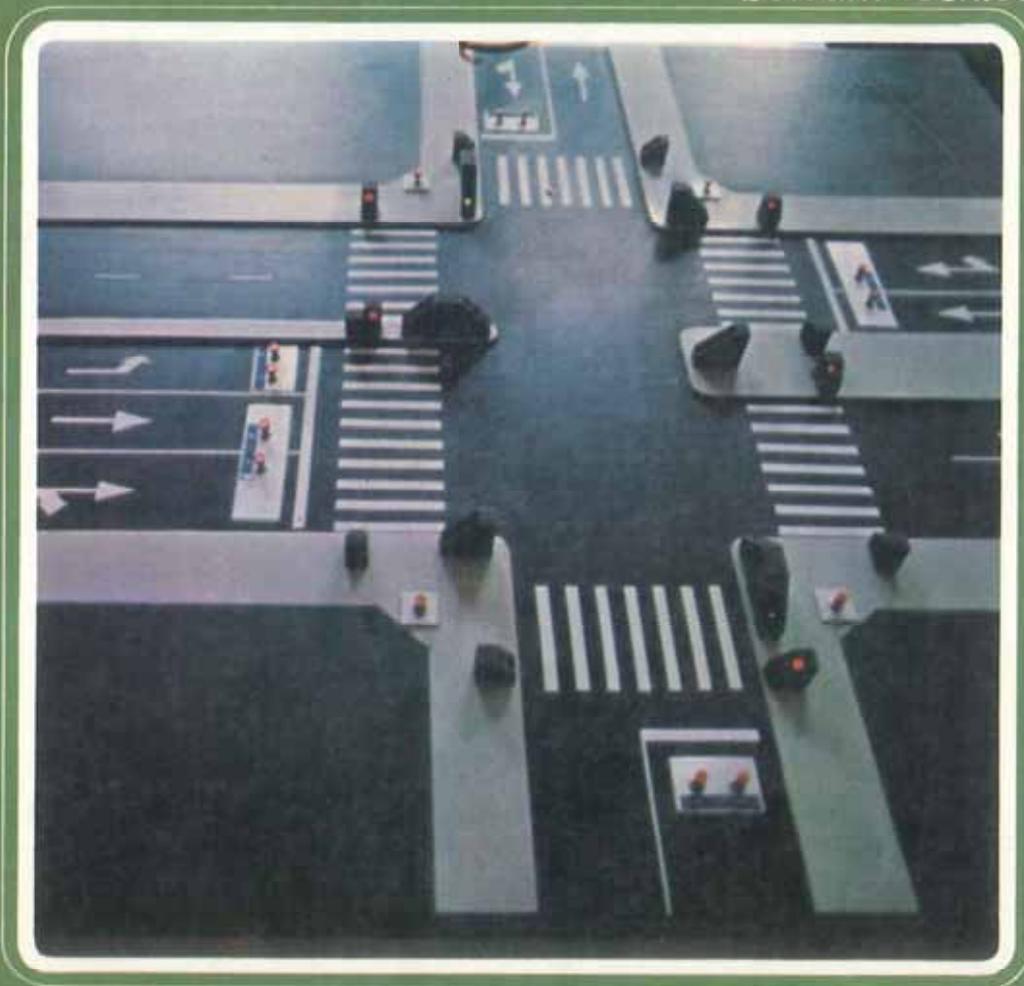


CET

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO
boletim técnico



controlador atuado

12



7.BOL.TECNICOS
A.3A P.2 Nº1108

Controlador Atuado

Ficha Catalográfica:

Machado, R. F. — 1946

Controlador atuado. Equipe técnica coordenada por Roberto França Machado. São Paulo, Companhia de Engenharia de Tráfego - CET. 1978.
84 p. il. (Série Boletim Técnico da CET n.º 12)

1. Engenharia de Tráfego. 2. Tráfego Urbano-Controle. 3. Sinalização Semafórica-Controle sob demanda de Tráfego.

I. Título. II. Série.

Boletim Técnico da CET n- 12

Controlador Atuado

Roberto França Machado – coordenador
Pedro Cury
Yoshisuke Ogura
José Antonio Telles Guerra
Haroldo Masakaju Matsumoto
Walter Fabichak

Este trabalho foi elaborado e publicado pela
Companhia de Engenharia de Tráfego — CET,
por solicitação e autorização do Departamento
de Operações do Sistema Viário do Município
de São Paulo — DSV.

**Publicação da
Companhia de Engenharia de Tráfego — CET**

Presidente
Eng.º ROBERTO SALVADOR SCARINGELLA
Diretor Técnico
Eng.º ELMIR GERMANI
Diretor Administrativo e Financeiro
Eng.º NEANDER DE CAMPOS KERR
Assessor de Projetos Especiais
Eng.º JOSÉ SEISHUN HANASHIRO

Av. Nações Unidas, 7163
05477 — São Paulo — SP

A série Boletim Técnico objetiva a divulgação de estudos e projetos relativos ao binômio Tráfego-Transporte, realizados pela Equipe Técnica da Companhia de Engenharia de Tráfego e, eventualmente, por outras entidades, quando considerados relevantes.

Acreditamos na sua importância, não apenas por se tratar de um eficiente meio de divulgação, mas, principalmente, por se constituir em fonte de subsídios a todos que atuam ou necessitam de informações nesta área, tão carente de bibliografia especializada em língua portuguesa.

Eng.º Roberto Salvador Scaringella.

índice

- 1 introdução**
 - 2 operação do controlador atuado**
 - 3 aplicações e vantagens**
 - 4 tecnologia atual**
 - 5 parâmetro e situação do projeto**
 - 6 descrição funcional do controlador atuado**
 - 7 outras aplicações do detector de veículos**
 - 8 benefícios obtidos**
 - 9 demanda potencial**
 - 10 apêndice**
-

Existem duas maneiras de controlar, localmente, os semáforos de um cruzamento: em tempo fixo e por demanda de tráfego.

Controlar em tempo fixo requer equipamento simples e significa sinalizar o cruzamento, dando sempre o mesmo tempo de verde, amarelo e vermelho a cada corrente de tráfego que por ali passe, independentemente da presença de veículos. Ainda que os tempos calculados para cada sinal sejam provenientes de estatísticas bem elaboradas, é evidente que nem sempre a sinalização corresponderá às necessidades reais de cada momento, uma vez que o semáforo poderá interromper a passagem de um fluxo considerável de veículos para dar sinal verde a ruas vazias. As estatísticas poderão apenas garantir que, em média, num certo horário do dia, o semáforo estará sinalizando convenientemente.

Por outro lado, o controle por demanda de tráfego é capaz de fornecer uma sinalização mais adequada ao movimento de veículos nos cruzamentos. Este modo de controle é implementado pelo controlador atuado, que é um equipamento mais complexo que o anterior, por ser provido de detectores de veículos e lógica de decisão; sua finalidade básica é dar o tempo de verde a cada corrente de tráfego de acordo com sua necessidade, sem grandes limitações, ajustando-se dinamicamente às diversas situações que podem ocorrer num cruzamento.

A Companhia de Engenharia Tráfego — CET e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo — IPT, com o apoio financeiro da Empresa Brasileira de Transportes Urbanos — EBTU estão desenvolvendo e executando o projeto de um Controlador de Semáforos Atuados pelo Tráfego, a partir de uma concepção própria. O presente trabalho descreve os aspectos funcionais e tecnológicos do controlador atuado e do detector de veículos que estão sendo considerados, como também, a operação e as principais aplicações dos equipamentos aqui tratados.

Os capítulos finais são dedicados à apresentação de benefícios obtidos em alguns experimentos com controlador atuado, realizados em outros países, e a fornecer uma estimativa da demanda deste equipamento.

2

operação do controlador atuado

O controlador é composto por detectores de veículos e por um controlador de semáforos. O detector consiste de um ou mais laços indutivos enterrados sob a faixa de rolamento, associados a um conjunto de circuitos eletrônicos. O laço indutivo constitui-se de um ou vários cabos elétricos, em forma de laçada, por onde circula um sinal elétrico enviado pelo conjunto de circuitos eletrônicos. A passagem de um veículo sobre o laço indutivo faz com que o sinal elétrico sofra uma alteração que é interpretada pelos circuitos eletrônicos como uma informação de **veículo detectado**. Esta informação é, em seguida, transmitida ao controlador.

O controlador, descrito no Apêndice 1, tem por função processar as informações provenientes dos detectores de veículos e atuar sobre as lâmpadas dos semáforos, de acordo com um dos programas de controle nele armazenados.

O princípio básico de funcionamento do controlador atuado é o da variação do tempo de verde associado a um determinado estágio* de sinalização entre um valor mínimo e um valor máximo, ambos programáveis.

O tempo de verde, situado neste intervalo, será definido pelo controlador em função das solicitações de demandas recebidas dos detectores instalados no cruzamento.

* V. Apêndice 2.

O mínimo período de verde é constituído pelo tempo necessário para a passagem segura de um veículo ou para a travessia de pedestres, relativamente a cada particular cruzamento.

A partir da duração mínima do verde, como foi acima definida, serão adicionadas **extensões de verde** acionadas pela detecção de veículos nas faixas de tráfego com direito de passagem. O número de extensões de verde será limitado pelo máximo período de verde designado para o estágio em questão. Alternativamente, o número de extensões de verde pode ser limitado pela detecção de um ônibus em faixa de tráfego que é atendida por outra fase.

Se, num determinado período, todas as correntes de tráfego atingirem seu nível de saturação, as demandas serão tão freqüentes que forçarão todos os tempos de verde a serem estendidos até seus valores máximos. Em consequência, o controlador estará influenciando no tráfego como se fosse um equipamento de tempo fixo, durante todo o período em que ocorrer a saturação do cruzamento, consistindo nisso a pior condição para seu funcionamento. Esta situação do controlador atuado é, na pior das hipóteses, comparável à do desempenho dos controladores de tempo fixo atualmente em uso no Brasil, com a vantagem de recuperar a capacidade de otimização dos fluxos de tráfego, assim que uma das vias atingir uma situação normal.

Para exemplificar o funcionamento do controlador de semáforos atuado pelo tráfego, apresentamos a seguir uma seqüência de eventos em um cruzamento qualquer. Os exemplos apresentam situações típicas, sem porém esgotar as inúmeras possibilidades. Incluímos no final uma situação com prioridade para ônibus, que é uma aplicação importante do controlador atuado.

Os esquemas se explicam por si e são complementados por uma descrição sumária da situação apresentada.

