

Introdução

Em 1918 surgiu o primeiro semáforo com lâmpadas de três cores, em NY. E por volta de 1926 em Londres surgiu o que chamamos hoje de semáforo eletromecânicos.

Surgiram as programações de controle do tráfego que permitem a alteração dos tempos de verde em períodos do dia, para adequar-se a variabilidade do tráfego durante o dia.

O primeiro semáforo com controle veicular, foi fabricado nos EUA, ainda nos anos 30. Detecção era realizada por microfones. O primeiro semáforo atuado por veículo em Londres, foi instalado em 1932. Em 1935 surgia o primeiro sistema interligado, constituído por controladores atuados por veículos.

O advento da tecnologia do controle de processo computadorizado na década de 50, propiciou a coordenação de um grande número de semáforos em diversas áreas da cidade. Com isso houve reduções em todos os tempos de percurso médio de 10 a 30%, redução de acidentes.

Na década de 70, os operadores dispunham de algumas informações provenientes dos detectores, que eram normalmente colocados nos principais cruzamentos. Então, passou-se a utilizar controle realimentado com malha fechada, baseado nas informações dos detectores veiculares.

A introdução dos microprocessadores trouxe a possibilidade de aumento da capacidade computacional para os equipamentos controladores de tráfego.

Sensores

Detector de pressão:

O peso do veículo causa um fechamento das placas de contato que permanecem seladas em uma chapa de pressão emborrachada, enviando esta informação ao controlador. Outro sensor igual é instalado alguns metros à frente, tendo o tempo decorrido entre os dois sinais é fácil calcular a velocidade do veículo.

Detector magnético:

Os detectores magnéticos operam baseados na variação das linhas de fluxo do campo magnético terrestre. Um rolo de fio com corpo de altíssima permeabilidade magnética é instalado abaixo da superfície do pavimento. O sistema detecta a variação das linhas de fluxo e calcula a velocidade. Este tipo de detector não é recomendado para detecção de presença, pois em velocidades muito baixas o sinal não é gerado.

Detector por radar e detectores por ultra-som:

Os detectores por radar operam pelo princípio chamado de Efeito Doppler. Dois impulsos curtos são notados pelo sensor um quando o veículo entra na zona de detecção e outro quando ele sai. O sensor e o equipamento eletrônico podem ser construídos juntos ou separados e são instalados acima da via

Os detectores por ultra-som operam baseados no mesmo princípio dos detectores por radar (emitem energia), só que dentro de uma área, e recebem uma reflexão emitida pelo veículo.

Detector por emissão de luz:

Os detectores por emissão de luz utilizam células fotoelétricas, onde luzes infravermelhas são emitidas em forma de fecho de alta intensidade e sua interrupção é detectada.

Detector por assinatura magnética:

Quando um corpo metálico passa sobre o sensor, esta variação forma uma distorção na informação de magnetismo medido para cada veículo. O que possibilita determinar além da passagem do veículo, também a sua classificação. (automóvel, caminhonete, caminhão com dois eixos, ônibus, etc.). É possível também se determinar com uma boa precisão a velocidade em um ponto de passagem, pela variação no comprimento de sua assinatura

Detector por imagem:

Tem como princípio de funcionamento a utilização de algoritmos para processamento de imagem. Que permitem a identificação digital de presença de veículos em determinado ponto.

Os laços são virtualmente colocados na própria imagem nos pontos escolhidos para análise através de um software. Com a combinação de vários pontos de detecção é possível a medição de presença, ocupação, velocidade, tamanho da fila, tempo de viagem, detecção de acidentes.

Laço Indutivo:

Como este tipo de sensor é o mais usado atualmente por ser barato e confiável, será estudado mais profundamente para podermos entender os sistemas que serão apresentados posteriormente.

