicas como facilitar a manutenção rotineira. A técnica de localização automática de veículos (*Automated Vehicle Location – AVL*) e o controle computadorizado de despacho de passageiros (*Computer Aided Dispatch – CAD*) podem fornecer itinerários para os veículos. A figura 7 mostra a classificação dos benefícios para o sistema de gerenciamento de trânsito.

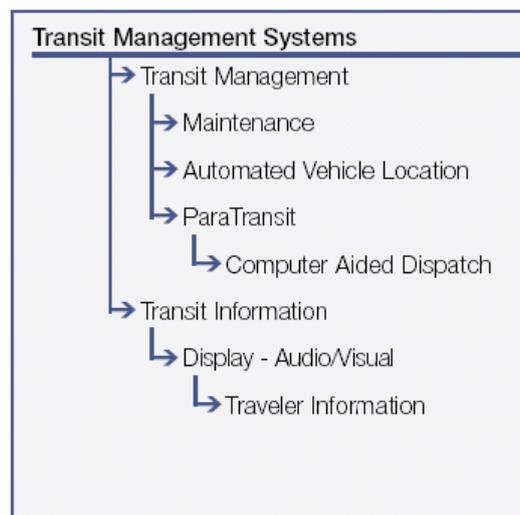


Figura 7 - Principais Componentes do ITS no Gerenciamento de Trânsito

A combinação dos sistemas CAD/AVL é o principal sistema nas aplicações de APTS. A análise destes sistemas começou a revelar os impactos quantificados numa relação confiável. A figura 8 mostra três avaliações do impacto destes sistemas na performance em tempo-real dos sistemas de trânsito que foram implementados. Os resultados desta figura são através de estudos das implementações em Portland (Oregon - EUA), Kansas City (Missouri – EUA) e Baltimore (Maryland – EUA). Independentemente das performances dos sistemas medidos, existem indicações dos impactos positivos na eficiência operacional. A melhoria desta performance pode indicar

e reduzir o número de veículos necessários para prover um nível aceitável de serviço de transporte para os passageiros.

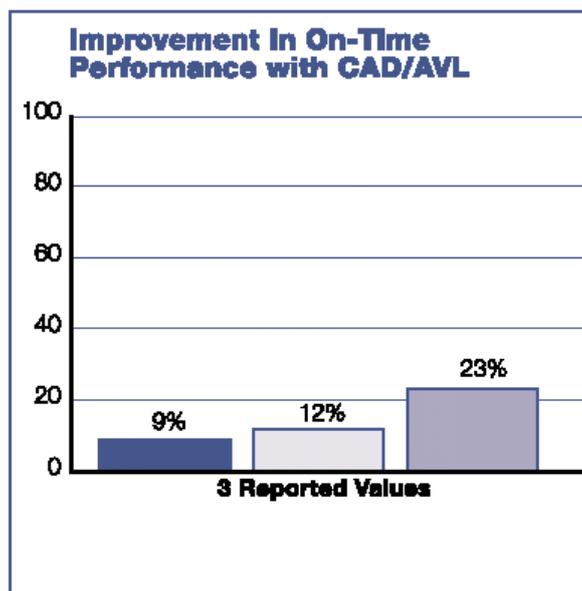


Figura 8 - Melhoria da Performance Tempo-Real com CAD/AVL

2.2.4 - Sistemas de Gerenciamento de Incidentes

Existe o prognóstico que até o ano de 2005, o número de incidentes deve custar para o governo dos Estados Unidos aproximadamente \$75 bilhões em perda de produtividade. Os sistemas de gerenciamentos de incidentes podem reduzir estes efeitos com o decréscimo do tempo para detecção do incidente, reduzindo o tempo de chegada do veículo de socorro e reduzindo o tempo de volta deste, através de facilitações de acesso e mudança das condições de sinalização. A classificação dos benefícios para o sistema de gerenciamento de incidentes são apresentados na figura 9.

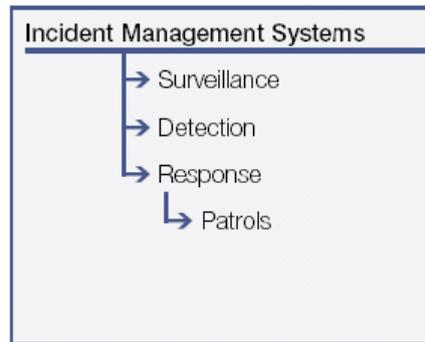


Figura 9 - Principais Componentes do ITS no Gerenciamento de Incidentes

A figura 10 apresenta alguns dados coletados dos impactos do gerenciamento de incidentes. Este sistema tem mostrado a potencialidade de redução do número de batidas e o tempo necessário para detecção de um incidente.

Location	Reduced Incident Clearance Time	Reduced Response Time	Crash Reduction	Secondary Crash Reduction	Reduced Crash Rates	Cost Savings/yr. (\$ millions)	Delay Savings (hrs/yr.)	Percent Delay Savings	Fuel Savings (Gallons)
Brooklyn, NY	66.0%								
Philadelphia, PA			40.0%						
San Antonio, TX		20.0%	35.0%	30.0%	41.0%	1.65	255,500		2,600
Japan				50.0%					
Houston, TX						8.40	572,095		
Denver, CO						0.95	95,000		
Atlanta, GA							2,000,000	5.00%	
Minnesota						1.40			
Atlanta, GA	38.0%								
Georgia Navigator	23 min	30.0%				44.60	547,000		

Figura 10 – Impactos no Gerenciamento de Incidentes

2.2.5 - Gerenciamento de Emergências

As aplicações do ITS em gerenciamento de emergência consistem tipicamente na localização automática de veículos, no controle computadorizado de despacho de passageiros, nos sistemas teleguiados via satélite e no gerenciamento de fluxo. Cada um destes sistemas pode ajudar a

diminuir o tempo de resposta de um veículo de emergência para chegar no ponto do acidente e melhorar a eficiência operacional das agências de salvamento. As classificações dos benefícios para o gerenciamento de emergência são mostradas na figura 11.

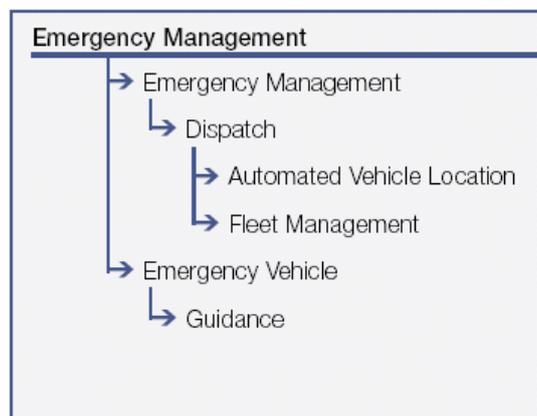


Figura 11 - Principais Componentes do ITS no Gerenciamento de Emergências

2.2.6 - Coleta Automática de Pedágio

A coleta automática de pedágio (*Electronic Toll Collection – ETC*) é um dos sistemas do ITS que requerem menores quantidades de informação. Os benefícios são sentidos, sobretudo no custo da administração e no gerenciamento dos pedágios vêm sendo demonstrado. A redução do tempo de espera tem sido sentida significativamente. Atualmente as tecnologias são capazes de identificar veículos em alta velocidade com alta taxa de precisão. Como resultado o tempo de acesso é significativamente reduzido. Existem também diversas frentes de pesquisa planejando e integrando estes sistemas com outro sistema de pagamento eletrônico, tais como estacionamentos e pagamento de taxas. As classificações dos benefícios da coleta automática de pedágio são mostradas na figura 12.

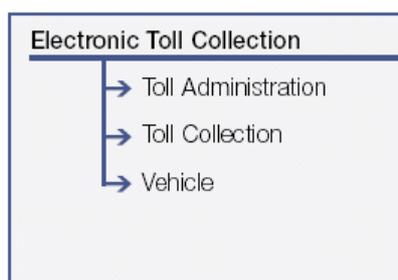


Figura 12 - Principais Componentes do ITS na Coleta Automática de Pedágio

2.2.7 - Pagamento Automático de Taxas

O pagamento automático de taxas (*Electronic Fare Payment*) é outro sistema ITS que requer poucas informações novas para justificar sua implementação. Os resultados indicam incremento da confiança e segurança do consumidor e redução significativa dos custos da administração pública com o processo de emissão de cédulas e moedas. Em alguns casos, este sistema pode aumentar o número de passageiros que utilizam o transporte público. A figura 13 apresenta a relação entre os principais componentes deste sistema.

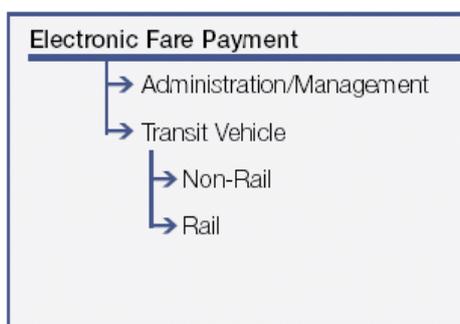


Figura 13 - Relação entre os principais componentes do Sistema de Pagamento Automático de Taxas

Um estudo feito em Julho de 2000 mostra a satisfação dos clientes de 71% a 87% do sistema (implementado na Europa entre 1994 e 1998) de *smart card* para pagamento de transporte público, restaurantes, bibliotecas e outros serviços.