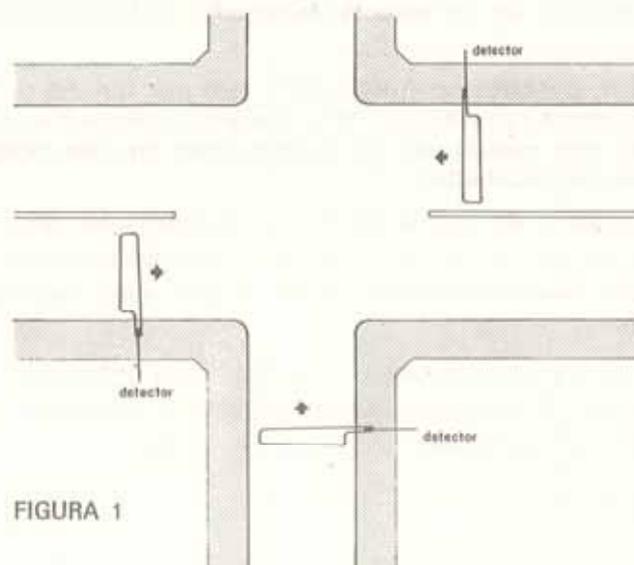


FIGURA 1

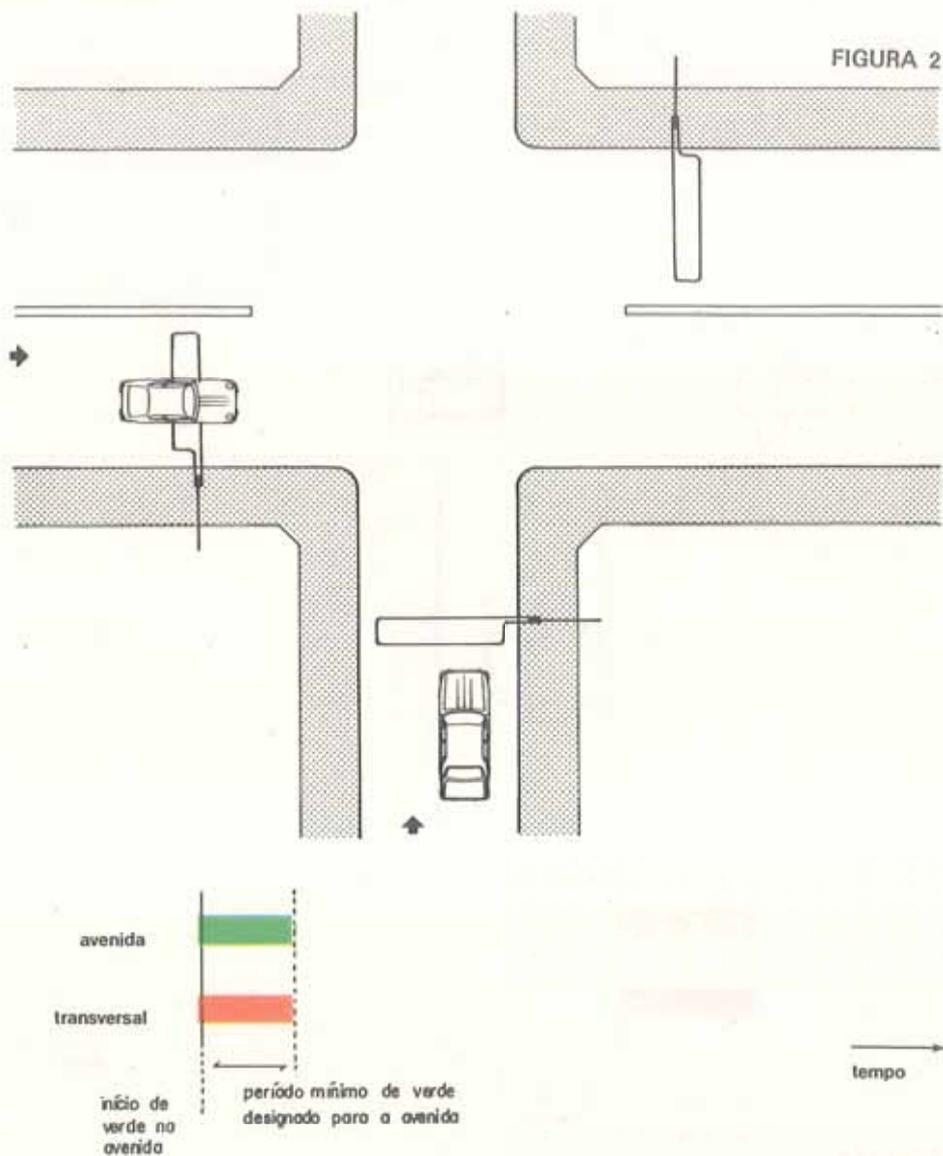


FIGURA 2

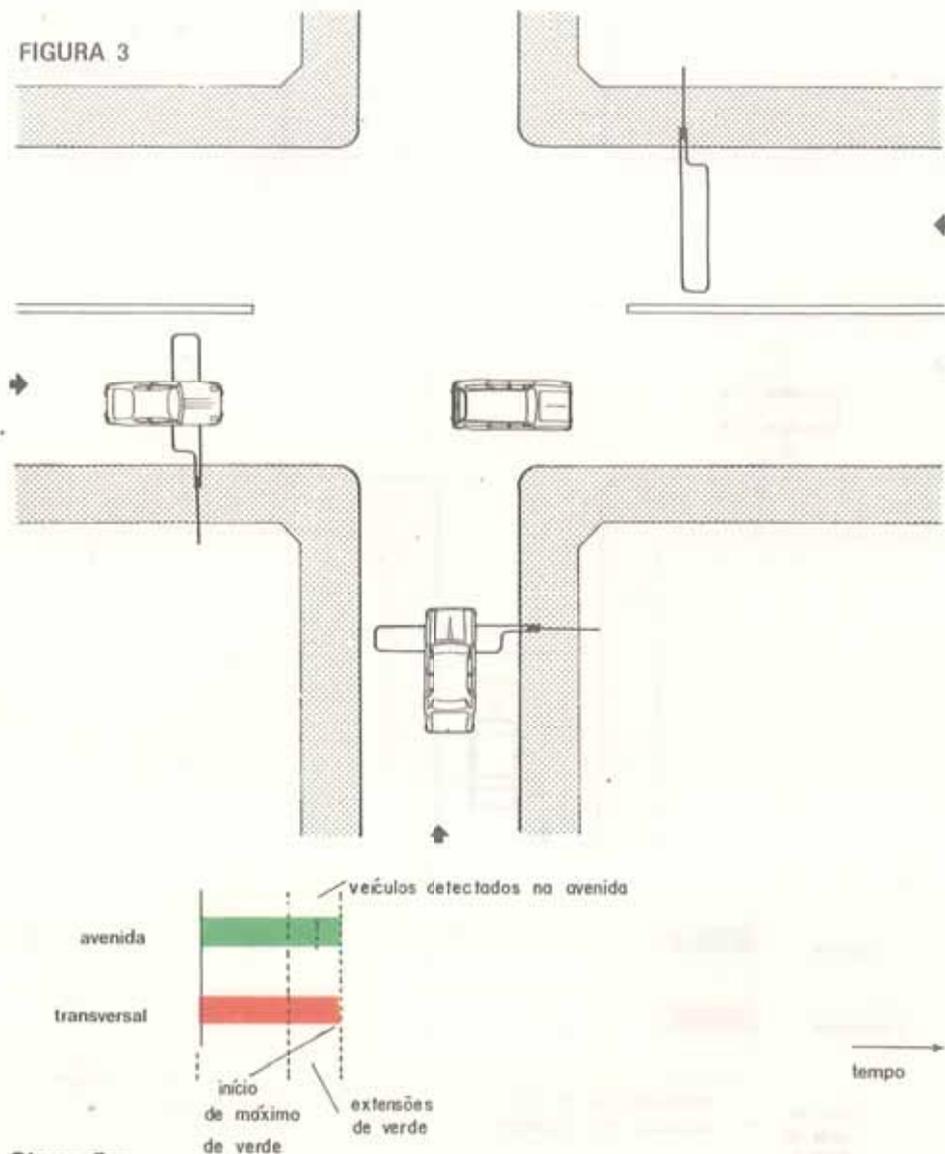
Situação:

Um automóvel na avenida passa pelo detector obtendo sinal verde. Esse verde terá uma duração nunca inferior a um certo valor mínimo, necessário para uma travessia segura. O carro que se aproxima pela rua transversal não foi pressentido e portanto não interfere no funcionamento do semáforo.

Observação Técnica:

O período mínimo de verde tem valor ajustável de 5 a 15 segundos, de modo a adequar o controlador a cada tipo de cruzamento. Cada rua do cruzamento pode ter um período diferente, dentro dessa faixa.

FIGURA 3

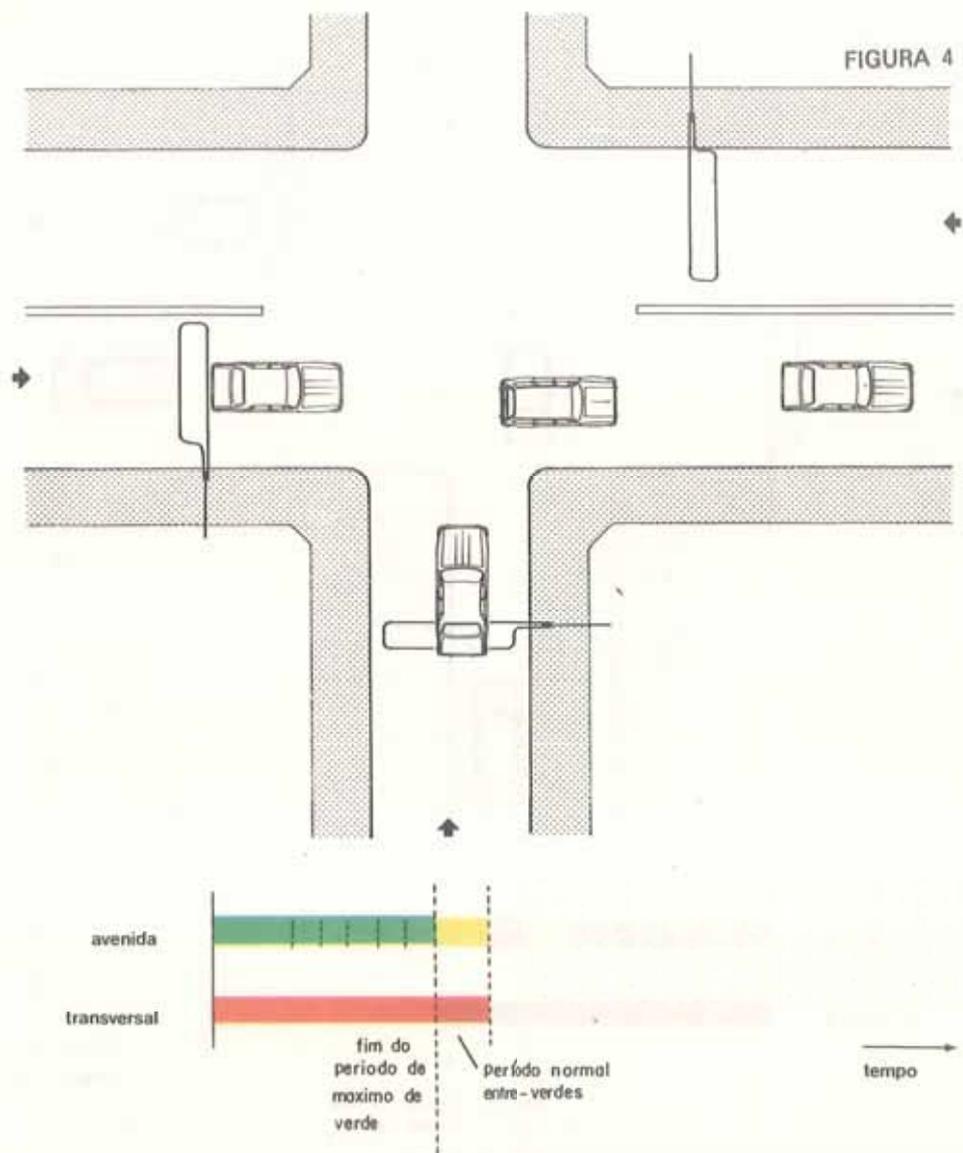


Situação:

Esgotado o tempo mínimo de verde, a avenida continua com tráfego intenso. Cada novo veículo que é detectado obtém uma extensão de verde que lhe permite continuar a travessia. Esse processo poderia continuar indefinidamente, não fosse a detecção de um carro na transversal. Este fato limita o processo de extensões na avenida, iniciando a contagem de um tempo máximo de espera (período máximo de verde), ao fim do qual, obrigatoriamente, a rua transversal obterá o direito de passagem.

Observação Técnica:

O período máximo de verde é um valor ajustável no controlador entre 5 e 400 segundos, e representa na verdade o máximo tempo de espera para um veículo na transversal. O valor da extensão de verde é ajustável entre 0,5 e 3 segundos.



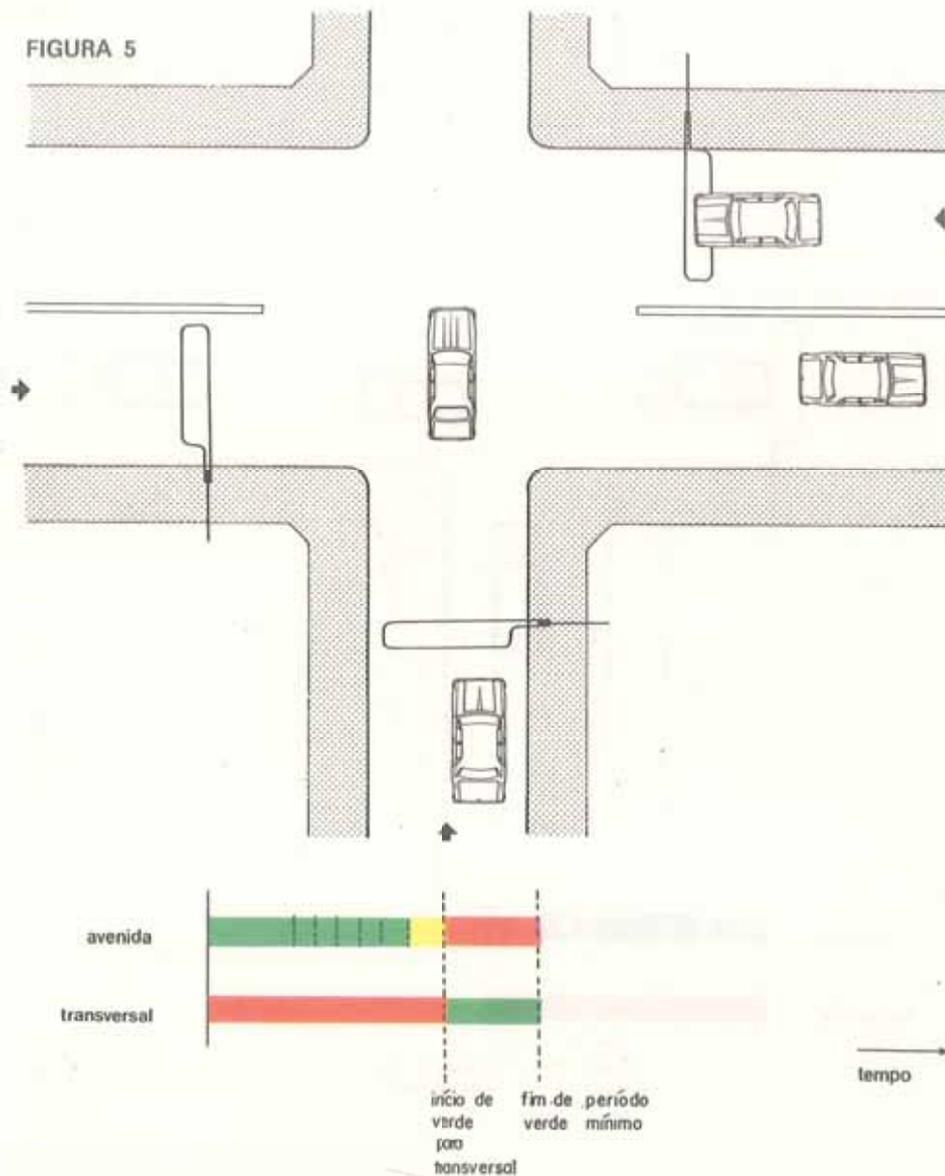
Situação:

Iniciada a contagem de período máximo de verde para a avenida, esta continua com tráfego intenso, provocando extensões durante todo o período. Findo o período máximo, a avenida obtém sinal amarelo (período entre-verdes normal). Caso não houvesse mais detecções de veículos na avenida, o amarelo surgiria antes mesmo do fim de período máximo de verde.

Observação Técnica:

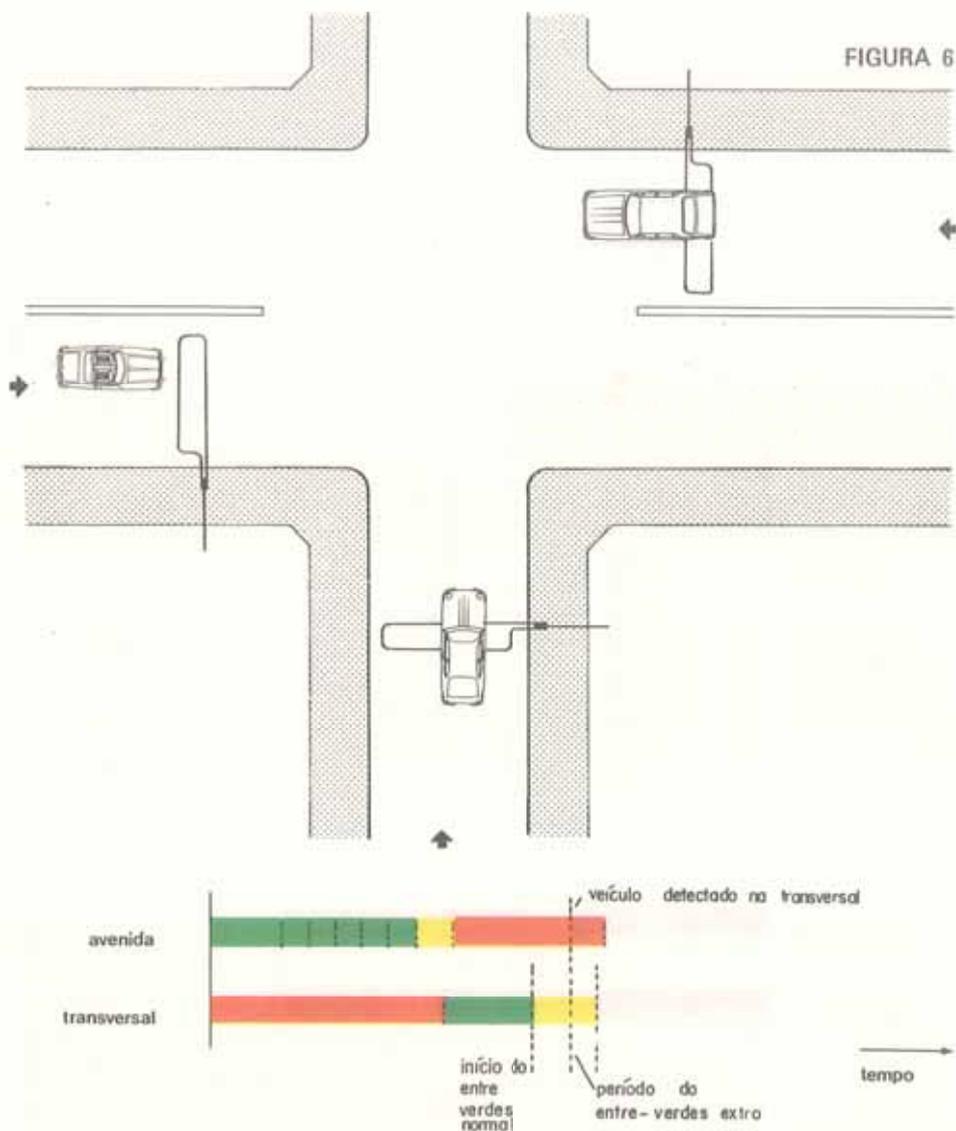
O período entre-verdes normal (amarelo normal) é ajustável entre 3 e 5 segundos.