Um laço indutivo é um fio disposto em forma retangular, quadrada, ou redonda que fica no interior do pavimento. As extremidades do fio são conectadas a um módulo detector. O módulo injeta um sinal no laço a uma frequência entre 20 e 100kHz. O módulo do detector monitora esta frequência denominada “frequência de ressonância” para determinar se há um veículo na área do laço.

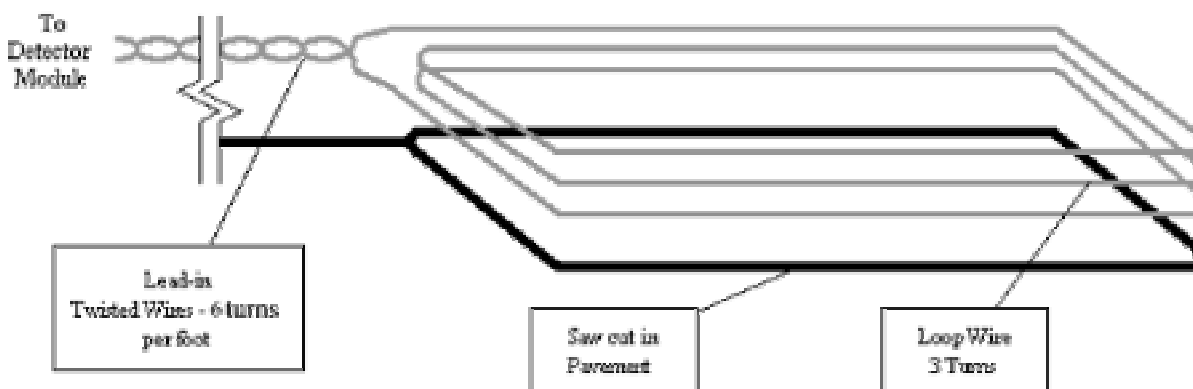


figura 1; o laço indutivo.

Sabemos que a indutância é definida como a oposição a uma mudança no fluxo atual de corrente. Quando uma corrente é aplicada a um condutor tal como o fio acima, um campo magnético se forma em torno do fio. Se a fonte atual for removida, o campo magnético vai diminuindo no fio, que tenta manter o fluxo atual. Enrolando diversas voltas do fio em uma bobina, o campo magnético é intensificado, e aumenta-se a indutância.

Quando um veículo cruza o laço, o corpo do veículo interage com o campo magnético do laço fornecendo um trajeto condutor para o campo magnético. Isto faz com que a indutância do laço diminua. A indutância diminuída causa na frequência ressonante um aumento de seu valor nominal.

Se a mudança da frequência exceder o ponto inicial ajustado pelo ajuste da sensibilidade, o módulo detector saberá que um veículo passou sobre o sensor.

O detector do captará as variações na indutância do laço de 20 a 1000 μ H com exatidão de $\pm 3\%$. A partir daí, gera um pulso de 125 \pm 10 milissegundos de duração para cada veículo que entra na zona de detecção do laço. Após a detecção de um veículo, o sistema está pronto novamente após meio segundo.

O número das voltas requeridas no laço é dependente do tamanho do laço, mas sempre deve-se utilizar ao menos duas voltas de fio. A indutância do laço pode ser calculada como segue:

$$L = P/4(t^2 + t); \text{ ONDE: } L = \text{Indutância } [\mu\text{H}]$$

$$P = \text{perímetro (pés)}$$

$$t = \text{número de voltas}$$

A fórmula pode ser simplificada fazendo: **L = PK** em que substituímos $(t^2 + t)/4$ por um K constante

Número de voltas e o cálculo de K:

Número das voltas (t)	K (constante) $K = (t^2 + t)/4$
1	0,5
2	1,5
3	3,0
4	5,0
5	7,5
6	10,5
7	14

Exemplo: laço de 4' x de 8' com 4 voltas
 $L = P K$
 $P = 4' + 4' + 8' + 8' = 24'$
 $K = 5,0$
 $L = 24 \times 5,0$
 $L = 120 \mu\text{H}$