2.2.8 - Passagem de Nível

O número de acidentes que ocorrem através de uma passagem de nível entre rodovias e ferrovias (*Highway-Rail Intersections – HRIs*) nos últimos tempos indicam a necessidade de atitudes. Além disso, estes acidentes freqüentemente ocorrem com materiais tóxicos ou tragédias com ônibus escolares, atraindo a atenção de toda uma nação.

Com a implementação dos sistemas ITS nesta área, o número de acidentes nas HRIs tem continuamente diminuindo. Nos Estados Unidos, as estatísticas mostravam que de janeiro até outubro de 2000 2.776 incidentes nas HRIs tinham sido relatadas. Este número é 4,5% menor do que no mesmo período de 1999 (quase 14% do mesmo período que em 1997).

Vários testes operacionais, envolvendo sinalizações de tráfego e notificação de veículos próximos às interseções, estão sendo desenvolvidos e implementados. A figura 14 ilustra a relação entre os principais componentes do sistema HRI.



Figura 14 - Relação entre os principais componentes do sistema HRI

2.2.9 - Informação Regional Multimodal para Viajantes

Fornecer informações a viajantes das diversas situações da viagem pode ser benéfico tanto para o viajante como para o prestador do serviço. Algumas agências de trânsito utilizam quiosques de informação e *web sites* fornecendo itinerários, tempo esperado de chegada, tempo esperado de viagem e serviços de planejamento de rotas. Além disso, alguns centros de gerenciamento de tráfego proporcionam informações das condições correntes do tráfego e do tempo esperado de viagem usando as informações de condições das mesmas. Estes serviços permitem ao usuário embasamento para tomar uma decisão quanto ao trajeto a ser escolhido para a viagem, especialmente em casos de condições de clima desfavoráveis. Estes sistemas têm ajudado na redução dos congestionamentos, tanto quando o usuário escolhe uma rota alternativa, ou quando ele adia uma viagem. A figura 15 mostra os dois componentes deste sistema, a informação pré-viagem e a informação das condições da rota.

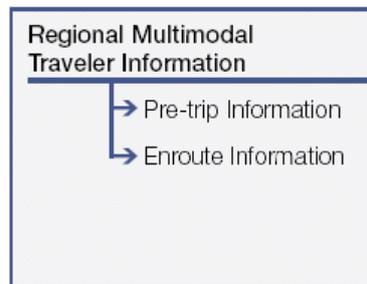


Figura 2.15 – Componentes do Sistema de Informação Regional Multimodal

2.2.10 - Gerenciamento de Informações

A coleta de dados através dos ITS tem grande valor para análise das performances de um sistema de transporte em diversas situações. Estes dados podem também ajudar no planejamento, nas pesquisas e no gerenciamento de segurança dos sistemas de transporte.

2.3 - Benefícios do ITS nas Áreas Remotas

Embora as áreas remotas (*rural areas*) contabilizem uma pequena porção da população, ela contém a maior porção de sistemas de transporte. Nos Estados Unidos, 80% da extensão das rodovias encontram-se nessas áreas. Diferente das áreas urbanas, o meio rural (se assim pode ser dito) tem uma diferente lista de prioridades e necessidades que refletem longas distâncias, baixo volume de tráfego, motoristas não familiarizados com as redondezas da localidade, e alto tempo de resposta das emergências. A maioria dos serviços de ITS das áreas metropolitanas pode também ser implementados nas áreas rurais. Entretanto, algumas vezes estes serviços requerem a cobertura de uma grande área, e devem se tornar muito mais especializadas para atender o viajante.

A infraestrutura do ITS Remoto (ou Rural) é classificada dentro de sete grandes áreas, como mostrado na figura 1. São elas:

- Prevenções de Colisões e Segurança;
- Serviços de Emergência;
- Viagem e Turismo;
- Gerenciamento de Tráfego;
- Trânsito e Mobilidade;
- Operações e Manutenções;
- Gerenciamento das Condições Climáticas nas Rodovias.

2.3.1 - Sistemas de Prevenção de Colisões e Segurança

Um dos principais objetivos do ITS é proporcionar maior segurança. Muitos destes serviços são desenvolvidos para alertar o motorista a perceber condições perigosas na pista. Outros são desenvolvidos para fornecer

emergência quando ocorrem incidentes nestas áreas remotas. Algumas aplicações de ITS podem ajudar na evacuação e no planejamento e gerenciamento de condições desastrosas, principalmente quando o tempo de resposta é crítico. Também estão inclusos nesta categoria os serviços de monitoramento remoto, o qual pode assegurar segurança em áreas de piquenique ou paradas de descanso. Informações para prevenção de colisões e aplicações em segurança podem ser usadas para implementar estratégias de controle da rodovia, tais como rodovias arteriais de emergência ou de limites de velocidades variáveis. A figura 16 descreve a classificação dos benefícios relatados para prevenção de colisões e segurança.

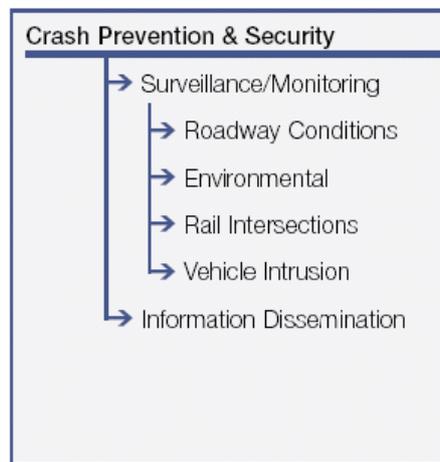


Figura 2.16 - Classificação do Sistema da Prevenção de Colisões e Segurança

2.3.2 - Sistemas de Serviços de Emergência

Nos locais remotos o tempo de resposta para serviços de emergência médica é maior do que numa área tipicamente metropolitana, resultando em impactos maiores e conseqüências mais severas. Dados relacionados com detecção de veículos, mobilização e resposta, e informações disseminadas devido a emergências nas áreas rurais são mostradas na figura 17.

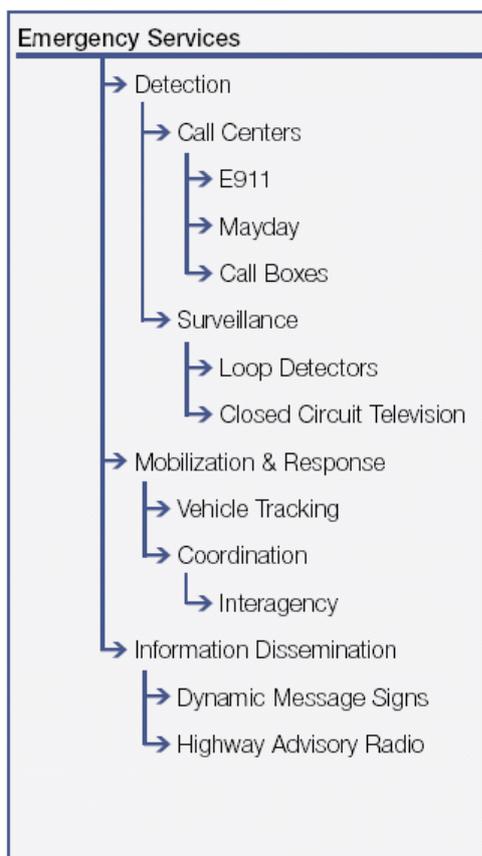


Figura 2.17 - Classificação dos Serviços de Emergência

A mobilização freqüentemente envolve múltiplos agentes e vários centros de emergência. A coordenação deste processo deve incluir caminhos para a frota de veículos de emergência utilizando a tecnologia da localização automática de veículos (AVL), comunicações entre veículos de emergências e os despachantes, tal como a interface entre os sistemas de gerenciamento de trânsito e tráfego.

2.3.3 - Sistemas de Informações de Viagem e Turismo

Turismo e informações de viagem estão focados na necessidade dos viajantes receberem informações em áreas desconhecidas para estes durante o trajeto. Estes serviços podem prover economia e produtividade nas áreas rurais e de turismo, além de assegurar condições convenientes de deslocamento para os viajantes.

Muitos destes serviços estão em planejamento ou estágio de desenvolvimento. Desta forma poucos dados dos benefícios deste sistema são disponíveis. A figura 18 sumariza a classificação dos benefícios através das informações de viagem e turismo.