FIGURA 5



Situação:

Durante o sinal amarelo, terminou o trânsito pela avenida. Findo o tempo de amarelo, é dado o sinal verde para a rua transversal que finalmente obtém o direito de passagem, que terá uma duração mínima prevista, como no caso da avenida. Durante o período mínimo de verde, ocorre uma demanda na avenida, e não ocorre demanda na transversal. Isto fará com que a transversal não obtenha extensões, mas perca o direito de passagem.

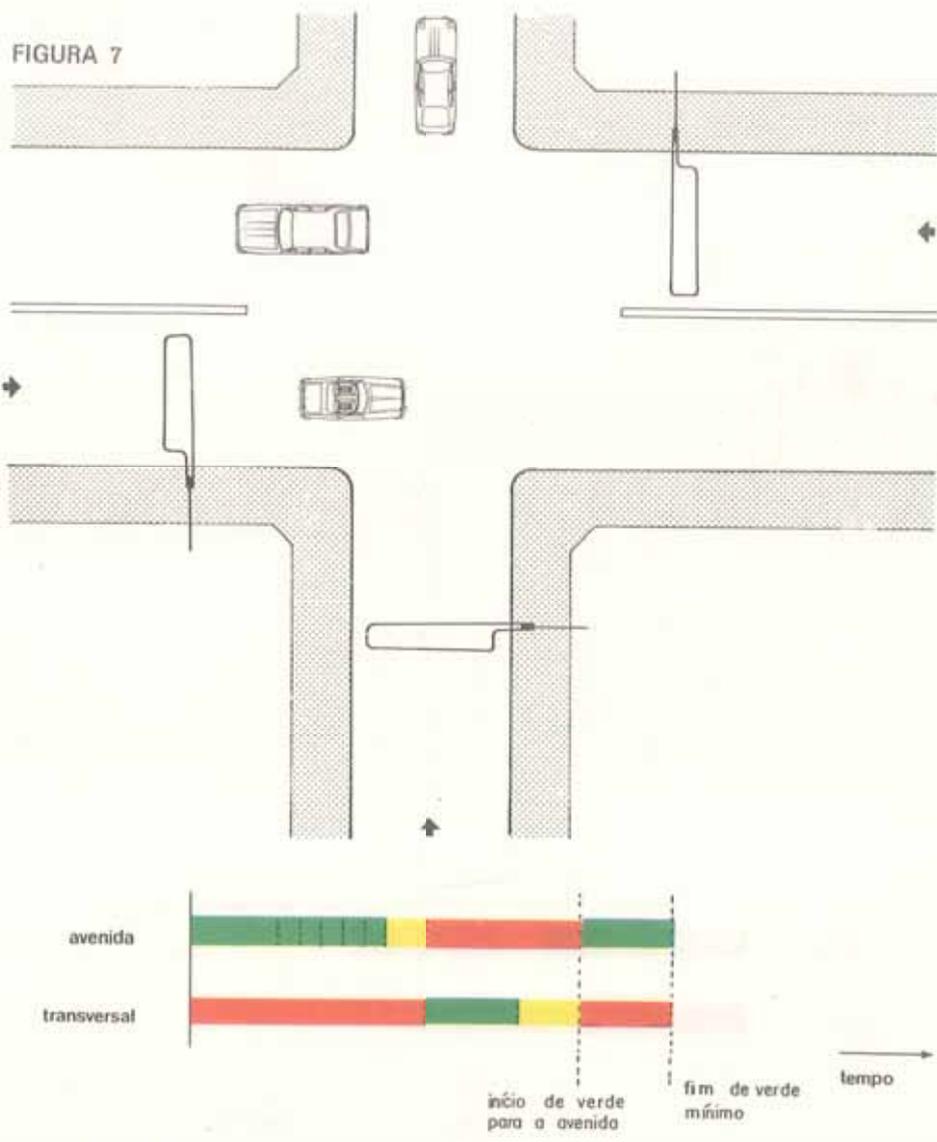


Situação:

Como a transversal deve perder o sinal verde, ele obtém o amarelo normal. Entretanto, um veículo que se aproximava do cruzamento pela transversal é detectado enquanto ocorre o amarelo normal. Para assegurar sua travessia é dada uma extensão de amarelo (período entre-verdes extra), antes de a avenida obter sinal verde.

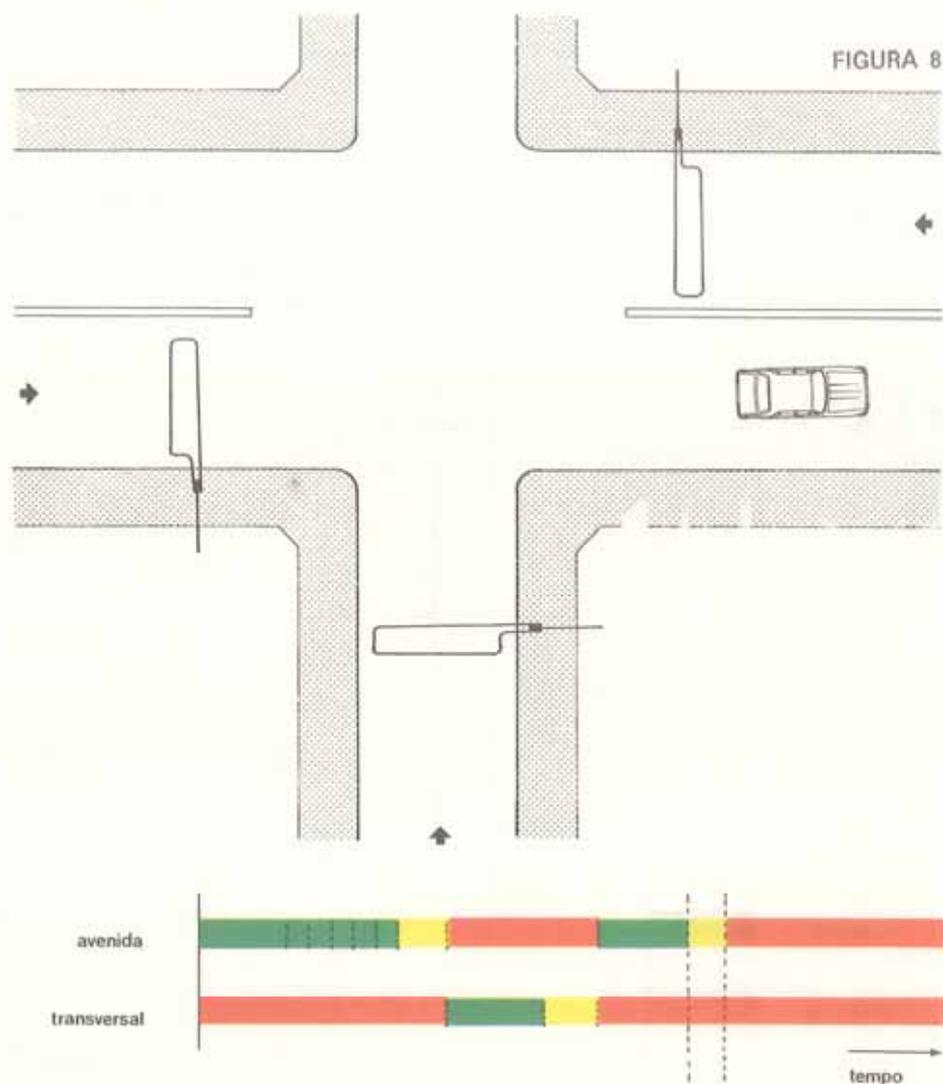
Observação Técnica:

O período entre-verdes extra (amarelo extra) é dado uma única vez, e tem valor ajustável entre 0 e 7 segundos.



Situação:

Terminado o amarelo extra da transversal, é dado o sinal verde para a avenida, numa situação idêntica à inicial.



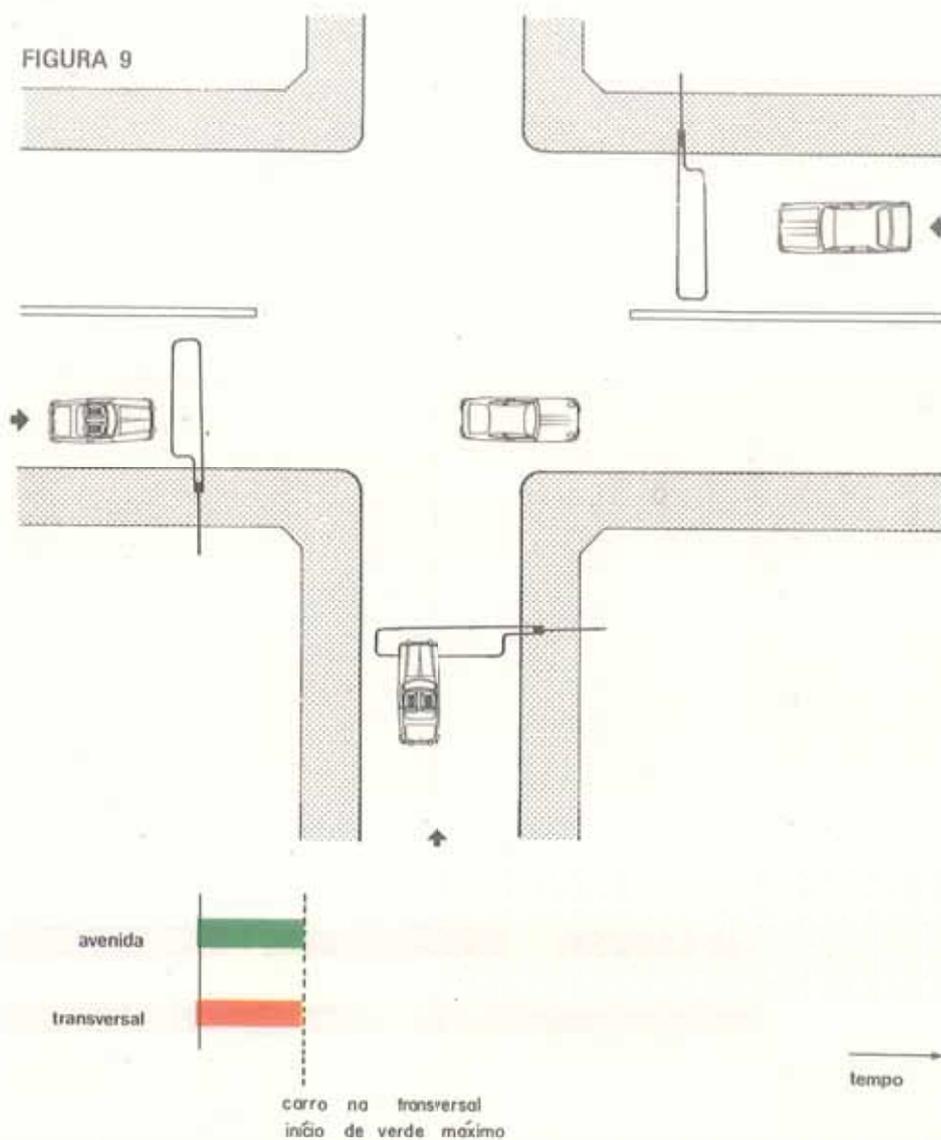
Situação:

Terminado o período mínimo de verde, não ocorrem detecções de veículos em nenhuma das ruas e o controlador passa para vermelho integral, após o amarelo normal. Desta forma, a primeira rua a apresentar demanda de tráfego obterá verde imediatamente.

Observação Técnica:

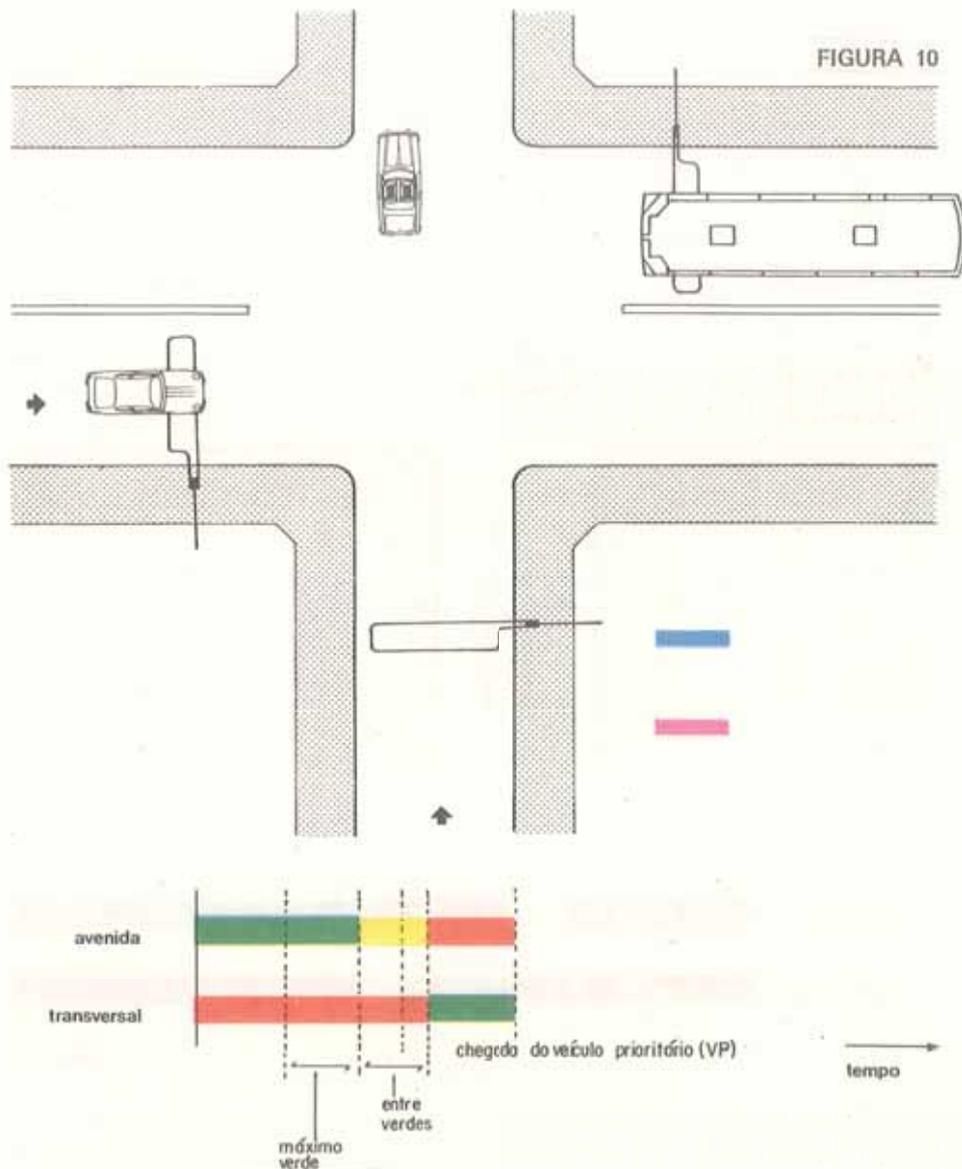
O vermelho integral é uma opção para o controlador atuado, na ausência de demandas. Outra opção é a simples mudança para o estágio seguinte (no caso presente, verde para a transversal).