Indutância do laço [μH]

		Número das voltas						
		1	2	3	4	5	6	7
P E R Í M E T R O (ft)	10	5	15	30	50	75	115	140
	20	10	30	60	100	150	230	280
	30	15	45	90	150	225	345	420
	40	20	60	120	200	300	460	560
	50	25	75	150	250	375	575	700
	60	30	90	180	300	450	690	840
	70	35	105	210	350	525	805	980
	80	40	120	240	400	600	920	1120
	90	45	135	270	450	675	1035	1260
	100	50	150	300	500	750	1150	1400

Sensibilidade x $\Delta L/L\%$ x Tempo de resposta do detector

Sensitivity	$\Delta L/L\%$	Tempo de Resposta	
		Máx.	Típico
OFF	---	---	--
1	0.64%	57 ms	53 ms
2	0.32%	57 ms	53 ms
3	0.16%	57 ms	53 ms
4	0.08%	58 ms	54 ms
5	0.04%	59 ms	55 ms
6	0.02%	62 ms	58 ms
7	0.01%	68 ms	64 ms
8	0.005%	81 ms	77 ms
9	0.0025%	105 ms	100 ms



figura 2: módulo detector

Aumentar as voltas não aumenta a sensibilidade do laço. A quantidade de mudança na indutância do laço causada por um veículo é determinada pelos seguintes fatores:

- Aumentar o perímetro do laço diminuirá a intensidade de mudança causada pelo veículo.
- Um veículo menor causará menos mudança. Uma motocicleta pequena causa aproximadamente 1% a 2% da mudança causada por um automóvel padrão.

- Quanto mais elevado for o veículo da superfície da estrada (e conseqüentemente do laço), menor a variação da indutância.

Quanto mais profundos os fios estão abaixo da superfície de estrada, mais estão protegidos do desgaste dos elementos. O fio superior deve estar no mínimo a uma polegada abaixo da superfície de estrada.

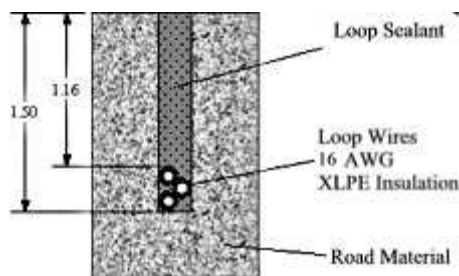


figura 3: o laço sob o pavimento.

Materiais não condutivos tais como o concreto e o asfalto não influenciarão os campos do laço. Instalar o laço uma polegada mais profundo teria o mesmo resultado que levantar o veículo uma polegada acima da superfície do pavimento.

Deve ser utilizado fio de cobre 16 AWG ou 20 AWG. O fio deve manter sua integridade sob o stress do pavimento. Já que o asfalto é mais flexível do que o concreto, recomenda-se que um fio mais grosso seja usado para instalações do laço no asfalto. A consideração principal em selecionar um fio para instalações do laço é o tipo de isolação. A isolação cross-linked do polietileno (XLPE) avaliada em 600 volts é altamente recomendada e muito melhor que o PVC. Sob circunstâncias similares, a isolação de XLPE absorverá aproximadamente um por cento da umidade absorvida por PVC. Quando a isolação absorve a umidade, a tração do laço ocorre, e sendo esta muito forte pode causar detecções falsas. XLPE tem também uma resistência mais elevada à abrasão, ao calor, aos óleos, e à gasolina. Abaixo temos um modo de disposição de dois laços no pavimento.