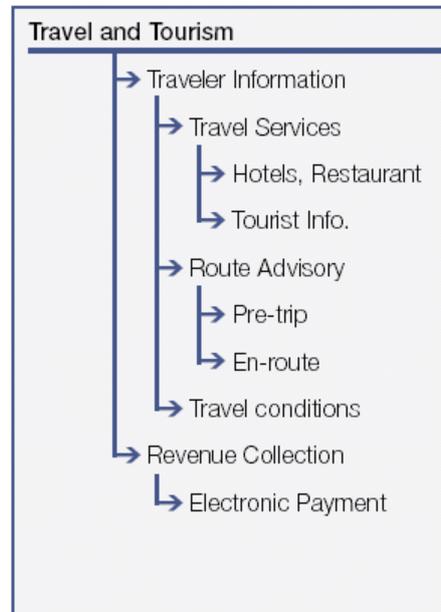


Figura 2.18 - Classificação dos elementos envolvidos nas informações de viagem e turismo

2.3.4 - Gerenciamento de Tráfego

Através da aplicação das tecnologias de ITS, o gerenciamento de tráfego procura encontrar as necessidades de gerenciamento, como manutenção das rodovias remotas, prover mobilidade e segurança aos viajantes e estimular o desenvolvimento da economia nestas áreas. A figura 19 sumariza a classificação dos benefícios do monitoramento de tráfego, do controle de tráfego e na disseminação das informações.

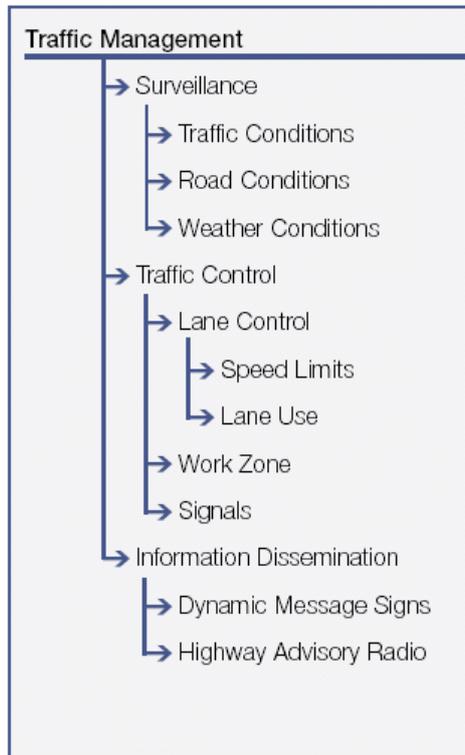


Figura 19 - Classificação dos Benefícios do Gerenciamento de Tráfego

2.3.5 - Transito e Mobilidade

A necessidade do transporte público nas áreas rurais é salientada pelo fato que a grande maioria dos residentes nesta área não tem acesso à estes serviços. Os custos operacionais podem ser altos, e oferecer este serviço de uma maneira eficiente e efetiva pode ser bastante difícil. A coordenação dos diversos provedores de serviços pode ser útil quando a viagem consiste de diferentes origens e caminhos incomuns sobre uma área grande. Sistemas avançados de trânsito como AVL e pagamento automático de taxas podem ser usados. Otimização do sistema de transporte é também considerado bastante importante dentro desta área. A figura 20 mostra a classificação dos dados associados a este sistema.

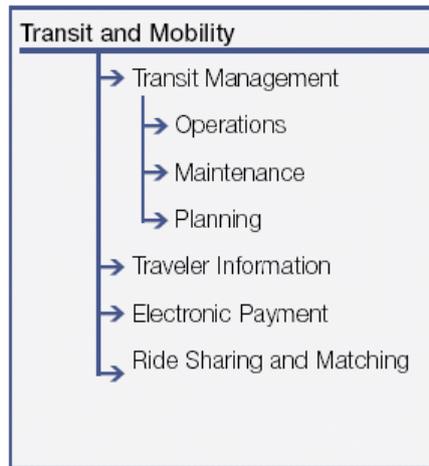


Figura 2.20 – Classificação dos dados associados a Mobilidade e Trânsito

2.3.6 - Operações e Manutenções

As operações e manutenções nas áreas do transporte remoto podem ser caras e complicadas. O gerenciamento de tráfego e o monitoramento das condições das rodovias nestas áreas são frequentemente difícil devido à distância, isolamento, e a grande extensão. Muitos governos estão implementando o ITS para melhorar a manutenção das rodovias e os aspectos de segurança nas áreas rurais. As aplicações do ITS em operações e manutenções estão direcionadas na integração do gerenciamento da frota de serviço. Sistemas e processos são necessários para monitorar, analisar e disseminar os dados da infraestrutura das rodovias para manutenção e outras necessidades. Com a implementação deste sistema, os benefícios tornam-se aparentes. A figura 21 mostra como os componentes deste sistema são classificados.

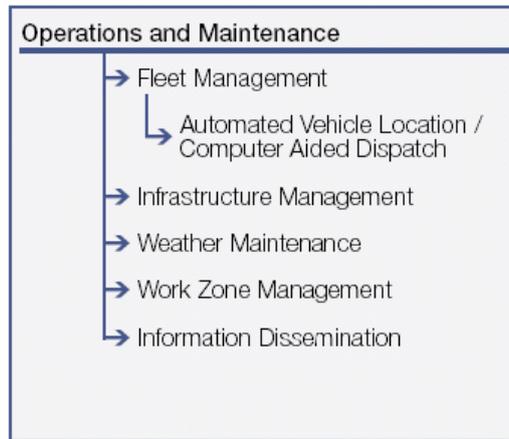


Figura 2.21 - Componentes do Sistema de Operação e Manutenção

2.3.7 - Gerenciamento das Condições Climáticas nas Rodovias

Condições climáticas adversas pode gerar significativos problemas para a infraestrutura e operação das rodovias. Estes problemas podem afetar diretamente os usuários e aumentar o índice de acidentes. As análises das condições climáticas estão inclusas neste contexto. A figura 22 mostra como os componentes do sistema de gerenciamento das condições climáticas nas rodovias são classificados.

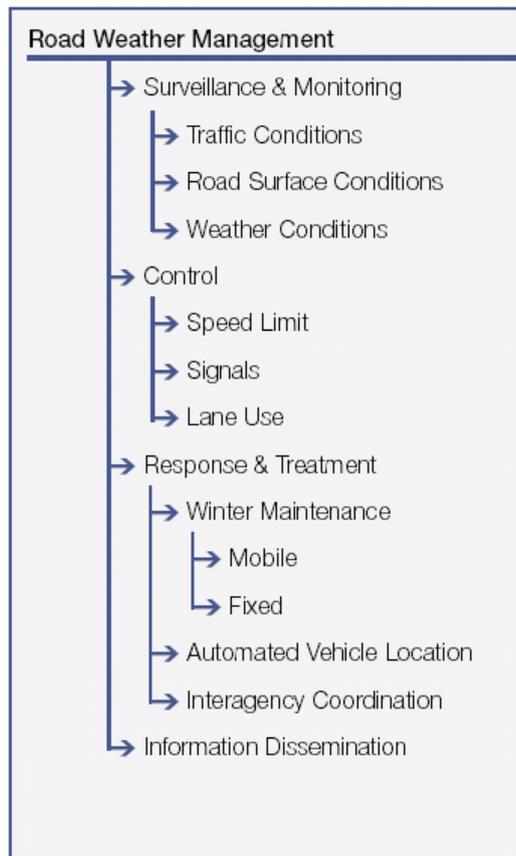


Figura 2.22 - Componentes do Sistema de Gerenciamento das Condições Climáticas nas Rodovias

2.4- Referência bibliográfica

- Federal Highway Administration *Intelligent Transportation System – Real Word Benefits* - U.S. Department of Transportation – January – 1998;
- Federal Highway Administration *Detection Technology for IVHS, Volume 1 – Final Report* - U.S. Department of Transportation – 1996;
- Federal Highway Administration *Intelligent Transportation System Benefits - – 2001 Updates* - U.S. Department of Transportation – June - 2001;

3. Estudo Sobre os Efeitos de Aumentar e Diminuir o Limite de Velocidade em Seções Seleccionadas de Estradas

Mestrando Guilherme Herrmann Destefani – CEFET-PR - 2002
MSc. Marcus Talcir Andreotti – CEFET-PR – 2002

3.1 - Introdução

O objetivo deste estudo é analisar alterações no comportamento dos motoristas e índices de segurança a partir da alteração do limite de velocidade em trechos curtos de estradas urbanas e rurais. Os dados estatísticos para a análise deste estudo foram coletados no período de Outubro de 1985 a Setembro de 1992. O perfil dos trechos de estrada analisador compreende segmentos curtos de estradas, tipicamente menores que 5km de extensão.

Foram utilizados 100 trechos para a análise, totalizando 277km de trechos onde os limites foram alterados, e 83 trechos de controle, totalizando 213km de estrada considerados. As alterações aplicadas no estudo consistem de apenas uma alteração na velocidade máxima, aumentada em 8, 16 ou 24 km/h ou diminuída em 8, 16, 24 ou 32 km/h.

A maioria dos estudos feitos atualmente focaliza nos efeitos dos limites de 89 e 105km/h, enquanto este estudo concentra-se nas estradas rurais e urbanas com limites entre 32 e 89 km/h.

3.2– Objetivos

O objetivo deste estudo é determinar os efeitos das mudanças no limite de velocidade no comportamento dos motoristas. Foram utilizados os índices de distribuição de velocidade, velocidade média, variância e percentual dos motoristas excedendo o limite estabelecido.