FIGURA 9



Situação:

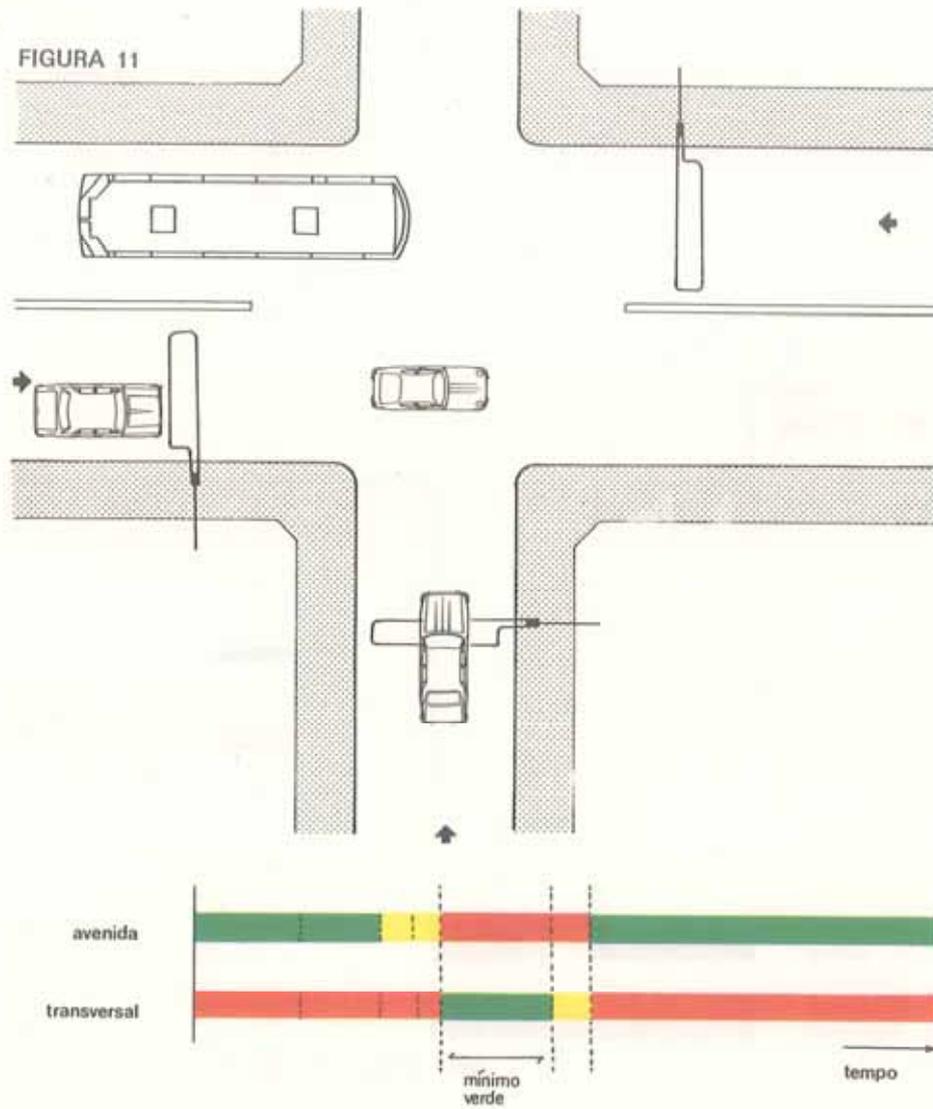
A avenida tem o sinal verde há algum tempo e é detectada a presença de um veículo na transversal. Inicia-se portanto a contagem do período máximo de verde para a avenida.



Situação:

Após o término do período máximo de verde e do amarelo, a rua transversal obtém o sinal verde. Após algum tempo, chega ao cruzamento, pela avenida, um veículo identificado pela detector como um ônibus prioritário, provocando uma demanda que deve ser atendida prontamente.

FIGURA 11



Situação:

É dado o sinal verde à avenida, atendendo ao ônibus prioritário, respeitando apenas o período mínimo de verde e o amarelo da transversal, mesmo havendo detecção de veículo na transversal.

3

aplicações e vantagens

3.1. PRIORIDADE PARA ÔNIBUS

Esta aplicação se baseia na detecção dos ônibus alguns segundos antes de chegarem à linha de parada do cruzamento. Se a detecção ocorrer durante o tempo de verde da fase do coletivo, será assegurada uma extensão de verde com duração suficiente para que o coletivo ultrapasse o cruzamento. Se a detecção ocorrer durante o amarelo ou o vermelho da fase do coletivo, será registrada no controlador uma solicitação para retornar ao verde, respeitadas as condições de segurança impostas pelo tempo mínimo de verde e entre-verdes da outra fase.

A maneira simples de distinguir a detecção de ônibus da detecção dos demais veículos é ajustar a sensibilidade do detector para reconhecer somente grandes massas metálicas. Esta solução incluiria também a detecção de caminhões, fato que, se causar transtornos, poderia ser contornado com a designação de faixa exclusiva para ônibus.

O uso de controladores atuados ao longo de faixas exclusivas contribui para a redução do tempo e o número de paradas em cruzamentos sinalizados. Em vias onde haja grande volume de ônibus, tal contribuição seria observada fora do horário de pico, já que neste período o controlador funcionaria, praticamente, sob o regime de tempo fixo.

3.2. PRIORIDADE DE PASSAGEM A VEÍCULOS ESPECIAIS

O controlador atuado pode dar prioridade de passagem a veículos especialmente designados, tais como ambulâncias, carros policiais, carros de bombeiros etc., permitindo sua passagem imediata e segura nos cruzamentos.

O reconhecimento desses veículos é feito pela recepção de um sinal emitido por um transmissor* instalado no veículo, que provoca mudança imediata no semáforo, respeitadas as condições mínimas de segurança para a rua que perde o direito de passagem, tais como o mínimo tempo de verde e tempo de amarelo.

Outra possibilidade, para o emprego de prioridade, é a associação com a saída de veículos em hospitais, corpo de bombeiros, quartéis etc. Ao ser acionado o botão para o pedido de passagem dos veículos, nas saídas desses estabelecimentos, também seria transmitido aos controladores dos cruzamentos adjacentes um pedido de passagem prioritário.

3.3. CONVERSÕES SINALIZADAS COM SETAS

Em cruzamentos com conversões conflitantes com outras correntes de tráfego aplica-se, comumente, a sinalização com setas. Ocorre que o cruzamento pode ser melhor atendido se a conversão for permitida, apenas, se houver veículos que tencionem fazê-la, isto é, permitir a conversão sob demanda, interrompendo outras correntes de tráfego do cruzamento só quando surgir uma necessidade real. Se a taxa de conversões for relativamente baixa, o controlador permitirá conversões seguras com mínima interferência nas demais correntes de tráfego.

Para controlar o cruzamento, deve-se estabelecer uma faixa exclusiva para conversão nas proximidades do semáforo, na qual será instalado um detector que gerará as demandas de conversão ao controlador.

Esta propriedade pode ser utilizada para implementar fases especiais para ônibus e não permitidas para outros veículos, contribuindo para reduzir seu tempo de percurso.

3.4. CRUZAMENTO SINALIZADO COM SEMÁFORO NUMA ÁREA ONDE NÃO HÁ OUTROS SEMÁFOROS PRÓXIMOS (CRUZAMENTO ISOLADO)

O cruzamento isolado caracteriza-se por sua completa desvinculação com outros semáforos, distantes demais para que possam influir neste cruzamento de maneira previsível.

* Transmissor ainda não concluído no projeto do controlador atuado.

Torna-se portanto inadequada a aplicação de qualquer técnica de sincronização de semáforos, uma vez que não há semáforos que possam ser coordenados a este.

O controle dos semáforos de um cruzamento isolado pode então ser exercido, considerando-se apenas o tráfego local, tornando o controlador atuado extremamente útil nessa aplicação.

Através de seus detectores, pode o controlador atuado reconhecer as diversas situações de tráfego na intersecção e sinalizar cada corrente de veículos de acordo com sua demanda, otimizando a utilização do cruzamento.

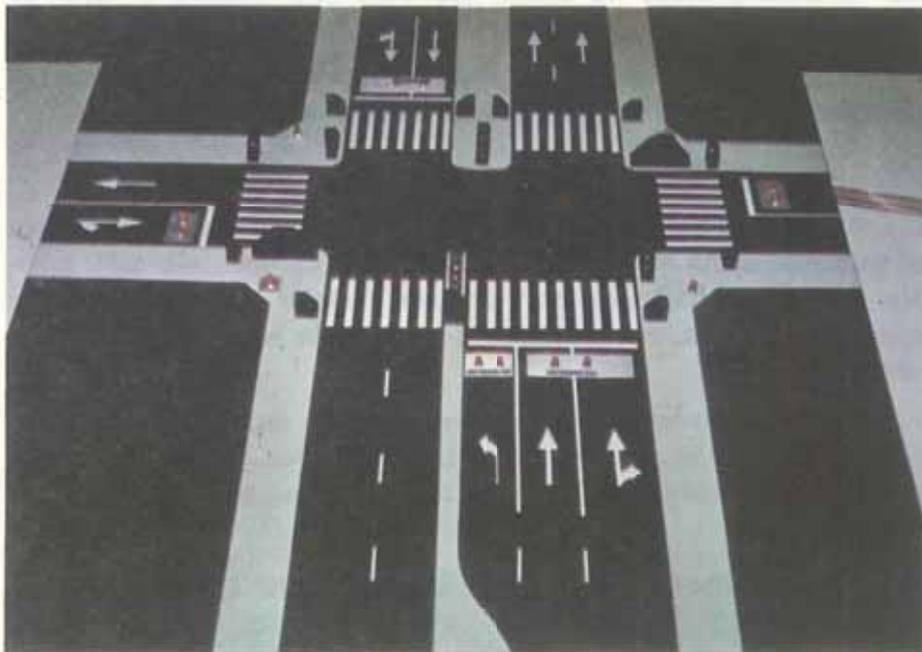


FIG. 12 CONVERSÃO SINALIZADA COM SETAS

3.5. CRUZAMENTO DE UMA AVENIDA DE TRÁFEGO INTENSO COM TRANSVERSAL DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO

Também nesta situação aplica-se o controlador atuado, com propriedade. Não havendo presença de veículos na transversal, solicitando passagem, o controlador atuado permitirá que o tráfego da avenida flua ininterruptamente. Havendo veículos na transversal ocorrerá então a mudança de sinais de semáforo, permitindo o cruzamento da avenida e, terminado esse movimento, retornará à sinalização anterior.

Dessa forma evitam-se paradas desnecessárias, ao mesmo tempo em que se garante travessia segura no cruzamento, uma vez que todos

os veículos da transversal terão assegurado o tempo de verde necessário para seu movimento.

3.6. TRAVESSIA DE PEDESTRES

Nos locais onde há necessidade de semáforos, sinalizando a travessia de pedestres, como diante de escolas, hospitais, teatros, cinemas, quartéis etc., observa-se que nem sempre se justifica a interrupção do tráfego, devido à total ausência de pedestres.

O controlador atuado pode prover o cruzamento de um botão que, ao ser pressionado por um pedestre, solicitará ao controlador a sinalização adequada à travessia.

Não havendo pressão no botão, não será interrompido o fluxo de veículos.

A ação do pedestre sobre o controlador torna-o adaptável às diversas variações do volume de transeuntes durante o dia.

3.7. PORTÕES DE ENTRADA E SAÍDA DE VEÍCULOS

Nos locais onde seja necessário facilitar a entrada e saída ocasional de veículos, como em portões de hospitais, escolas, fábricas, quartéis, corpo de bombeiros etc., pode-se instalar um semáforo com controlador atuado, sob comando de um botão na portaria do estabelecimento.

O acionamento do botão faz com que o tráfego de rua seja interrompido, possibilitando a entrada e saída de veículos de maneira rápida e segura e, apenas nas ocasiões necessárias, sob controle do porteiro do local.

3.8. FLEXIBILIDADE DE OPERAÇÃO DURANTE O PERÍODO NOTURNO

O controlador atuado permite, em horas de operação noturna, que o atendimento às solicitações de passagem seja mais rápido devido ao baixo volume de tráfego no local.

Um fato que hoje, freqüentemente, ocorre num cruzamento sinalizado é a parada e espera de abertura do sinal verde, apesar da não existência de veículos na transversal. Com o controlador atuado esta espera é sensivelmente reduzida, pois quando o veículo for reconhecido pelos detectores, o pedido de passagem será rapidamente atendido, eliminando-se assim paradas desnecessárias no cruzamento.

Evita-se, dessa maneira, que motoristas ultrapassem o sinal vermelho, por impaciência ou até mesmo por medo de assaltos.

Em conseqüência, um aspecto interessante a observar-se é o do motorista não ser induzido a cometer uma infração de trânsito.

3.9. ESTÁGIOS FIXOS

O controlador atuado permite que qualquer estágio de sinalização seja fixo, ou seja, funcione como não atuado, embora ocorra sob demanda. Essa faculdade pode ser utilizada quando se desejar limitar o volume de tráfego procedente de uma rua, de modo a não exceder à capacidade das ruas que recebem esse volume. Independente disso, os demais estágios poderão continuar variáveis.

4

tecnologia atual

Existem dois campos dentro da área de controle de semáforos que normalmente evoluem em separado: o controlador propriamente dito e os detectores de veículos.

Assim sendo, podemos encontrar, hoje em dia, no mercado, detectores e controladores diversos, que podem ser combinados de modo a se obter um desempenho específico.

Entretanto, dentre a variedade de inovações e não obstante o fato de problemas específicos necessitarem de solução específica, sobressaem o detector de veículos de laço indutivo e a aplicação de microprocessadores nos equipamentos de controle.

4.1. DETECTORES DE VEÍCULOS

Há muito tempo estão sendo abandonados os equipamentos mecânicos ou eletromecânicos, devido ao inevitável desgaste de suas peças, o que provoca falhas freqüentes, imprecisões de medidas e manutenção dispendiosa. Por isso não mencionaremos os detectores hidráulicos, pneumáticos ou mecânicos, em nossas considerações.

O detector de laçada indutiva supera não só os antigos equipamentos eletromecânicos, como também o detector a fotocélula, a radar e a ultra-som.

O detector a fotocélula consiste em uma fonte de luz dirigida a um receptor sensível à luz, e a detecção ocorre quando o feixe de luz

é interrompido por um veículo. Entretanto, qualquer objeto que se interponha entre o emissor e o receptor de luz será interpretado como demanda de veículo. Por tal sensibilidade às interferências ambientais, o detector a fotocélula tem aplicação restrita.