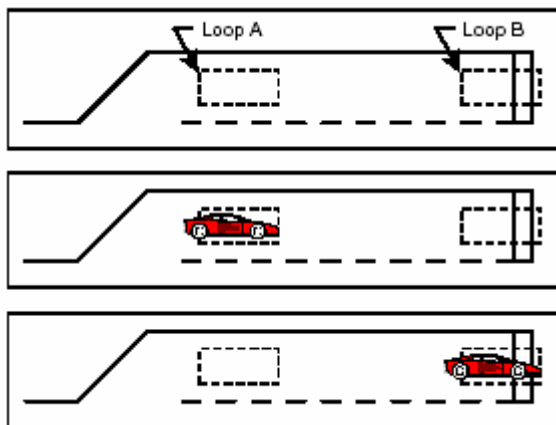


figura 4: exemplo de disposição dos laços.

Sistemas Monitoradores

A seguir os mais eficientes sistemas monitoradores e seus princípios de funcionamento.

REV - Redutor Eletrônico de Velocidade.

Popularmente conhecido como Lombada Eletrônica, o REV funciona através de sensores do tipo laço indutivo incrustados no asfalto 20 metros antes do totem, no sentido do fluxo do trânsito. Para cada sentido da via, são colocados dois sensores a uma distância pré-fixada. Os sinais elétrico são interpretados por uma CPU que calcula a velocidade do veículo e registra a imagem do veículo infrator.

A sinalização luminosa do REV consiste em: lâmpada laranja piscante localizada no topo do totem, indicando atenção; lâmpada amarela, localizada no centro do totem (esta acende quando o veículo detectado está com velocidade acima da permitida, indicando uma infração); lâmpada verde localizada no centro do monólito (esta acende a cada veículo detectado e dentro do limite de velocidade, indicando assim, a normalidade do mesmo).

A imagem do veículo é registrada, em caso de funcionamento noturno o flash infra-vermelho é acionado, sem perigo de ofuscamento do condutor do veículo.

A sinalização sonora do REV consiste em: ao ser detectado um veículo acima do limite de velocidade, soa uma sirene que alerta o motorista e também os pedestres. São sirenes independentes para cada lado e com som direcionado para o centro da pista.

Com a detecção de um veículo dentro do limite de velocidade, o redutor soa um bip de curta duração para sinalizar aos pedestres que um veículo está transitando.

A indicação visual da velocidade é mostrada em um display a cada veículo que passa, o que possibilita que o motorista observe a velocidade em que está trafegando e, com o auxílio das demais sinalizações, venha a respeitar o limite de velocidade no local.

O REV funciona em dias e horários programados, podendo ser incluídos na programação feriados e demais datas especiais. Fora do horário de funcionamento, o equipamento fica aparentemente inativo. Na detecção de um veículo acima do limite da velocidade estabelecida, registra-se a imagem do veículo infrator, data e horário da detecção e a velocidade. Este registro é feito de forma digital e é criptografado, armazenado em memória não volátil, para posterior recuperação e análise. Os dados são recolhidos periodicamente.

Os veículos com velocidade acima do limite permitido para o local, que tenham suas características e placas confirmadas junto ao cadastro do Detran, terão suas imagens e dados referentes à infração armazenados em um dispositivo magnético que, posteriormente, serão enviados à Celepar (para processamento) e ao Detran.

Na CeIepar, as imagens e dados referentes à infração são copiados para a Rede, onde é feita uma pré-consistência. Os dados são transmitidos para o Mainframe, via TCP/IP, e são comparados com um pré-cadastro feito quando há confirmação das características do veículo na verificação da imagem. A partir dos dados corretos, tem origem o cadastramento do Auto de Infração, gerando um arquivo com dados para a notificação do proprietário do veículo. A notificação é listada a partir do arquivo de dados transmitido do Mainframe para a Rede, onde é agregada a imagem do veículo. A impressão é feita em uma impressora Xerox 4213, ligada a uma estação, com capacidade de impressão frente e verso.

A seguir temos um exemplo de totem e também pórticos



figura 4: REV em um totem.