Os efeitos se restringem a examinar o comportamento do motorista a simples mudança do limite de velocidade. É reconhecido que uso da lei e campanhas de publicidade são componentes chaves para fazer a regulamentação do trânsito eficaz, incluindo limites de velocidade, fatores que não foram considerados nesta análise.

3.3– Metodologia

Foi estabelecido um grupo de controle onde a velocidade não foi alterada, e em outros segmentos foi alterada uma única vez a velocidade máxima. Deveria ter sido empregado a randomização para a escolha dos trechos, mas esta técnica se mostrou inviável, pelo seguinte conjunto de fatores:

- Por lei, os estados devem definir limites de velocidade baseados em investigações e engenharia de tráfego. Alterar os limites de forma randômica não cumpriria o estatuto de muitos estados.
- Caso um limite tenha sido estabelecido sem uma investigação científica, existiria uma pressão para alterar o limite definitivamente caso a pesquisa assim indicasse.
- A alteração do limite de velocidade pode afetar a credibilidade da autoridade de trânsito, principalmente caso o limite de velocidade seja controverso ou não tenha apoio da população.

Os limites de velocidade são aumentados e diminuídos pelo estado e agencia reguladora por várias razões, conforme listado abaixo:

- Por pedido pelo publico, lideres políticos ou força policial;
- Para torna-los apropriados para as condições da estrada e tráfego;
- Como resultado de uma alta incidência de acidentes;
- Para adequação com a legislação vigente;
- Em resposta a mudança no volume de tráfego e uso do terreno.

A razão por trás do fato dos estados limitarem a velocidade máxima de uma via consiste no fato de que velocidade não condizente com a situação da via pode causar acidentes de transito, resultando em danos matérias ou pessoais.

A maioria dos engenheiros de tráfego acredita que os limites de velocidade devem ser estabelecidos para condizer com a maior velocidade considerável razoável e segura para uma determinada via. Apesar dos engenheiros de tráfego estabeleceram estudos e metodologias para a determinação de limites de velocidade, o publico em geral e as políticas influenciam a decisão final.

Freqüentemente é exposto que os motoristas tipicamente conduzem 10 a 20km/h acima do limite estabelecido, e, portanto limites menores devem ser utilizados para compensar esta alteração de comportamento. É imaginado também que aumentar limites de velocidades em estradas aumenta a velocidade de veículos e conseqüentemente a quantidade de acidentes.

Na realidade, quando um veiculo se envolve em um acidente, quanto maior a velocidade maior a energia cinética (proporcional ao quadrado da velocidade), e portanto maior os danos causados no acidente. Apesar de uma velocidade maior causar acidentes mais graves, a probabilidade de acontecer um acidente não depende diretamente da velocidade do fluxo de uma estrada, e sim na diferença de velocidade relativa entre os veículos. Portanto um veículo trafegando a uma velocidade muito maior ou menor que a média aumenta a probabilidade de ocorrer um acidente. A velocidade no momento do

acidente influi somente na gravidade, e a diferença de velocidade entre veículos na probabilidade do acidente efetivamente ocorrer.

Em geral, engenheiros de tráfego acreditam que os motoristas ignoram limites de velocidade que não condizem com a realidade. Tanto observações formais quanto informais apontam que existe pouca mudança na velocidade média ou o percentual de 85% da velocidade de fluxo livre como resultado da alteração da velocidade máxima.

3.4- Seleção de veículos em fluxo livre

Para o estudo foi utilizado como parâmetro um distanciamento mínimo entre veículos de 4s a 6s, como forma de garantir que o padrão de fluxo não está sendo limitado por fatores externos, como algum engarrafamento, sinaleiros, acidentes, etc. Desta forma é garantido que os dados estatísticos coletados correspondem a veículos em fluxo normal, sem ação de fatores externos.

3.5- Efeitos no Comportamento do Motorista

O efeito de aumentar ou diminuir o limite de velocidade nos trechos de experimentação tem pouco efeito sobre o comportamento do motorista, conforme indicação do parâmetro de 85% (Figura 3.1).

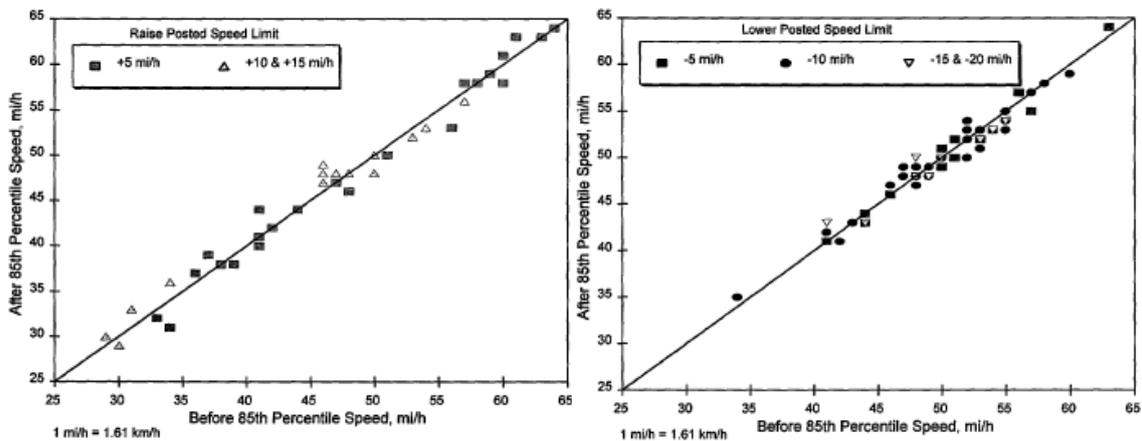


Figura 3.1 Distribuição de 85% antes e depois da mudança na velocidade limite

Abaixando o limite de velocidade em 8, 16, 24 ou 32 km/h no estudo não resultou em reduções maiores que 8km/h no percentual de 85%.

Aumentando o limite em 8, 16 ou 24km/h no estudo também não resultou em aumentos de velocidade superiores a 8km/h no percentual de 85%. Nos pontos onde a velocidade foi diminuída, o percentual abaixo de 50% da velocidade máxima tende a aumentar, e o percentual acima de 50% da velocidade máxima tende a diminuir.

Nos casos em que as velocidades foram reduzidas em 16km/h, os motoristas mais lentos aumentam sua velocidade em 1.6km/h, e não ocorrem mudanças nos motoristas mais rápidos, conforme a figura 3.2 (a 99% da velocidade máxima).

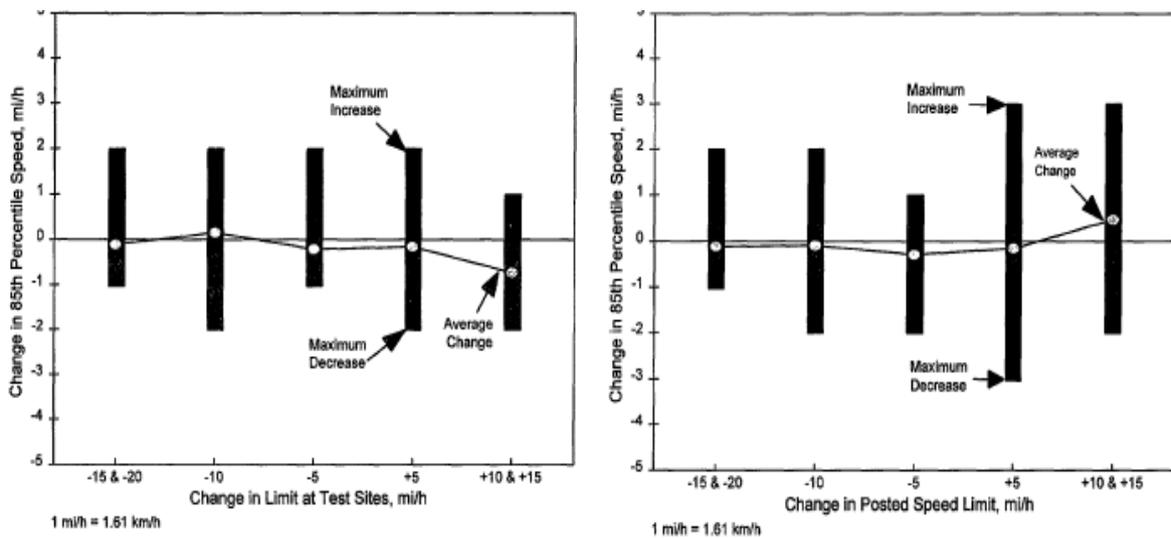


Figura 3.2 Variação na largura da faixa de 85%

3.6 - Melhorias na Pavimentação de Rodovias

Nos casos de melhorias nos pavimentos das rodovias, os dados não foram considerados no estudo, mas foram separados para uma análise individual. É impossível decidir se as diferenças observadas devem-se à melhoria no pavimento, mudança no limite ou nos dois.

Antes da repavimentação dos trechos não existiam dados relativos à qualidade do piso, impossibilitando determinar se a qualidade do trecho aumentou significativamente.