O detector a radar consiste em um equipamento que emite ondas eletromagnéticas de alta frequência, que serão refletidas pelos veículos na área de detecção e recebidas novamente. A variação na frequência da onda (efeito Doppler) permite o cálculo da velocidade do veículo com precisão; entretanto, uma versão simplificada do sistema pode apenas indicar a passagem do veículo, que é o que se necessita para o controlador atuado. O custo de um sistema de radar é elevado e a área de detecção é algo difícil de delinear-se, além de ser sujeito o radar a interferências espúrias.

O detector a ultra-som baseia-se no mesmo princípio do efeito Doppler e tem, praticamente, os mesmos inconvenientes do radar.

O detector de laçada indutiva é composto por duas partes: uma laçada de fio condutor e um circuito de detecção. A laçada envolve uma certa área da faixa de tráfego, delimitando com segurança a área de detecção; ela permanece embutida na pavimentação, não ficando sujeita a depredações e não interferindo na paisagem urbana. O circuito de detecção é ligado à laçada e pode ser alojado no controlador mais próximo ou outro equipamento de sinalização de trânsito. O circuito envia à laçada uma tensão senoidal; ao passar uma massa metálica sobre a laçada, sua impedância será alterada, produzindo uma defasagem no sinal senoidal que indicará a passagem de veículo. Este tipo de detector é o mais difundido atualmente. A forma da laçada e a disposição de diversas laçadas sobre a pista permitem a composição de inúmeras funções, como detecção de presença, passagem, velocidade. Além disso, é possível alterar o circuito de detecção e distinguir a passagem de automóveis e ônibus por diferença de massa metálica, o que é extremamente útil quando se deseja estabelecer prioridade de passagem a coletivos.

A escolha meticulosa da forma da laçada, do seu tamanho e sua posição pode permitir aos detectores serem usados para até mesmo registrar motocicletas ou bicicletas.

A interferência externa nos detectores de laçada é praticamente nula, uma vez que seria necessário que um objeto metálico com as proporções de um veículo passasse por sobre a área de detecção para produzir uma demanda espúria.

4.2. CONTROLADORES

Os controladores de tráfego sofreram o impacto da revolução causada nos equipamentos eletrônicos pelos microprocessadores. Estes



FIG. 13 DETECTOR DE LAÇO INDUTIVO INSTALADO NA VIA

componentes, de custo relativamente baixo, permitem incorporar estratégias sofisticadas e flexibilidade de operação nos controladores. O microprocessador facilita a coleta de dados dos detectores;

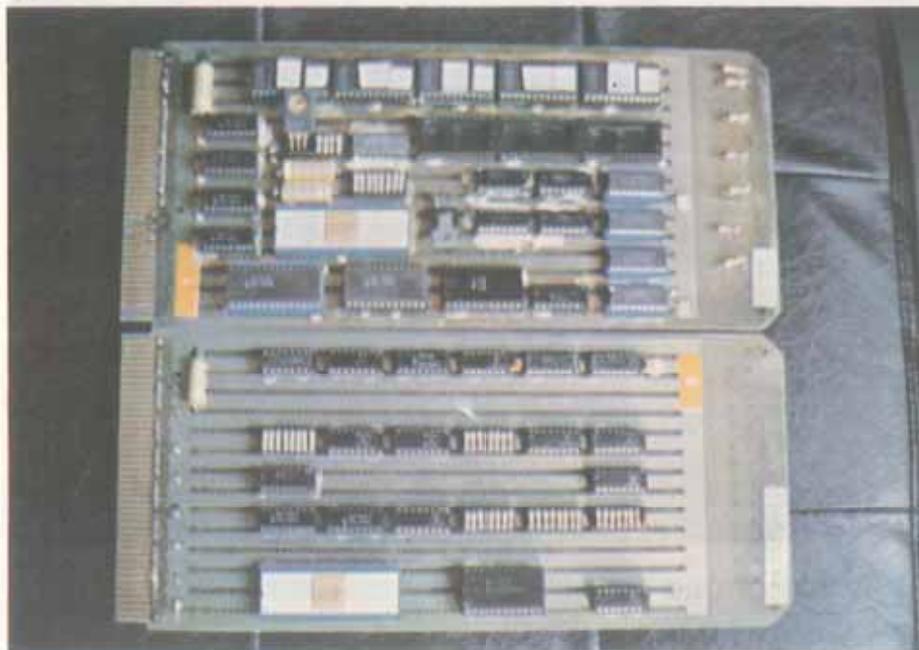


FIG. 14 DETALHE DO CIRCUITO ELETRÔNICO COM O MICROPROCESSADOR

provê operações aritméticas para processamento de informações; permite a supervisão de falhas do sistema, reconfigurando-o conforme elas ocorram.

Atualmente, os controladores apresentam características de modularidade, falha segura (**fail-safe**), flexibilidade estratégica e adaptabilidade a qualquer cruzamento, que podem ser atingidas pelo uso adequado do microprocessador.

Dessa forma, o painel de um controlador moderno deve permitir a alteração de qualquer parâmetro dentro de uma faixa prevista, acertar relógios internos com precisão, permitir mudança de modos de operação, acrescentar ou eliminar estágios, conectar e desconectar detectores, tudo de maneira simples e segura. Devem existir modos de operação (fixo, variável, manual etc.), para que o microprocessador escolha um deles conforme os detectores estejam ou não funcionando etc. Também a estratégia de controle escolhida para uma particular intersecção deve poder ser alterada sem que isso implique em modificações de **hardware**.

Essas características são, hoje em dia, encontráveis em alguns controladores atuados existentes no mercado mundial.

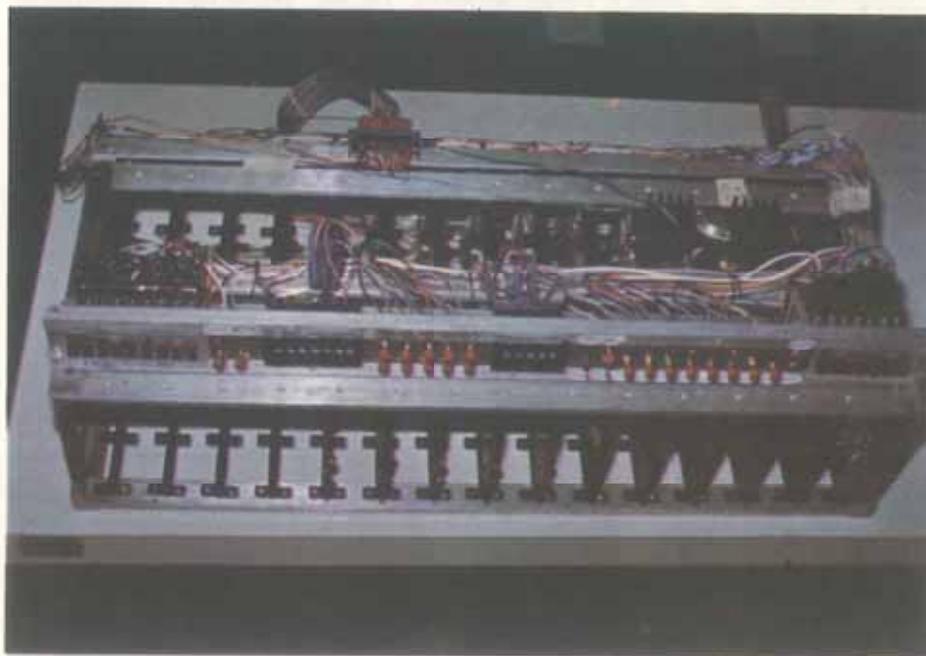


FIG. 15 PROTÓTIPO DO CONTROLADOR ATUADO PELO TRÁFEGO

5

parâmetro e situação do projeto

Não existe no Brasil tradição em desenvolvimento de equipamentos de controle de tráfego, muito menos eletrônicos. Da mesma forma, a aplicação de microprocessadores apenas começa no país, com tentativas isoladas de diversos setores acadêmicos ou industriais. Pode-se dizer, portanto, que uma iniciativa de projeto, no campo dos controladores atuados, será pioneira sob todos os aspectos.

Outro fato a ser destacado é a ausência quase total de normas aplicáveis a equipamentos de controle de tráfego no país. Existem, atualmente, especificações técnicas do sistema de controle de tráfego em área de São Paulo (projeto SEMCO) e de controladores de semáforos atuados pelo tráfego, ambas produzidas pela GET, após pesquisas em normas, descrições de equipamentos estrangeiros e necessidades locais.

O controlador atuado desta especificação é definido como uma máquina de uso geral, com diversos modos de operar, não só permitindo seu funcionamento atuado pelo tráfego, como também seu uso em sistemas coordenados por planos de tempo fixo, que são automaticamente selecionados a qualquer horário do dia. A operação manual também é permitida.

A especificação trata, dentre outros aspectos, da qualidade tecnológica do equipamento, dos modos de operação, das seqüências de

cores e estágios, dos tempos de cada sinal, do empacotamento mecânico, da instalação e dos detectores de veículos e pedestres. Atualmente está em desenvolvimento um protótipo do controlador atuado, seguindo as especificações da CET. O objetivo desse trabalho é a posterior industrialização e implantação dos controladores. Tanto o **hardware** como o **software** do sistema estão em fase final de testes, prevendo-se para breve a integração das partes e o início dos testes finais do protótipo.

Paralelamente, estão sendo elaborados manuais de operação, instalação e manutenção, bem como toda a documentação técnica pertinente.

Além de obedecer às especificações técnicas, o protótipo visa proporcionar um painel de operação funcional e permitir a sinalização de conversões com setas, também sob atuação do tráfego.

O equipamento foi concebido de modo a ser origem de uma extensa família de controladores. Assim é que o mesmo **hardware** (estrutura e componentes eletrônicos) poderá implementar diferentes estratégias de controle, bastando mudar os programas memorizados internamente (**software**).

Também há previsão de uma interface para rede de transmissão de dados, que permitirá a construção de um controlador que se integre a sistemas centralizados, sob controle de computadores.

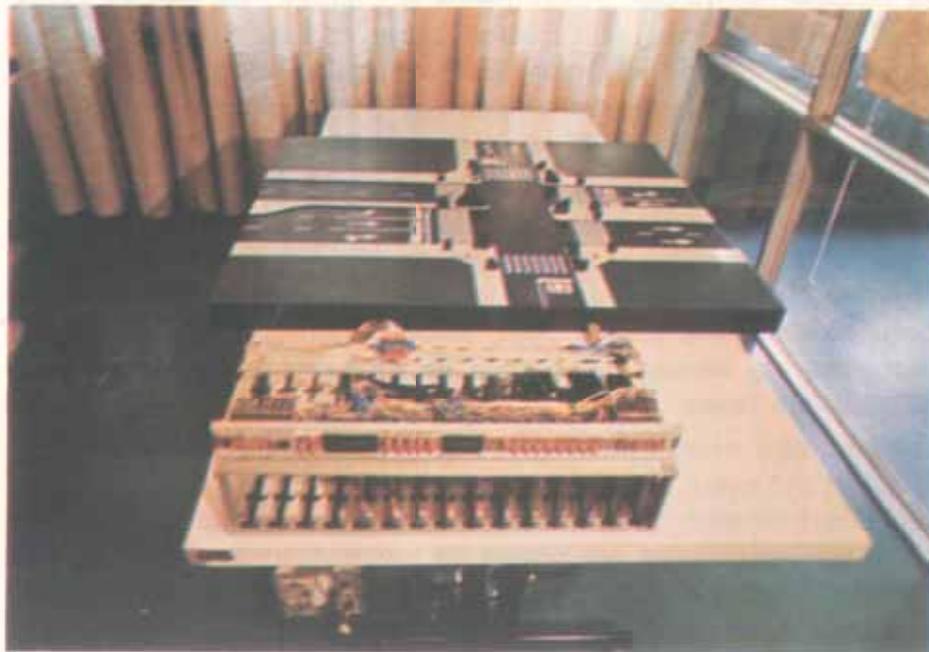


FIG. 16 APLICAÇÃO SIMULADA DO CONTROLADOR ATUADO

6

**descrição funcional do controlador
atuado**

O projeto do controlador atuado foi concebido segundo critérios que abrangessem aspectos técnicos de controle dos semáforos; aspectos de segurança do sistema; flexibilidade de utilização e manutenção apropriada do controlador.

O controlador tem capacidade para controlar um cruzamento com até 8 fases, podendo operar em 5 modos, distintos, mutuamente exclusivos, com prioridades decrescentes, na seguinte ordem:

6.1. MODO INTERMITENTE

Na eventualidade da ocorrência de falha interna no controlador atuado, todos os semáforos a ele conectados serão acionados em amarelo intermitente, que funcionará como um alerta para os veículos em tráfego no local.

Esta opção é importante, pois caracteriza uma diferença entre os semáforos que foram realmente desligados (desnecessários no cruzamento), e aqueles que apresentam defeitos, evitando que sejam interpretados como ausência de semáforo.

Com a implementação do alerta amarelo intermitente para todas as correntes de tráfego, os motoristas passarão com mais cuidado no cruzamento, aumentando com isso sua segurança.

Após a localização e correção do defeito, o amarelo intermitente é desligado, voltando o controlador às condições normais de funcionamento.

6.2. MODO MANUAL

Esta opção do controlador permite que a mudança de estágios possa ser realizada por comando manual, através de um botão de pressão. Nesse modo de operação, a seqüência de mudanças de estágios é fixada em uma ordem cíclica, com os parâmetros de tráfego (verde máximo, entre-verdes etc.), determinados pelo operador.

6.3. MODO LOCAL FIXO

Este modo de operação é a opção através da qual o controlador atuado irá influenciar no tráfego como os controladores eletromecânicos de semáforos existentes atualmente, com tempos e mudança de estágios fixos em uma seqüência cíclica, de acordo com planos de tráfego preestabelecidos para o local, a hora e o dia da semana.

6.4. MODO LOCAL VARIÁVEL

Este modo é o que caracteriza o controlador atuado, uma vez que a seqüência de mudanças de estágios não é feita em ordem cíclica, mas de acordo com as demandas das correntes de tráfego.

Os pedidos de passagem são armazenados em filas de demandas e o atendimento é feito de acordo com a ordem de chegada dos pedidos.

Além das demandas normais, existe uma fila para as demandas prioritárias, que serão atendidas primeiramente pelo controlador.

O reconhecimento de uma solicitação de demanda é processado pelo controlador, através de informações provenientes de detectores que preenchem a fila de demandas, normais ou prioritárias, conforme a categoria do veículo.

Se no cruzamento sinalizado não houver solicitação de demanda em nenhuma corrente de tráfego, o controlador apresentará vermelho integral, dando porém direito de passagem imediata ao primeiro solicitante.

Se houver falha em algum detector, o sistema passa automaticamente ao modo de controle local fixo.

6.5. MODO CENTRAL

As aplicações mais adequadas do controlador são em cruzamentos com semáforos isolados que permitam otimização do tráfego local. Porém, nada impede que o controlador atuado possa se incorporar

a uma estratégia de controle por área, uma vez que tem interface para conexão com um computador central.