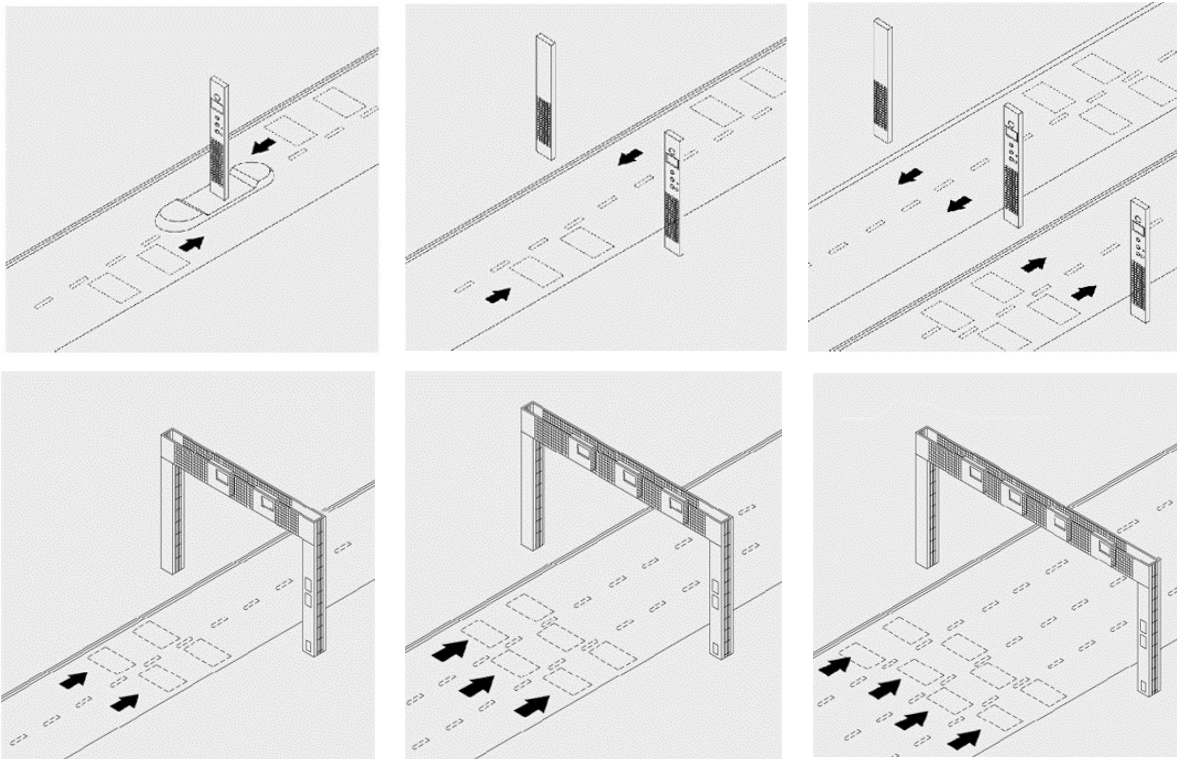


figura 5: REV em modo p3rtico.

Radar Eletr3nico Fixo

Poularmente conhecido como “pardal”, trata-se Barreira Eletr3nica baseada em laço indutivo de alta precis3o, detectando tamb3m a parada de ve3culo sobre a faixa de pedestres, com sistema digital de captura de imagens.

Homologado pelo INMETRO atrav3s da Portaria DIMEL N3 063 de 06/08/1999, atende os requisitos t3cnicos e legais para instala3o e utiliza3o nas vias urbanas e rodovi3rias do pa3s. Tem causado grande pol3mica devido ao grande n3mero de multas. Al3m de fiscalizar o excesso de velocidade, faz aquisi3o de dados classificadores de tráfego, no ponto onde estiver instalado. S3o instalados em postes, baixando desta forma custos de instala3o e opera3o.