3.7 - Efeitos no Espaçamento Insuficiente Entre Veículos

O objetivo é determinar mudanças no espaçamento entre veículos, definido como o tempo que um veículo demora para percorrer a distância que o separa do veículo à sua frente. É considerado como insuficiente se menor que 2s. No estudo foi concluído que as alterações aplicadas no estudo não provocaram mudanças significativas no espaçamento, tipicamente de 10s ou menos, independentemente de aumentos ou reduções nos limites.

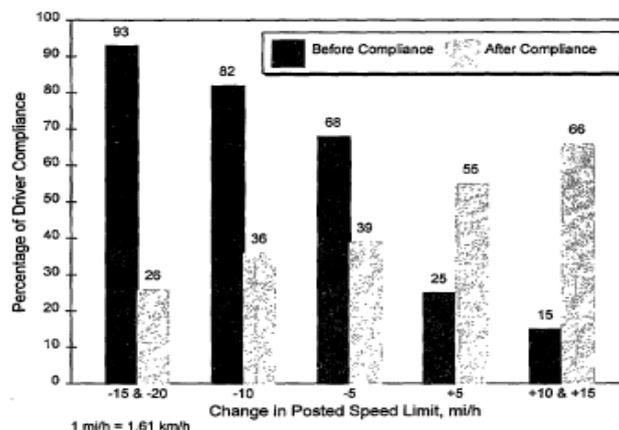
3.8 - Efeitos na Obediência aos Limites Estabelecidos

O respeito aos limites estabelecidos é medido pelo percentual de veículos que trafegam no limite ou abaixo do mesmo. Geralmente, a obediência pode ser considerada aceitável para limites estabelecidos acima de 72km/h. Para os limites estabelecidos abaixo deste patamar, a obediência dos motoristas foi considerada pobre.

Como citado nos efeitos sobre o comportamento do motorista, a maioria dos motoristas não altera significativamente a velocidade após novos limites serem fixados. Aparece no estudo que simplesmente publicar os limites de velocidade, sem uma engenharia adicional, cumprimento da lei ou medidas educacionais, não tem um efeito maior no comportamento dos motoristas.

É importante ressaltar que o índice de obediência dos motoristas é alterado pela forma que é medida a obediência, e não por uma mudança de comportamento do motorista (Figura 3.3).

Figura 3.3 - Alteração do índice de respeito à velocidade limite pelos motoristas



Nos pontos onde a velocidade foi diminuída em 16km/h, existe uma redução aproximada de 50% no cumprimento do limite. A maioria dos motoristas, por alguma razão, aparentemente escolheu não cumprir os novos limites, mais baixos nestes locais. Em compensação no grupo onde os limites foram aumentados, houve um aumento no cumprimento do limite estabelecido e, da mesma forma, não houve alteração no comportamento dos motoristas, e sim uma mudança na forma de medir a obediência.

É bem conhecido que a presença policial ostensiva tem um efeito de detrimento que tende a aumentar a obediência aos limites estabelecidos, mas, em geral, a magnitude da mudança de velocidade depende do limite e do efeito de detrimento sobre os motoristas. Assim, reduções de 5 a 16km/h foram observadas.

Outras medidas, como campanhas educacionais combinadas com presença de policiais, colocação de limites realistas, controle automáticos de velocidade nos veículos, projeto de estradas para gerencia de velocidade, etc., também são efetivos para melhorar o comportamento dos motoristas e cumprimento dos limites de velocidade.

3.9 - Efeitos da Velocidade Limite

Uma revisão de antes e depois de cada localidade de estudo revelou que diferenças na velocidade média, desvio padrão e percentual de 85% é geralmente menor que 3,2km/h. Quando os locais são agrupados por quantidade de mudança de velocidade, as diferenças foram menores que 2,4km/h, indiferente dos limites serem aumentados ou abaixados.

Estas diferenças são estatisticamente significantes devido à larga amostra de dados coletados, embora a mudança é pequena. Outros estudos similares foram realizados, e na maioria deles concluiu-se que as placas de sinalização com limites de velocidade apresentam pequenas influencias na velocidade efetiva.

As conclusões do estudo são que assim como o resultado de estudos anteriores, a simples alteração dos limites de velocidade não influi significativamente no comportamento dos motoristas.

3.10- Efeitos nos Acidentes de Transito

Conforme indicado no estudo sobre o comportamento dos motoristas, as mudanças de velocidade, ainda que estatisticamente significantes, foram pequenas, geralmente menor que 3,2km/h. Como a mudança nas velocidades observadas foram pequenas, não existe motivos para suspeitar que existam mudanças no índice de acidentes.

Desta forma, qualquer mudança no índice de acidentes deve ser atribuída a outros fatores, e não a mudanças na velocidade limite da via. Não foi possível detectar evidencias estatísticas para rejeitar a hipótese de que os índices de acidentes alteram com modificações na velocidade limite.

Como o estudo foi conduzido em uma série de estados com parâmetros de medida diferentes, não é possível garantir a qualidade dos dados estatísticos como no caso da medida de velocidade. Resultados deste estudo e possivelmente de outros que usem dados de vários estados devem ser tratados com cautela.

Alterações no tipo dos acidentes é tópico de análise, devido ao fato de que velocidades diferentes alteram o distanciamento entre veículos. Pode-se inferir que, no caso de veículos mais distantes (maior velocidade), o tipo de colisão passa a concentrar em acidentes com veículos isolados, enquanto caso a distância seja diminuída (menor velocidade), suspeita-se que os acidentes tendam a envolver mais de um veículo.

Para este tipo de análise, os dados relativos a acidentes foram agrupados para apenas um veículo e vários veículos envolvidos. Dos dados agrupados observa-se que houve um pequeno aumento no índice de acidentes para todos os tipos de alteração. Como o volume de tráfego aumentou de um

fator de 4% a 12% durante o estudo neste grupo de estudo, o resultado relativo ao aumento de colisões envolvendo múltiplos veículos deve-se primariamente ao aumento do fluxo de tráfego nos locais estudados, e não à mudanças na velocidade limite.

O fluxo de veículos de veículos nas estradas analisadas não se alterou quando o fluxo na mesma área não mudou. A relação entre a velocidade e os acidentes foi estudada através de um sistema de plotagem (Figura 3.4) de mudança no percentual de 85% e na quantidade de acidentes por distancia para um dados período. No estudo não foi possível provar que existe uma relação direta entre a velocidade e o número de acidentes.

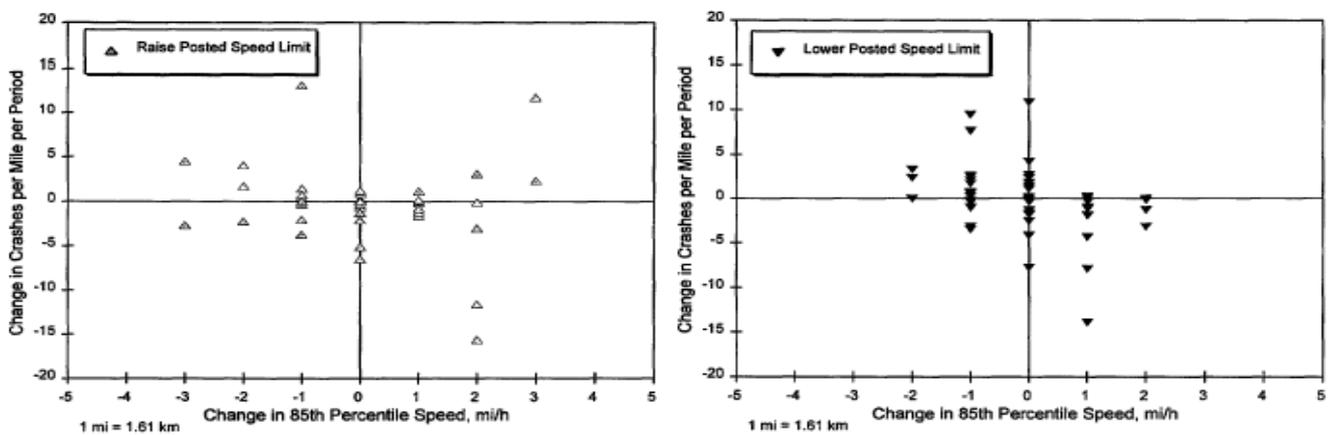


Figura 3.4 Relação entre acidentes antes e depois, para reduções e aumentos na velocidade limite

Para o estudo a respeito da alteração na gravidade dos acidentes, foi tentado estabelecer um parâmetro entre as mudanças na velocidade e na gravidade dos acidentes. Dos dados analisados não foi possível encontrar evidencias suficientes para rejeitar a hipótese de que o número total de acidentes, e quantidade de fatalidades mudou quando os limites foram aumentados ou diminuídos.

Devido ao fato de que não foi possível a distribuição randômica dos locais de estudo, as conclusões só podem se aplicadas aos locais de estudo, ou seja, não podem ser generalizados.