Desta maneira, o controlador atuado poderá fazer parte de um sistema de controle que fixa os tempos de sinal verde, conforme planos de controle de tráfego previamente determinados, tornando-se um equipamento suficientemente flexível às possíveis alterações que venham a ser implementadas nos cruzamentos.

Esta flexibilidade de utilização é significativamente importante numa cidade como São Paulo, que cresce ano a ano, com aumento considerável de veículos nas ruas. Se, atualmente, o semáforo é isolado, em futuro próximo, devido às características da cidade, poderá adequar-se a conjuntos de semáforos com outros esquemas de controle de tráfego, sem a necessidade da troca do controlador.

Um aspecto adicional que a flexibilidade do controlador atuado permite é a rapidez com que se podem implementar alterações no controle de cruzamentos, diminuindo possíveis prejuízos no tráfego local.

Além das facilidades acima descritas, o controlador atuado possui um painel de controle por onde são introduzidos os parâmetros para controle de tráfego local (planos de tráfego); determinação do modo de operação e o número de fases para o cruzamento, com mostradores digitais, equipamentos de verificação para o operador de tráfego e equipe de manutenção.

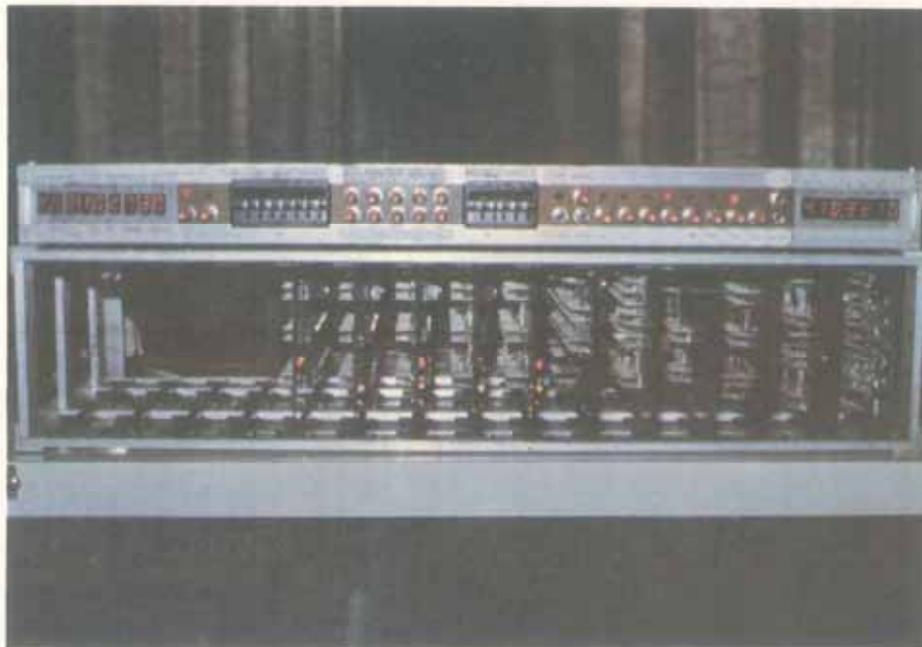


FIG. 17 PAINEL FRONTAL DO PROTÓTIPO

7

**outras aplicações do detector
de veículos**

Além de seu emprego na operação de semáforos sob demanda de tráfego, o detector é utilizado em sistemas de controle de tráfego em área para produzir informações necessárias à elaboração de estatísticas de tráfego do sistema viário das cidades. Essas estatísticas constituem a base para a geração de novos planos de controle de tráfego para serem utilizadas por aquele sistema. Desse modo, ou seja, atualizando-se constantemente os planos de controle através de informações coletadas pelos detectores, assegura-se o controle ótimo do tráfego na rede viária.

As medições que caracterizam o comportamento do tráfego, relativamente a um dado local e a um determinado intervalo de tempo, são as seguintes:

- volume (veículos/hora);
- velocidade (km/h);
- congestionamento;
- taxa de ocupação da via;
- existência de fila de veículos; e
- tipo de veículos.

Estes dados podem ser obtidos diretamente dos detectores, ou por meio da combinação destes com equipamentos específicos para cada medida.

O detector de veículos pode também ser utilizado em rodovias para, por exemplo, a contagem de veículos ou para a determinação da velocidade média do tráfego. A contagem é obtida através da conexão do detector a um dispositivo contador e, a velocidade, através do reconhecimento do veículo por dois detectores instalados convenientemente na estrada.

Há outras situações em que o detector de veículo pode ser utilizado, como na supervisão de túneis, pátios de estacionamento ou nas travessias em nível de ferrovias, permitindo tráfego de veículos mais seguro nesses locais.

8

beneficios obtidos

A utilização de controladores atuados pelo tráfego não constitui uma novidade; muito pelo contrário, eles são amplamente empregados em várias cidades européias e americanas, apresentando resultados animadores, pois mostraram significativas reduções de atrasos, melhorando conseqüentemente o fluxo de veículos.

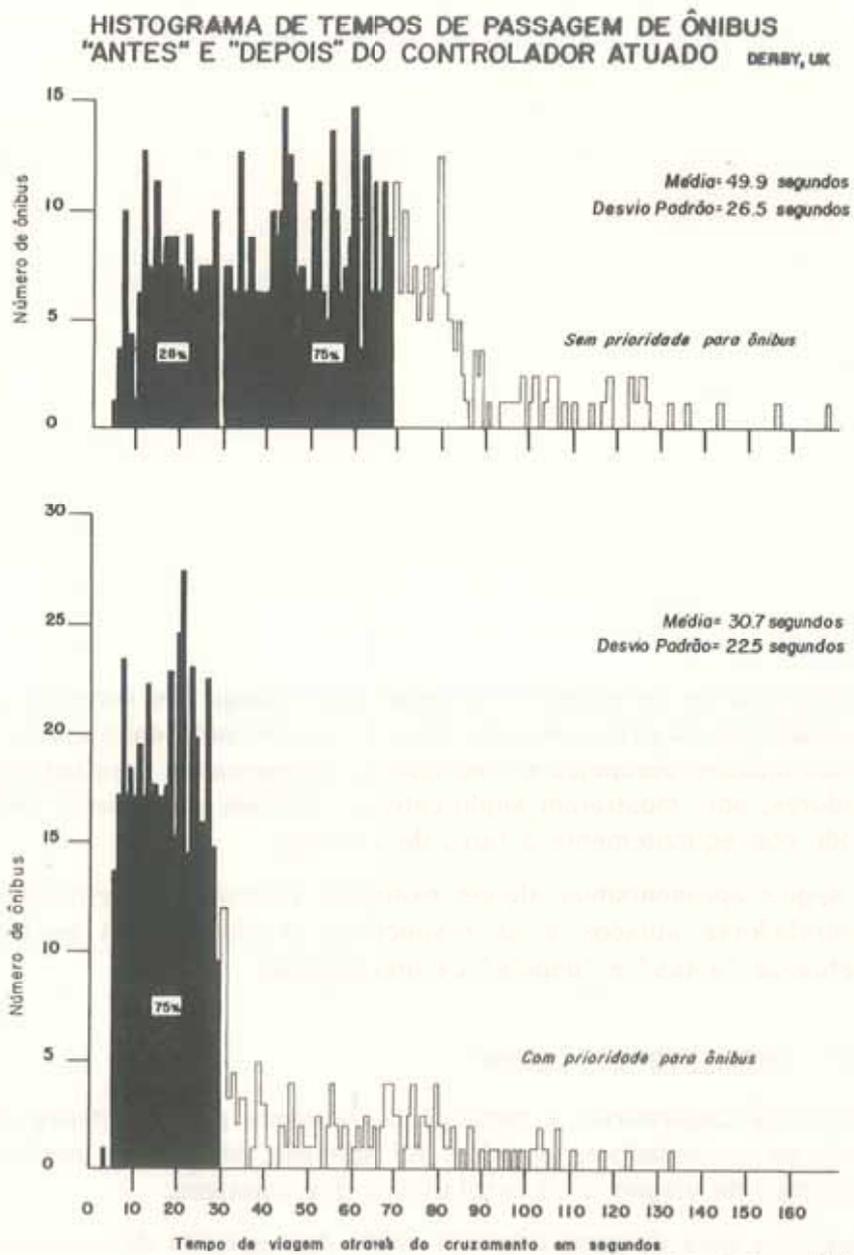
A seguir apresentamos alguns exemplos práticos de aplicação de controladores atuados e os respectivos resultados das medições efetuadas "antes" e "depois" da implantação.

8.1. MEDIÇÕES DE DERBY

Em Derby (Inglaterra), a técnica de prioridade para coletivos, utilizando-se controladores atuados, foi aplicada, obtendo-se melhorias no tempo de viagem e na regularidade dos coletivos.

Durante a hora de pico, o tempo médio de travessia do cruzamento pelos coletivos foi reduzido em cerca de 20 segundos, uma redução relativa de 40%, sem que tenha sido observado nenhum aumento significativo no tempo de espera de veículos não prioritários.

A melhora na variação do tempo de viagem dos coletivos em Derby pode ser visualizada na Figura 18.



FORTE: Ref. Bibliográfica 1 8.7.

FIGURA 18

8.2. MEDIÇÕES DE PARIS

Com o objetivo de determinar o interesse econômico do comando pelo tráfego, a SETRA (SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES), realizou medições em dois cruzamentos da região parisiense, nas quais foram instalados controladores a tempo fixo e atuados pelo tráfego.

8.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS CRUZAMENTOS

a) Características de tráfego

Os dois cruzamentos escolhidos constituem-se de 4 ramos, ambos sujeitos a um fluxo médio diário da ordem de 15.000 veículos.

b) Parâmetros da sinalização

- Número de fases: 2

- Cruzamento n.º 1

Ciclo fixo: 65s
Verde mínimo: 12s
Verde máximo: 48s

- Cruzamento n.º 2

Ciclo fixo: 53s
Verde mínimo: 15s
Verde máximo: 40s

8.2.2. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES

A Figura 19 mostra a correlação observada entre o fluxo horário nos cruzamentos e a duração dos ciclos. As curvas do ciclo ótimo (calculadas) estão também apresentadas para que se possa avaliar a adaptabilidade do ciclo variável. Esta figura demonstra, de modo inquestionável, a importância do comando pelo tráfego no que concerne à adaptabilidade da duração do ciclo à demanda real.

As vantagens do comando atuado, como evidenciado acima, permitem diminuir sensivelmente as duas penalidades habitualmente impostas pelos semáforos aos motoristas, a saber: os atrasos e o número de paradas em cruzamentos.

A Figura 20 representa as variações do atraso médio em função do fluxo que se apresenta no cruzamento.

Os ganhos médios de tempo obtidos pelo controlador atuado, no cruzamento relativamente ao tempo fixo, foram os seguintes:

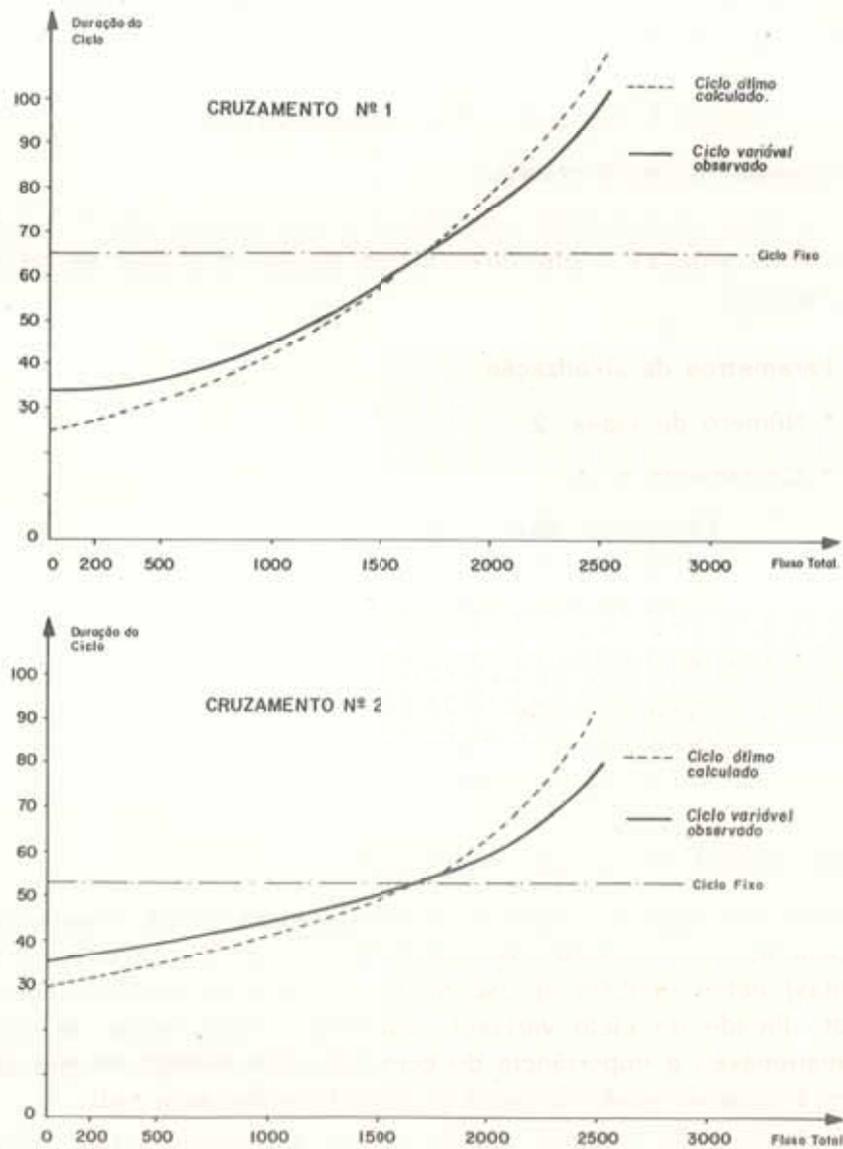
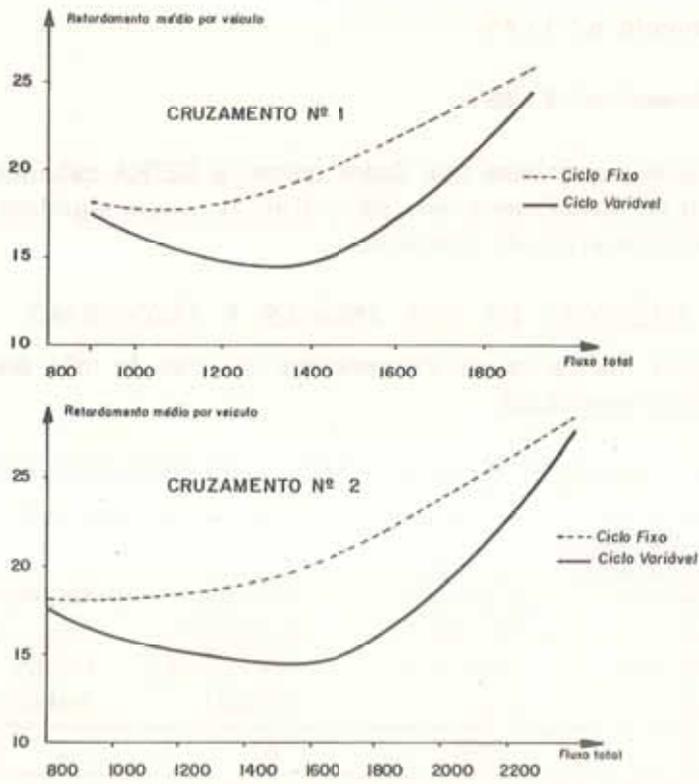


FIGURA 19

8.8.
FONTE: Ref. Bibliográfica 2



FORTE - Ref. Bibliográfica 2

FIGURA 20

8.9.