Abaixo temos uma foto do sistema instalado em um poste de metal e sua opera3o.



figura6: Radar Eletr3nico Fixo

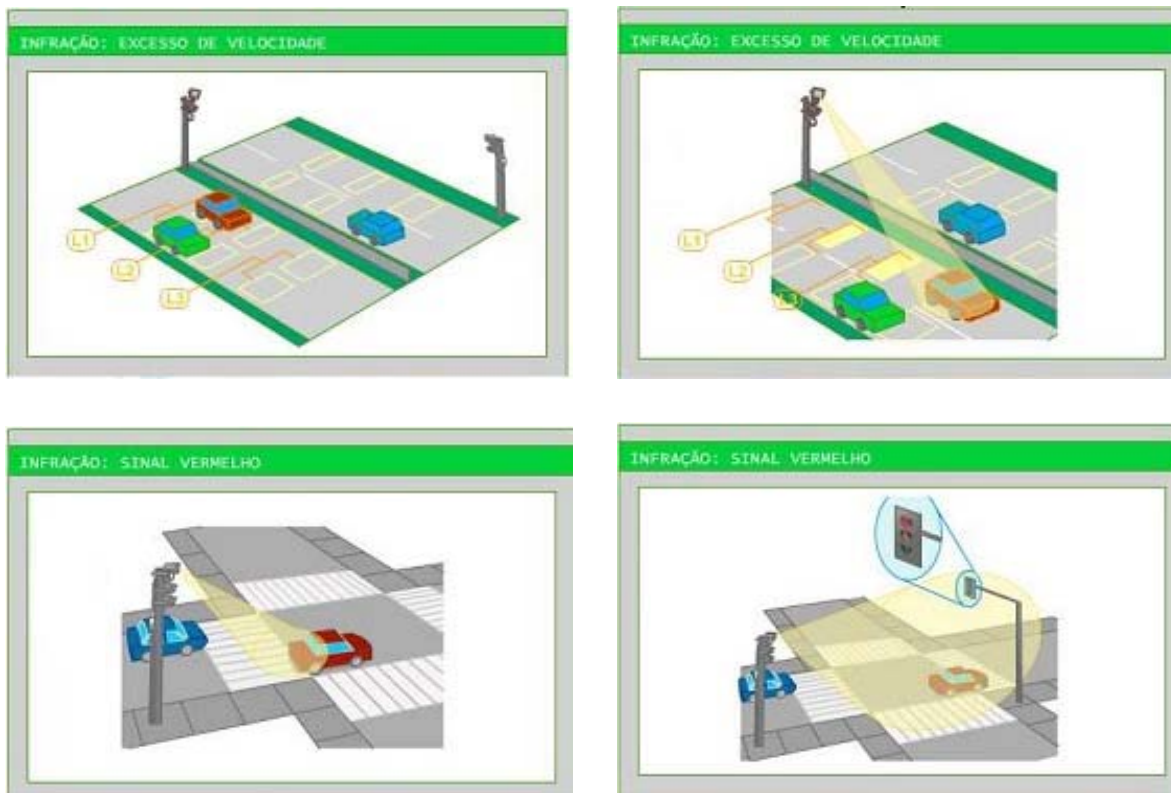


Figura 7: modo de operação.

Especificações Técnicas

Limites de velocidade:

Velocidade mínima aferida: 2km/h
 Velocidade máxima aferida: 200km/h

Precisão do equipamento:

Velocidade: 1km/h
 Comprimento: 1m

Temperatura de operação:

-10°C a 55°C

Laço indutivo:

Tempo de resposta: 10 μ s
 Alimentação: 12 VDC \pm 2VDC
 Proteção contra surtos e transientes
 Corrente: 300mA
 Temperatura de operação: -10°C a 55°C
 Dimensões dos Laços: 2,5m x 0,50m
 Distância mínima entre laços: 3m a 5m
 Cabeamento: cabo sintenax 2,5mm² para laço

Câmeras:

Tipo:	digital CCD ½" colorida
Resolução:	537h x 505v (EIA)
Sensibilidade:	0,5lux
Corrente:	200mA
Lente:	zoom 35mm com auto íris
Temperatura de operação:	-10°C a 55°C
Dimensões:	Comprimento do tubo: 40cm
	Diâmetro do tubo: 75mm
	Espessura do tubo: 3mm

- Pintura eletrostática
- Vedação hermética
- Suporte articulado em dois eixos

CPU:

Baseada em microprocessador de alto desempenho

Número de Câmeras:

Capacidade para gerenciar até 4 (quatro) câmeras simultâneas

Números de Laços:

Capacidade para leitura de até 6 (seis) laços simultâneos

Captura:

Tempo real com 30 (trinta) quadros por segundo.
Parâmetros de captura configuráveis via software.

Alimentação:

110VCA, 200VCA±10%, 60 Hz com proteção contra sobrecarga de tensão e corrente feita por um disjuntor de 10A

Corrente:

10A

Temperatura de operação:

De 10°C a 55°C

Dimensões do Gabinete:

Comprimento:	60cm
Largura:	50cm
Profundidade:	25cm
Espessura da chapa:	1,5mm

Características do Gabinete:

Pintura eletrostática
Vedação hermética
Resistente a intempéries e vandalismo
Alarme contra violação

Unidade de Armazenamento:

A UA é montada em gaveta removível, permitindo que a retirada das imagens dos veículos infratores seja fácil, rápida e segura.

Disco rígido:

Tipo winchester

Capacidade de armazenamento:

Mínimo de 3.000 imagens

Tempo médio de acesso:

Menor que 9ms

Radar Eletrônico Móvel

Tem conotação educativa, que tem como finalidade alertar o motorista sobre a sua velocidade. Montado sobre um trailer compacto de alumínio, pode ser posicionado em lugares estratégicos



figura 8: radar móvel

Utiliza feixes de laser para monitorar a velocidade dos veículos, seguindo o mesmo princípio do scanner a laser.

Versões mais compactas podem ser utilizadas sobre tripé, ou dentro de um veículo estacionado. Tem como vantagens a facilidade no transporte, e montagem rápida.

Fiscaliza a velocidade dos veículos, tanto no sentido de afastamento como de aproximação. O equipamento é imune aos dispositivos anti-radar, pois o feixe de Laser não é detectável por nenhum tipo de dispositivo.

Na imagem dos veículos infratores tem-se a possibilidade de apagamento da imagem do condutor, o que garante sua privacidade.

Permite capturar até 3 veículos por segundo, mesmo que estejam trafegando em bloco ou em paralelo. Captura motociclistas sem capacetes, veículos em vias proibidas, ou motoristas utilizando o celular. Tem uma faixa de leitura de 0 Km/h até 322Km/h. Produz imagens precisas e inequívocas.

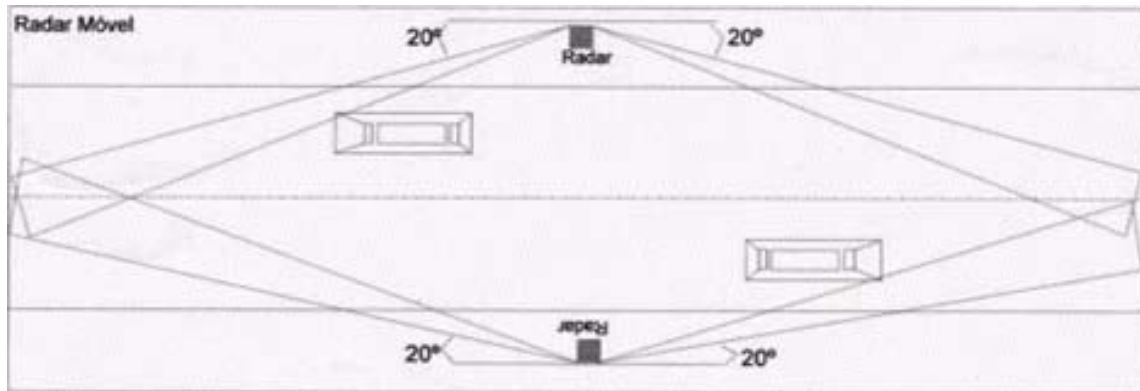


figura 9: monitoramento



figuras 10 e 11: equipamento e imagem registrada

RTMS: Sensor Remoto de Tráfego por Microondas.