Muitos engenheiros de transporte consideram que limites de velocidade estejam intimamente ligados com segurança, mas muitos poucos estudos foram feitos em auto-estradas para verificar o efeito das mudanças nos limites de velocidade. Como o escopo deste estudo restringe-se apenas a vias de acesso a auto-estradas, os resultados não se aplicam a auto-estradas. Baseado na informação disponível de vários estudos até agora, reduzir os limites de velocidade não influenciam no percentual de acidentes. Reduzir o limite de velocidade sem utilizar outros meios, como efetivo policial, educacional e engenharia não aparentam ser um tratamento efetivo de segurança.

3.11 - Restrições ao uso dos Resultados

O estudo foi conduzido em locais onde as agencias reguladoras planejavam fazer mudanças nos limites de velocidade. A seleção não randômica pode produzir resultados induzidos e limitar as conclusões obtidas.

Generalizações para outros tipos de estrada e condições não são apropriadas.

3.12 - Resultados Estatísticos Produzidos

Uma revisão dos dados de antes e depois revela que a diferença na velocidade média, percentual de 85% e outros indicativos estatísticos foi menor que 3.2km e não era relacionado com a mudança nas placas de sinalização. Quando os lugares foram agrupados por semelhança na quantidade de mudanças aplicadas, a diferença ficou menor que 2,4km/h. Ao se aplicar uma grande redução na velocidade limite, a diferença média cai para menos que 1,6km/h.

Baseado no fluxo livre de veículos analisado por um período de 24h, nos pontos em análise e de controle, os limites de velocidade são ajustados, tipicamente, no percentual de 45% ou abaixo da média de fluxo livre. As diferenças medidas entre os espaçamentos de veículos encontraram variações menores que 2s entre as medidas antes e depois das mudanças.

3.13 - Sugestões para Pesquisas Futuras

Existe a necessidade de pesquisar a metodologia utilizada para definir limites de velocidade para auto-estradas, identificando métodos para garantir uma padronização de velocidades limites uniformes para o caso de rodovias similares com condições de tráfego parecidas. O uso de equipamentos de medida automático deve ser considerado sobre o radar manual, devido à maior precisão estatística e grande quantidade de dados coletados.

Estudar os limite aplicados para estradas e geometria de sistemas de rodovias para criar linhas gerais para a delegação de limites de velocidades para os engenheiros de projeto proporem para a aplicação na rodovia.

Deve ser reexaminado o caso em que é utilizado limite de velocidade baseado em amostras. Baseado em observações com incrementos de 2 horas observou-se grande variação no percentual de 85% da velocidade em fluxo livre, durante períodos de 24h. Além disto, as variações por horário não são consistentes ao analisar vários locais por comparação. Isto sugere que as amostras de velocidade devem ser tomadas ao longo do dia para obter uma amostra representativa, em oposição à coleta por períodos curtos, como por exemplo durante 2h, como na maioria dos levantamentos.

3.14 - Referência bibliográfica

- Parker Jr.,M. R. – *Effects of Raising and Lowering Speed Limits on Selected Roadway Sections* - Federal Highway Administration – Final Report – October 1996;

4. Questões de Segurança, Consumo de Energia, e Gestão de Transportes para Serviços de Sistemas de Tráfego Inteligente (ITS)

Mestrando Guilherme Alceu Schneider – CEFET-PR - 2002
MSc. Marcus Talcir Andreotti – CEFET-PR - 2002

4.1 – Introdução

Atualmente a segurança nas vias de tráfego é essencial, principalmente devido ao crescente número da frota de veículos. Esse aumento da frota é um problema que afeta tanto países desenvolvidos como países em desenvolvimento, sendo portanto uma preocupação global.

O departamento americano de trânsito (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) coletou informações de acidentes nas áreas urbana e rural, e nestas, os dados do sistema mostram problemas significativos nas rodovias. Em 1995 foram 37.221 acidentes fatais em todo o país, que causaram 41.798 mortes, sendo que estes valores representam também um gasto total de 150.5 bilhões de dólares.

O que são área urbana e área rural?

De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro artigo 60: As vias abertas à circulação, de acordo com sua utilização, classificam-se em vias urbanas (via de trânsito rápido, arterial, coletora e local), e vias rurais (rodovias e estradas). Portanto entenda-se a partir de agora áreas rurais com rodovias e estradas.

A figura 4.1 mostra uma comparação dos gastos com acidentes entre a área rural e a área urbana.

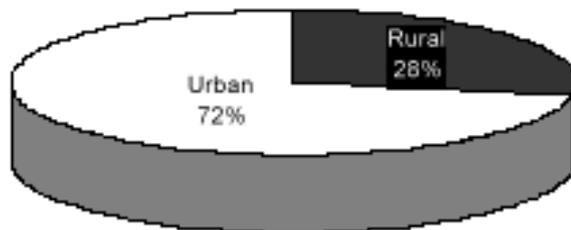


Figura 4.1 - Total de gastos com acidentes

Como pode-se observar na figura 4.1 acidentes ocorrem em proporções grandes tanto nas duas áreas, sendo que acidentes na área urbana causam mais gastos devido a quantidade de perdas materiais e ao índice de ocorrência. Porém ao estudar os números de acidentes fatais nota-se que a área rural é muito afetada também.

A figura 4.2 mostra uma comparação de acidentes fatais entre as duas áreas.

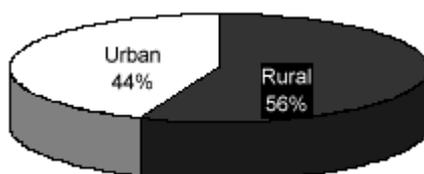


Figura 4.2 – total de acidentes fatais

Observa-se que apesar dos acidentes urbanos ocorrerem em maior quantidades e por isso gerarem mais gastos, os acidentes rurais apresentam maior número de fatalidades. Por isso também há uma preocupação com o sistema de tráfego rural, pois é nele que ocorrem os mais violentos acidentes.

4.2- Soluções a partir de Sistemas de Tráfego Inteligente (ITS)

Os sistemas de tráfego inteligente oferecem benefícios que visam incluir melhorias no trânsito. Como primeiros métodos destacamos o controle da velocidade de veículos, o alívio de circunstâncias que contribuem para acidentes, e a resposta mais rápida à ocorrências de acidentes. As melhorias são obtidas aplicando soluções específicas para cada problema, melhorando significativamente a redução do número e da severidade de acidentes.

Como uma segunda forma apresenta-se outros métodos. São melhorias no controle de tráfego e técnicas de execução que também contribuem para a redução de acidentes. Por exemplo, administração de rodovias, que incluem técnicas de administração de incidentes, controle de pista, melhorias do sistema de sinalização do tráfego e também do seguimento de veículos na pista. Ou ainda melhorias na localização e sinalização de interseções e cruzamentos de auto-estradas, rodovias e pistas simples para resolver problemas específicos. Há técnicas mais agressivas para controle de tráfego como, análise de tendências de cruzamentos e controle de violação de velocidade por um sistema de câmeras e sensores. Há até controle de motoristas treinados para executar uma direção mais segura no caso de transporte em empresas.

Dispositivos de navegação são desenvolvidos para permitir aos motoristas uma localização exata em situações de desconhecimento do trajeto. É possível realizar o envio de mensagens até o veículo fornecendo informações para que o motorista possa alterar a rota de viagem caso haja problemas na rodovia.

4.2.1 Consumo de Combustível

O consumo de combustível, assim como a emissão de poluentes, está relacionado à variação de velocidade. Através de pesquisas realizadas por instituições nacionais e internacionais, foram estabelecidas funções, para serem aplicadas à situação de cada cidade. As equações relacionam o

consumo de combustível (gasolina e diesel) com a velocidade, ilustrados nas figuras 4.3 e 4.4 nos exemplos 4.1 e 4.2 respectivamente.