Cruzamento n.º 1 : 4,0s

Cruzamento n.º 2 : 4,6s

Igualmente, notou-se uma redução sensível do número de paradas ocasionado pelo uso do comando adaptável. As reduções observadas são as seguintes:

Cruzamento n.º 1 : 8%

Cruzamento n.º 2 : 20%

Finalmente, com base nos dados acima, a SETRA calculou a taxa de retorno do investimento em 300% (ref. 2), o que significa uma amortização num prazo de 4 meses.

8.3. MEDIÇÕES DE LOS ANGELES E ESTOCOLMO

Medições realizadas em cruzamentos de ruas de mão única com os seguintes resultados:

8.3.1. ATRASOS MÉDIOS (PARA 1.000 VEÍCULOS/HORA)

Atraso médio			
Controle Fixo (seg./veículo)	Controle Atuado (seg./veículo)	Redução do atraso médio (seg./veículo)	Varição porcentual do atraso médio com controlador atuado
14*	10*	4*	— 28%*
13**	7,5**	5,5**	— 42%**

* — LOS ANGELES, 1967.

** — ESTOCOLMO, 1972.

8.3.2. NÚMERO DE PARADAS (PARA 1.000 VEÍCULO/HORA)

ESTOCOLMO		
Número de paradas		
Controle Fixo	Controle Atuado	Varição no número de paradas com controlador atuado
55%*	46%*	— 9%*

* ESTOCOLMO, 1972.

9

demanda potencial

9.1. MERCADO INTERNO PRINCIPAL

A demanda é estimada com base nas seguintes hipóteses:

- a) O uso de controladores atuados se justifica nas cidades onde a frota de veículos de passageiros excede 10.000 unidades.

Esta hipótese é assumida porque, certamente, encontrar-se-á nestas cidades uma ou mais das situações descritas no Capítulo 3, podendo-se usufruir os benefícios prestados pelo controlador atuado.

- b) A quantidade de controladores necessários em cada cidade é dimensionada, extrapolando-se a relação aproximada, válida para a cidade de São Paulo, de 1 controlador atuado para cada 1.000 veículos. Na ausência de melhores dados, tal relação foi adotada.

Tendo em vista esta hipótese, a demanda potencial de controladores atuados no mercado interno é estimada em 3.250 unidades, como abaixo demonstrado.

Frota de veículos de passageiros	Quantidade de municípios	Frota média de veículos de passageiros	Estimativas dos controladores atuados necessários
* 10.000- 50.000	32	30.000	950
* 50.001-100.000	5	75.000	350
Acima de 100.000	1 (PA) **	150.000	150
" "	1 (RJ)	800.000	800
" "	1 (SP)	1.200.000	1.000

* FONTE: Veículos licenciados — 1972

** Porto Alegre

A indústria brasileira apresenta condições para fabricar estes equipamentos, uma vez que se estima que a produção anual mínima de 240 unidades é viável técnica e economicamente.

9.2. MERCADO EXTERNO

Um equipamento com tecnologia atual e competitivo com os demais fabricantes mundiais, predominantemente europeus, pode penetrar no mercado latino-americano, onde ainda não existe produção local.

Por não se dispor de dados pertinentes, a estimativa de demanda deste mercado não se encontra quantificada, mas os países que têm projetos de modernização de controle de tráfego são os seguintes: Argentina, Colômbia, Venezuela e México.

10

apêndice

DESCRIÇÃO SUCINTA DO CONTROLADOR ATUADO

1. Características Gerais

O controlador possui 6 estágios, podendo passar de um para outro em qualquer ordem. É possível gerar 62 fases diferentes, por simples combinação de estágios. O controlador permitirá a geração de 8 fases quaisquer dentre as 62, por uma questão de espaço no gabinete e também por ser inútil um número maior que 8.

Cada fase do controlador será totalmente implementada em um único módulo encaixável, que poderá ser adicionado ou removido livremente.

2. Arquitetura

O controlador foi dividido em vários blocos funcionais independentes, de modo a tornar adequada sua implementação através de um sistema microprocessador.

No fluxo de dados apresentado na Figura 21, destacamos as seguintes unidades do sistema:

UCP — Unidade central de processamento, responsável pela execução de todos os programas do sistema;

ROM (Read Only Memory) — Memória apenas de leitura, não volátil, onde serão gravados permanentemente todos os programas de controle do sistema.

RAM (Random Access Memory) — Memória para leitura e escrita, volátil, que será usada pelos programas para armazenamento de dados variáveis durante a operação do sistema.

CFS — Interface para o conjunto de fases de semáforos, responsável pela comunicação entre a UCP e os módulos de fase (MFS).

CDT — Interface para o conjunto de detectores, fornece à UCP as informações geradas pelos detectores de veículos e pedestres, referentes a demandas normais, prioritárias e indicações de falhas.

RTD — Rede de transmissão de dados: trata-se de uma interface opcional, prevendo a inclusão do controlador em um sistema de controle central.

RES — Relógio externo de sincronização: é uma interface para entrada externa de horário para o controlador, permitindo o acesso de um relógio de alta precisão.

TMP — Teclado e mostradores do painel: permitem a entrada de dados no sistema pelos botões do painel e a verificação dos dados através dos mostradores numéricos luminosos.

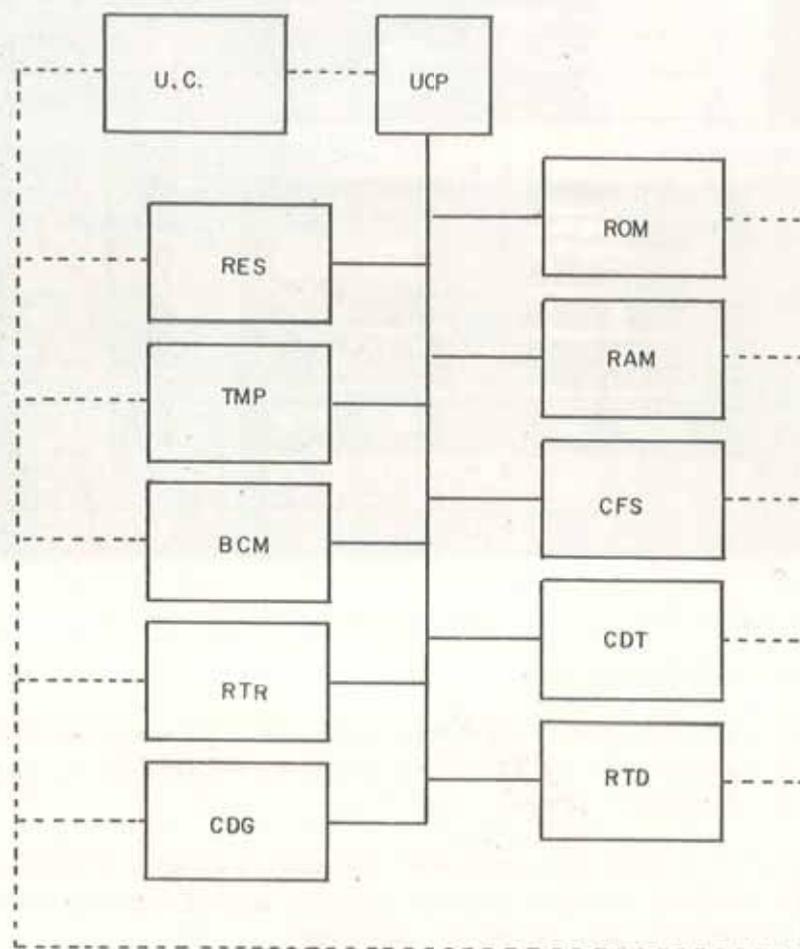
BCM — Botão de comando manual: é a interface que permite a operação manual do controlador através de um botão externo que se conecta no painel.

RTR — Relógio de tempo real: contém o horário real para referência do controlador, atualizado a cada segundo e contendo segundos, minutos, horas e dia da semana.

CDG — Cão de guarda: paralisa a UCP e coloca os nódulos de fase em amarelo intermitente caso a UCP não o ative periodicamente (a cada 600 milissegundos).

UC — Unidade de controle: cuida da operação correta das diversas unidades do sistema, fornecendo os sinais elétricos e cada uma no tempo devido.

FLUXO DE DADOS



- UCP — Unidade Central de Processamento
- ROM — Memória de leitura
- RAM — Memória de escrita e leitura
- CFS — Conjunto de fases de semáforos
- CDT — Conjunto de detectores
- RTD — Rede de transmissão de dados
- RES — Relógio externo de sincronização
- TMP — Teclado e mostradores do painel
- BCM — Botão de comando manual
- RTR — Relógio de tempo real
- CDG — Cão de guarda
- UC — Unidade de controle

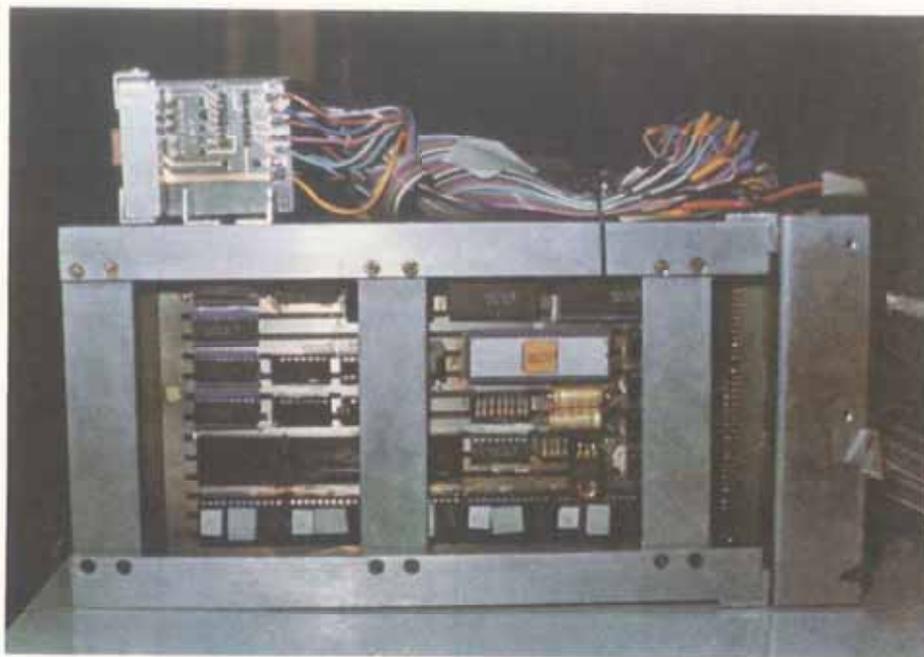


FIG. 22 MONTAGEM DO CIRCUITO ESQUEMATIZADO NA FIG. 21

3. Descrição do Painel

Apresentamos na Figura 22 um modelo do painel do controlador atuado: embora o painel sofra alterações de ordem ergonômica, as funções ora descritas permanecerão.

Os módulos de fase são mostrados embaixo, à direita. Podem existir até 8 módulos, sendo necessário encaixar apenas o número necessário, deixando vazias as demais posições.

Cada módulo de fase possui um teclado com 6 teclas, correspondente aos 6 estágios possíveis no controlador. Conforme esteja uma tecla acionada ou não, estaremos indicando se nesse estágio o módulo de fase dará ou não sinal verde. Atuando convenientemente nas 6 teclas de cada módulo, estarão designadas todas as fases. Implicitamente estarão também conhecidos os verdes conflitantes, isto é, quais as fases que nunca poderão dar sinal verde simultaneamente: serão aquelas que não apresentam nenhum estágio em comum. O módulo de fase fornece indicação luminosa quando em operação, indicando no painel qual a cor apresentada pelos semáforos ligados a esse módulo de fase. Note-se uma chave à esquerda do fusível que permite ligar e desligar os semáforos nos postes, possibilitando um teste de operação sem riscos para o cruzamento.

A parte superior do painel contém teclados e mostradores que possibilitam a entrada e verificação de dados no controlador.

A chave de três posições que se vê ao centro, permite desligar o controlador, ligar sem que o painel funcione e finalmente ligar o painel. Deixando na posição LIGA, o controlador estará funcionando, porém irá ignorar as operações que porventura sejam feitas na parte superior do painel. Somente uma pessoa que possua a chave poderá então colocar o fecho na posição OP e operar o painel.

Uma operação importante é o acerto do relógio de precisão que o controlador possui. Se o operador possui o relógio externo de sincronismo (aparelho opcional altamente preciso), bastará conectá-lo na tomada "sincronismo externo" e apertar o botão apropriado no relógio externo. Entretanto, não dispondo desse aparelho, o operador indicará o dia da semana, a hora, os minutos e segundos nas chaves rotativas que se vêem no canto esquerdo e apertará a tecla H. Qualquer que seja o procedimento adotado, o novo horário aparecerá no mostrador à direita, onde se lê hora, minutos, segundos. Esse horário estará sendo atualizado a cada segundo pelo próprio controlador, de modo que esse mostrador estará sempre com o horário real (exceto na operação manual, como se verá adiante).

Acertar os planos de tráfego internos é uma operação que requer um pouco de atenção. Os planos são três (A, B, C), cada qual com 6 estágios a serem definidos. Cada estágio é definido por 5 parâmetros; verde mínimo, verde máximo, extensão de verde amarelo normal e amarelo extra.

O acerto dos planos se faz unicamente operando as chaves rotativas e teclas que ficam logo à direita das chaves de horários. Ali o operador indica o plano a que se refere (A, B, C), o estágio (n.º 1 a 6) e o valor do parâmetro, apertando em seguida a tecla correspondente. Por exemplo: se o operador colocar nas chaves a seqüência B3.045 e apertar a tecla 2 (VM), então o controlador registrará o estágio número 3 do plano B como tendo um verde máximo de 45 segundos. Repetindo cuidadosamente essa operação para todos os parâmetros, todos os estágios e todos os planos, o controlador estará com os planos acertados.