É um detector baseado no princípio do radar, emite um feixe de microondas sobre as faixas de rolamento, então através da energia refletida pelos veículos são coletadas as características do tráfego.

Aplica-se ao controle de tráfego e ao gerenciamento de tráfego de rodovias. Detecta o volume, a taxa de ocupação da pista, a velocidade, o intervalo entre veículos e a informação classificatória para até 8 zonas de detecção distintas. Pode substituir até 8 laços



figuras 12 e13: RTMS em veículo policial.

Conclusão

Os sensores e sistemas apresentados são muito precisos e confiáveis, tanto que vêm sendo largamente utilizados no mundo todo. São relativamente fáceis de instalar e requerem pouca manutenção.

Sua eficiência é aferida pelo INMETRO e as estatísticas mostram sua grande contribuição para com a sociedade, já que o número de acidentes de trânsito diminuiu muito nas vias em que estes equipamentos foram instalados. Os índices de respeito à sinalização ultrapassam 98%.

Velocidade de tráfego

R. Erasto Gaertner - Curitiba - PR. Antes e depois da instalação do Redutor Eletrônico de Velocidade.

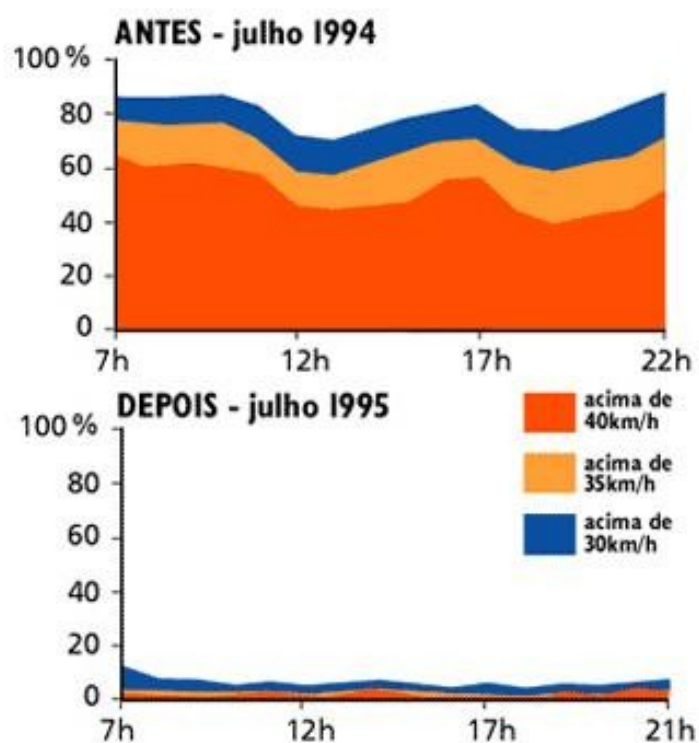


figura 14: resultados obtidos em Curitiba
fonte: Detram

Bibliografia

CELEPAR – Central de Atendimento

URBS – Central de Atendimento

DETRAN – Central de Atendimento

www.enconelectronics.com

www.entryandexit.com

www.generaltraffic.com

www.renoae.com

www.acessoautomatico.com

www.cascadesignal.com

www.dataprom.com

L.A. Klein. Vehicle Detector Technologies for Traffic Management Applications. Disponível por http em www.itsonline.com/detect_pt1.html. Novembro de 1997.