Exemplo 4.1

Automóveis (Gasolina)

$$C = 0,09543 + 1.26643 / V - 0,00029V$$

Onde:

V = velocidade Km/h

C = Consumo l/Km

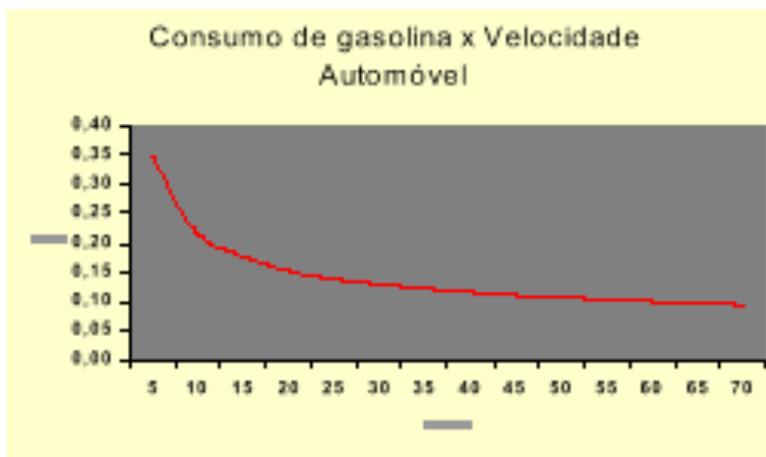


Figura 4.3 – gráfico do Exemplo 4.1. Eixo y (gasolina= l/Km) Eixo x (velocidade=Km/h)

Exemplo 4.2

Ônibus (Diesel)

$$C = 0,44428 + 0,00008 V^2 - 0,00708 V + 1.37911 / V + 0,00107 \text{ carr}$$

Onde:

V = velocidade Km/h

carr = carregamento (sentado + em pé), [soma dos pesos dos passageiros]

C = Consumo (l/Km)

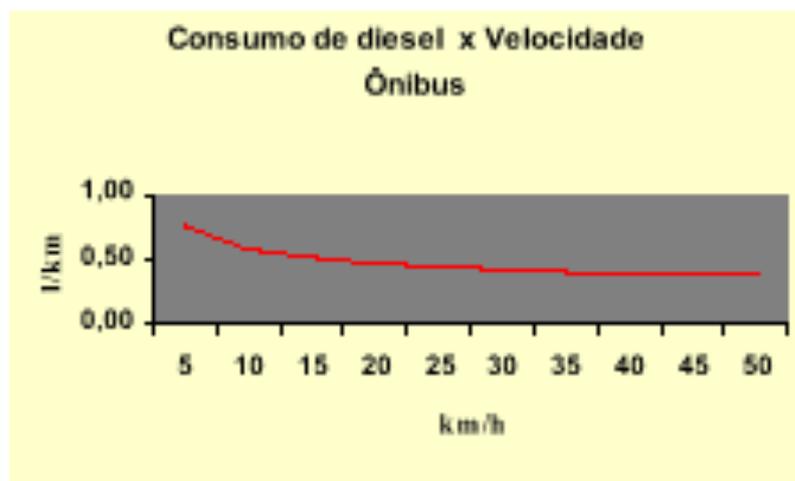


Figura 4.4 – gráfico do Exemplo 4.2. Eixo y (diesel= l/Km) Eixo x (velocidade=Km/h)

O diesel passa por um mínimo (~43 Km/h) a partir do qual tende a subir com o aumento da velocidade, representando a velocidade ideal do ponto de vista de consumo de combustível para ônibus. A partir dos consumos de combustível advindos dos congestionamentos através das velocidades médias neste tráfego, e considerando o valor econômico do combustível igual a 71,8% do preço de bomba chega-se ao custo global deste consumo tanto para gasolina quanto para o diesel. Como nos congestionamentos as velocidades dos veículos são baixas, tem-se um aumento do gasto com consumo de combustível.

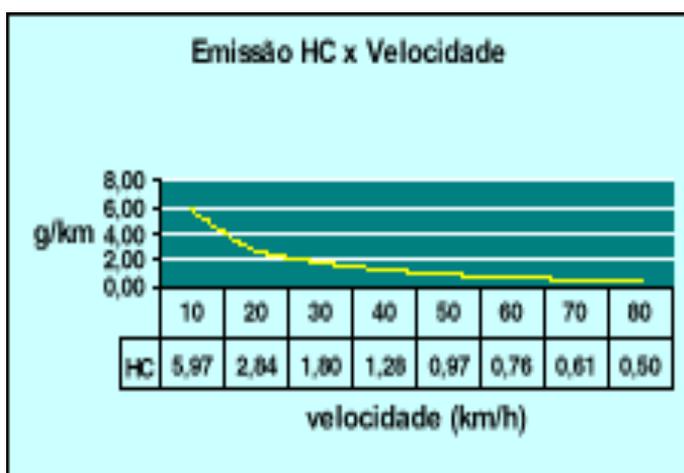
4.2.2 - Emissão de Poluentes

Os coeficientes de emissão de poluentes por veículos automotores variam muito em função das condições dos combustíveis e dos veículos. Para esse estudo é importante focar aqueles poluentes mais nocivos à saúde: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxido de nitrogênio (NOx) e materiais particulares (MP).

A seguir mostram-se gráficos de velocidade versus emissão, e correspondem à dados retirados de fontes brasileiras. Os valores mostram o aumento das emissões de CO e HC e a diminuição nas emissões de NOx à

medida em que a velocidade média diminui, apresentado nas figuras 4.5, 4.6 e 4.7.

Foram definidas equações que relacionam as emissões de CO, HC e NOx com a velocidade. Utiliza-se as estimativas mais recentes da CETESB para o veículo médio da cidade de São Paulo (CETESB, 1994). No caso de automóveis foram definidas 3 equações, para $v \leq 80$ Km/h:



$$HC (g/km) = -0,28 + \frac{62,48}{V}$$

Figura 4.5 – emissão HC x velocidade de automóveis

$$CO (g/km) = -4,51 + \frac{727}{V} + 1,34 \times 10^{-3} V^2$$

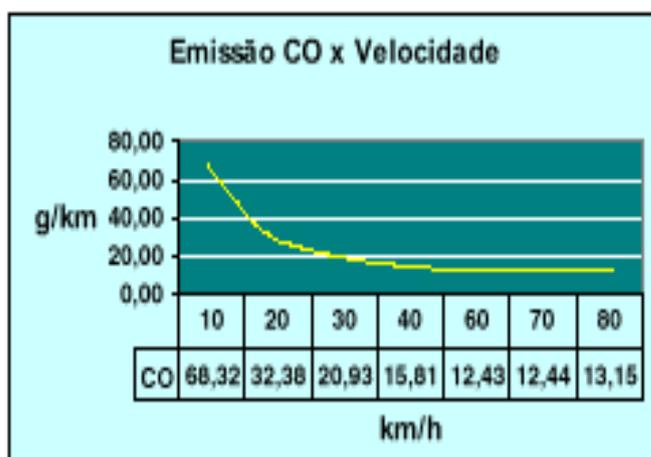
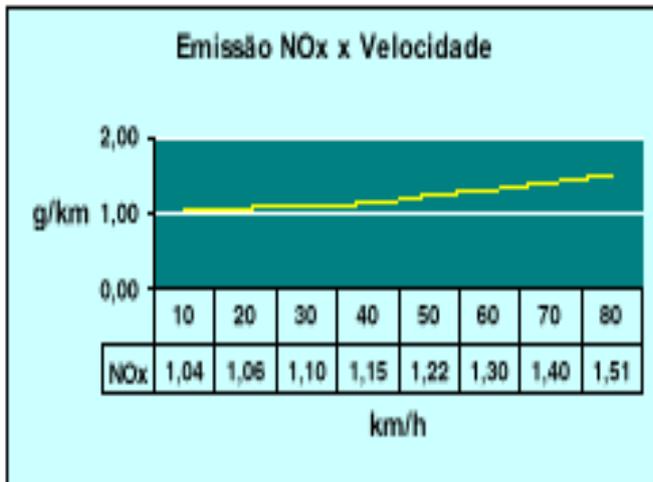


Figura 4.6 – emissão CO x velocidade de automóveis



$$NO_x \text{ (g/km)} = 1,03 + 7,477 \times 10^{-5} V^2$$

Figura 4.7 – emissão NOx x velocidade de automóveis

Para os ônibus à diesel, foram obtidas 4 equações, pois neste caso a emissão de particulados é relevante. Os testes servem para velocidades até 45 Km/h, apresentados nas figuras 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11.

$$HC \text{ (g/km)} = 14,14 - 3,67 \ln V$$

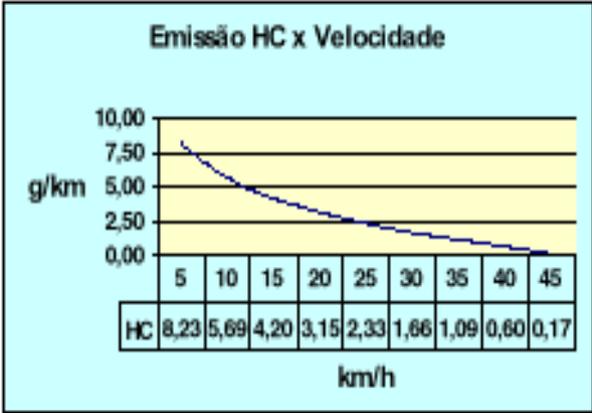
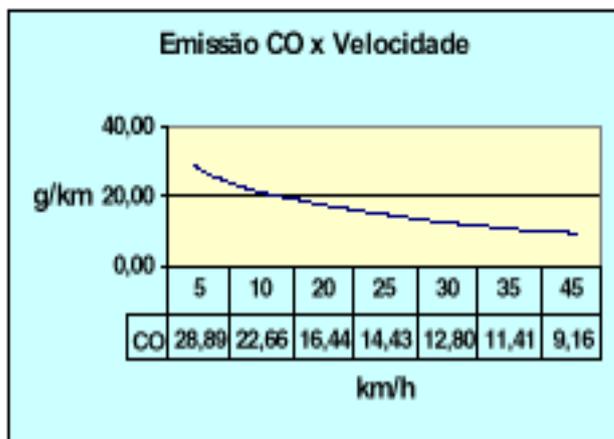


Figura 4.8 – emissão HC x velocidade de ônibus



$$\text{CO (g/km)} = 43,34 - 8,98 \ln V$$

Figura 4.9 – emissão CO x velocidade de ônibus

$$\text{NO}_x \text{ (g/km)} = 37,21 - 6,46 \ln V$$

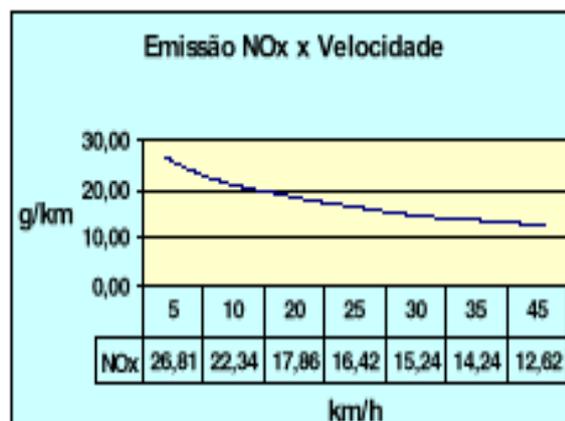
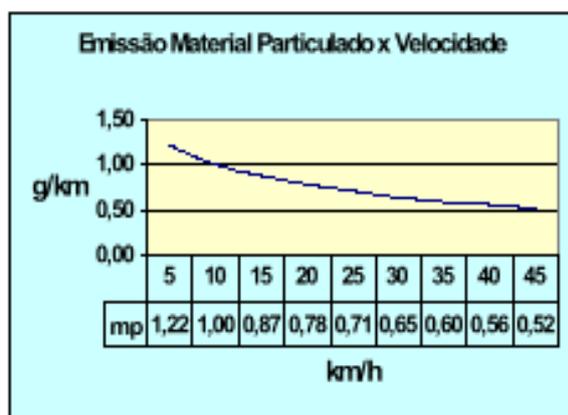


Figura 4.10 – emissão NOx x velocidade de ônibus



$$\text{Particulados (g/km)} = 1,74 - 0,32 \ln V$$

Figura 4.11 – emissão MP x velocidade de ônibus

A monetarização da poluição ambiental é algo muito complexo, pois as variáveis envolvidas são muitas e não seguem uma regra de formação rígida. Variam de acordo com clima, altitude, dispersão, relevo e outros.

Dentre todos os efeitos dos poluentes no tráfego, descreve-se algumas causas dos poluentes citados no texto. O CO provoca tonturas e dores de cabeça, ocasionando perdas de reflexo, e sendo um dos principais causadores de acidente em regiões de muito movimento, principalmente com pessoas idosas. Os HC são entre outros irritantes para os olhos, reduzindo a visibilidade e ocasionando acidentes. Mesmo os outros poluentes, que de forma direta não causam acidentes no trânsito, afetam a saúde e integridade física das pessoas sendo portanto fatores agravantes quando o enfoque é congestionamento e emissão de poluentes. Como citação, o NOx provoca irritação nas vias respiratórias podendo causar enfizema, e o MP atinge os alvéolos pulmonares, produz alergia, asma, bronquite.

Alguns dados sobre o custo da emissão de poluentes no Brasil são mostrados a seguir: CO = R\$0,19/Kg; HC = R\$1,14/Kg; NOx = R\$1,12/Kg; Partículas = R\$0,91/Kg. Estes valores foram obtidos de fontes de administradores de trânsito e representam o custo em reais da emissão destes poluentes por quilograma. Se relacionarmos estes valores com os dados de emissão de poluentes que se obtém através das equações que regem os gráficos das figuras 5 à 11, podemos dimensionar o custo da emissão destes poluentes e mensurar os prejuízos.

4.3- Gestão de Transportes

A gestão de transporte é um importante processo para a melhora da qualidade de vida. O aumento da competência dos colaboradores que atuam na área de transportes influencia muito para um uso correto e equilibrado dos recursos disponíveis. Para que ocorra um melhor atendimento dos usuários de transporte, vêm-se investindo nos métodos de gestão, ou seja, aquisição de softwares, treinamento de pessoal e ampliação da oferta de serviços.

Cada vez mais é importante a noção do sistema como um todo por parte dos colaboradores que trabalham na área. Torna-se vital o colaborador saber no que ele é afetado com a decisão de outras áreas, ou no que ele afeta as outras áreas com suas decisões. Por exemplo, como o setor jurídico com todas as mudanças de suas leis de trânsito afeta o trabalho das pessoas que desenvolvem os sistemas tecnológicos que ajudam no controle de tráfego e vice-versa.

Atualmente está se intensificando as fiscalizações sobre os produtos da área de trânsito, os avanços obtidos permitem uma cobrança muito maior sobre os desenvolvedores de sistemas (entende-se sistemas como parte tecnológica e legal). Os colaboradores, mais cobrados, passam a receber mais treinamentos em cursos e seminários.

Como os sistemas estão se aprimorando e o seu uso está aumentando inicia-se um processo de geração de dados sobre todo o sistema de trânsito. Este é a parte mais carente de gestão no Brasil de hoje, tem-se muitas informações porém ninguém as analisa, é um ramo que pode ser muito bem explorado.

É necessário dispor também de instrumentos administrativos e logísticos para usar efetiva e eficazmente os dados disponíveis, para que sirvam de apoio à programas de monitoramento, que constantemente observam as condições de transporte e trânsito, daí a importância de suas análise sistemática. Sendo também importante o contato com a comunidade para que se possa saber sobre a opinião dos usuários com relação ao governo e aos serviços prestados.

4.4 – Energia

Com a atual escassez dos bens naturais e o constante aumento da poluição há uma necessidade de melhor aproveitamento da energia. No meio de transportes isto não foge a regra, e existe uma preocupação em conter os gastos com energia, diminuindo deslocamentos através de menores distâncias.

As medidas mais adotadas são: priorização do controle de tráfego por área isolada; transporte coletivo; e reestruturação do sistema de circulação. No transporte coletivo a preocupação é aumentar a capacidade dos veículos e utilizar combustíveis alternativos como gás e eletricidade.

Porém o uso de combustível alternativo enfrenta barreiras. O uso do gás por exemplo tem problemas por não existirem tantos postos de abastecimento, já a energia elétrica, apesar de usada em trens e metrô, com veículos de média capacidade enfrenta o problema das tarifas cobradas pelas fornecedoras de energia, principalmente em horários de pico em grandes cidades, onde o problema de consumo de energia é mais preocupante.

Atualmente no Brasil, é raro existir em alguma cidade um controle rígido para coletar informações sobre emissão de poluentes e gasto com energia, sendo esta outra área onde pode-se explorar muito em pesquisa e desenvolvimento. Apenas São Paulo tem um controle periódico dessas informações, já Recife possui três tipos de sistemas para medição de poluentes: Tipo I (Estações de Tráfego), Tipo II (Estações Industriais), Tipo III (Estações Aéreas). Recife, Belo Horizonte, Brasília e Porto Alegre controlam regularmente a emissão de poluentes em ônibus.

Como formas de se controlar a emissão de poluentes e gastos com energia vem-se utilizando sistemas próprios para controlar a emissão em veículos. Porém a otimização dos gastos com energia será atingida quando houver o controle dos congestionamentos, e isto será obtido com sistemas

inteligentes e robustos para o controle e monitoração de tráfego, e na área operacional, com a criação de serviços eficientes de operações de trânsito.

Para reduzir os traumas causados com o congestionamento é necessário uma política de controle de emissão de poluentes, portanto precisa-se do desenvolvimento de alguns trabalhos, dentre eles destaca-se: reescalonamento de horários de trabalho, serviços e escolas; transporte solidário; faixa exclusiva para carros com mais de três passageiros; faixas exclusivas para ônibus; sistemas especiais de transporte público com veículos de maior capacidade e de maior conforto; recapeamento asfáltico das vias de transporte coletivo; otimização de horários e itinerários; desconcentração das atividades urbanas; ampliação das áreas para pedestres; aumento da participação dos sistemas de grande capacidade; criação de empregos em áreas dormitórios e restrição à circulação de automóveis em certos horários, dias e locais congestionados.

Ainda há os avanços tecnológicos, como melhoria do controle das vias, melhorias dos motores, obrigatoriedade do uso de catalisadores, utilização de combustíveis menos poluentes. Na parte política, pode-se facilitar o uso de subsídios, através de programas de financiamentos, por exemplo, para desenvolvedores na área de transportes.

Por fim, observa-se que os problemas existem mas tem solução, e cabe aos desenvolvedores pesquisar e por em prática idéias que colaborem para o melhor andamento do controle de tráfego no país. É importante o chamado que hoje acontece, pois o controle de tráfego em cidades e rodovias vem exigindo uma demanda de resultados inovadores numa velocidade galopante.

4.5- Referência bibliográfica

- Special Report – *Intelligent Transportation System – Enhance Safety*, The California Institute for Federal Policy Research, 2001;
- IPEA / ANTP – *Redução das Deseconomias Urbanas pela Melhoria do Transporte – Síntese Gerencial*, 1997