Para auxiliar a operação de entrada de parâmetros, cada vez que se apertar uma das teclas mencionadas, aparecerá no mostrador superior (à esquerda no painel) uma repetição dos dados entrados, indicando o plano, estágio, valor e número da tecla apertada para que

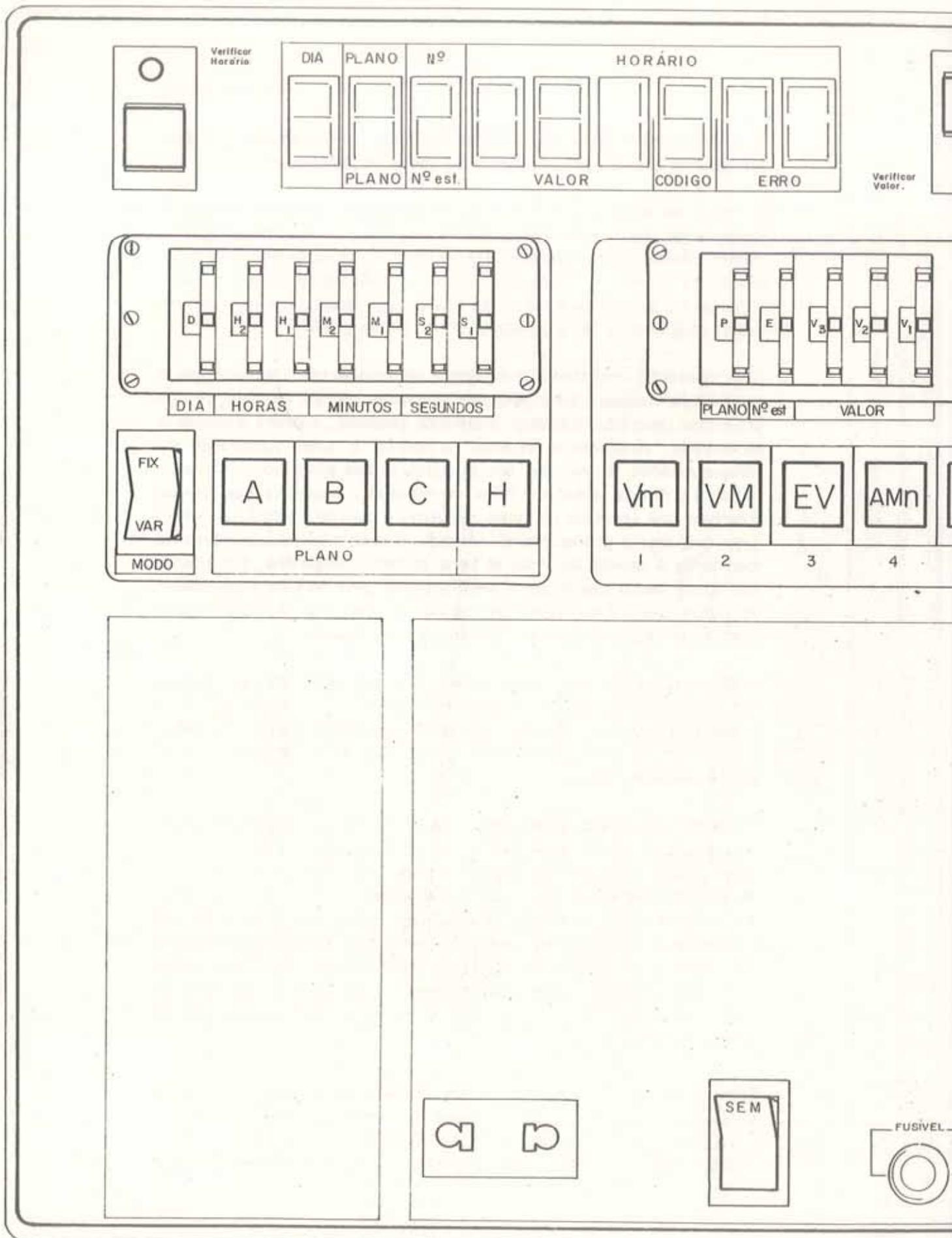


FIGURA 23
PAINEL DO CONTROLADOR DE SEMÁFOROS ATUADO PELO TRÁFICO

se faça uma conferência imediata. Caso o operador coloque um valor errado (por exemplo: um valor de verde mínimo menor que 5 segundos, o que não é permitido), então esse valor não será registrado e o mostrador indicará um número na posição "erro". Existe uma tabela de erros possíveis e esse número permitirá conhecer o erro cometido, através da tabela.

Caso se deseje apenas verificar os dados internos e não alterá-los, pode-se usar o botão de verificação à direita do mostrador. Pressionando-se seqüencialmente esse botão, o mostrador indicará um a um os parâmetros do plano e estágio designados pelas chaves rotativas. Nesse caso, serão irrelevantes as chaves indicadoras de valor, uma vez que o que se quer é verificar e não registrar novos valores.

Uma vez acertados todos os planos de tráfego, resta apenas informar em qual horário cada um deles entrará em ação. Para isso, voltamos às chaves rotativas da esquerda, onde indicamos o dia da semana e o horário em que deverá entrar um determinado plano; pressionando uma das teclas A, B, C, logo abaixo, o controlador registrará o horário de entrada desse plano (A, B, C). Para facilitar a verificação, o mostrador logo acima reproduzirá os dados entrados, de acordo com a legenda superior. Lembre-se que um mesmo plano pode funcionar tanto em modo fixo, em sistemas coordenados, como em modo variável, atuado pelo tráfego. A chave de modo à esquerda das teclas de plano dirá se no horário determinado o plano escolhido entrará em operação em modo fixo ou variável. É possível programar entrada de planos em qualquer horário e várias vezes por dia.

Caso se deseje apenas verificar os horários já registrados aperta-se seqüencialmente a tecla à esquerda do mostrador: este irá mostrando um a um os horários registrados.

Feitas essas operações, o controlador está pronto para funcionar.

Existem entretanto outras facilidades oferecidas pelo painel. Onde se lê "Plano Atual" na parte superior, existem 3 botões luminosos. Apertando-se um deles, o controlador passará a operar naquele plano, independente do horário. A indicação luminosa mostrará qual o plano em operação no momento.

Onde se lê "modo de operação" existem dois indicadores luminosos (manual, central) e três botões com indicação luminosa (variável, fixo, intermitente). A indicação luminosa diz qual o modo de operação no momento e os botões servem para provocar mudança imediata de modo de operação. A operação em modo manual ou central não se faz por botões.

Para operação manual, o usuário deverá possuir um acionador portátil que se conecta logo abaixo do mostrador do relógio. Ao fazer isso, o mostrador não mais indicará a hora certa, mas o tempo em segundos decorrido desde a última mudança de estágio, para que o usuário saiba há quanto tempo uma determinada corrente de tráfego está em movimento. O acionador manual possui um botão, apenas, que acionado provocará a mudança de estágio, respeitando sempre os períodos de verde mínimo e amarelo. Retirado o acionador manual, o mostrador voltará a indicar a hora certa.

ESTÁGIO E FASE

ESTÁGIO: Cada uma das configurações previstas dos sinais luminosos de um cruzamento que dá direito de passagem a uma ou mais correntes de tráfego e proíbe as demais.

O exemplo a seguir visa esclarecer a definição enunciada acima. Num cruzamento serão permitidos, por exemplo, os seguintes movimentos de pedestres e veículos:

MOVIMENTOS DE PEDESTRES

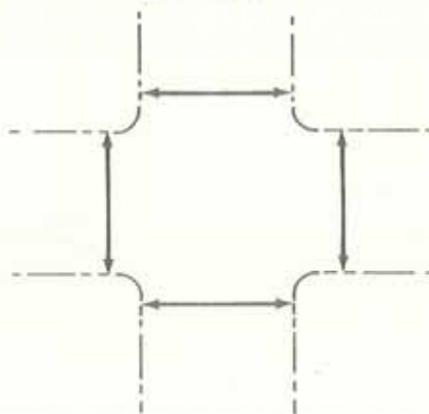
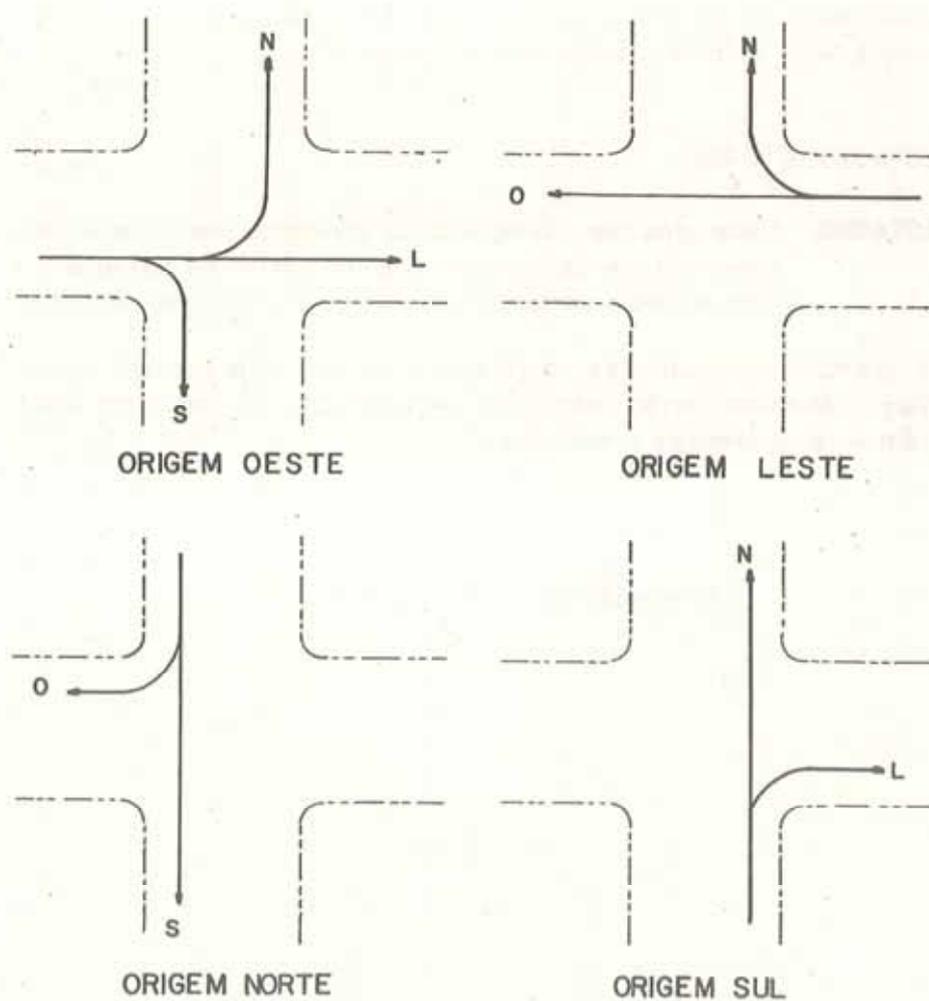


FIGURA 24

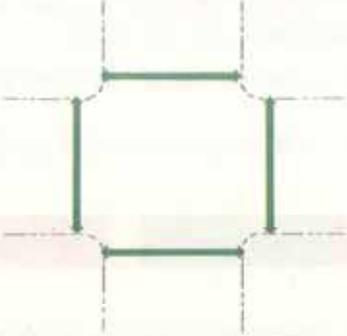
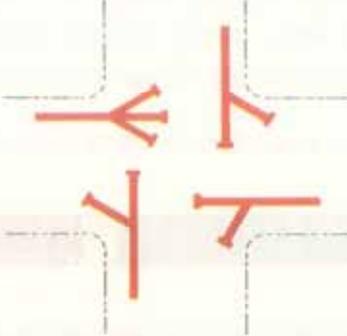
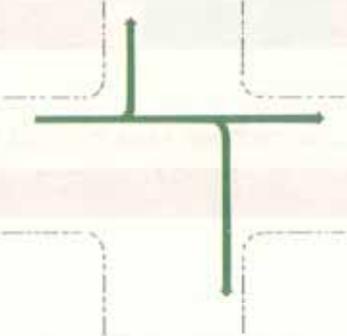
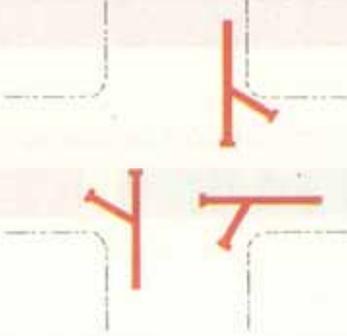
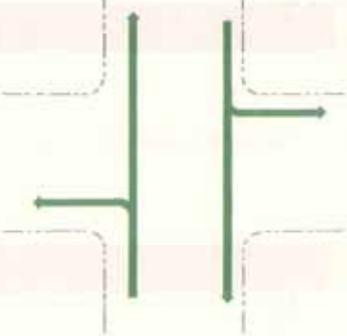
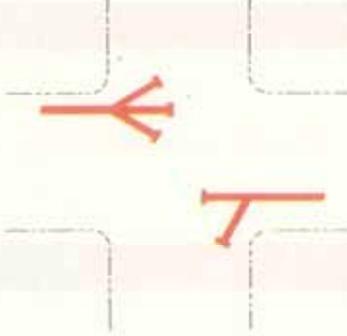
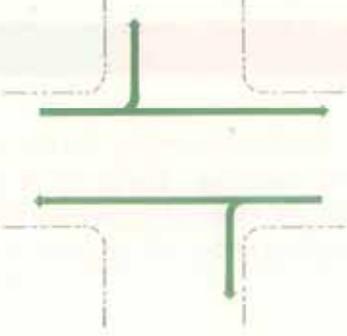
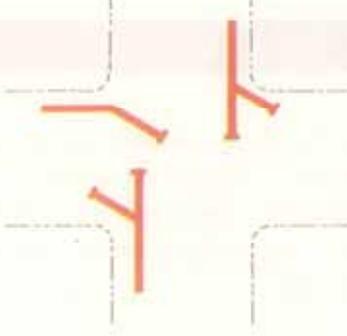
MOVIMENTOS PERMITIDOS AOS VEÍCULOS



FIGURA

Determinou-se, por outro lado, que deve haver 4 estágios de sinalização no cruzamento e em cada um deles serão permitidos os seguintes movimentos:

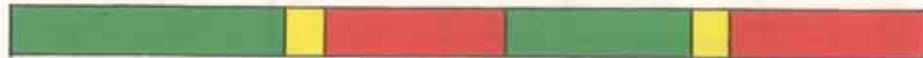
FIGURA 26

	MOVIMENTOS PERMITIDOS	MOVIMENTOS PROIBIDOS
ESTÁGIO 1		
ESTÁGIO 2		
ESTÁGIO 3		
ESTÁGIO 4		

FASE OU GRUPO DE SINAIS: cada seqüência de sinais luminosos (cores) aplicados através do semáforo a uma ou mais correntes de tráfego. Assim, tendo em vista o exemplo anterior, cada corrente de tráfego observará as seguintes seqüências de cores:

Seqüência de cores observadas por cada corrente de tráfego.

1. CORRENTE COM ORIGEM NO OESTE E COM DESTINO PARA O LESTE E SUL



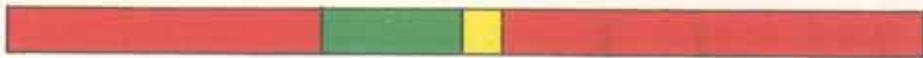
2. CORRENTE COM ORIGEM NO LESTE E COM DESTINO PARA O NORTE



3. CORRENTE COM ORIGEM NO LESTE E COM DESTINO PARA O OESTE E NORTE



4. CORRENTE COM ORIGEM NO NORTE E COM DESTINO PARA O SUL E OESTE



5. CORRENTE COM ORIGEM NO SUL E COM DESTINO PARA O NORTE E LESTE



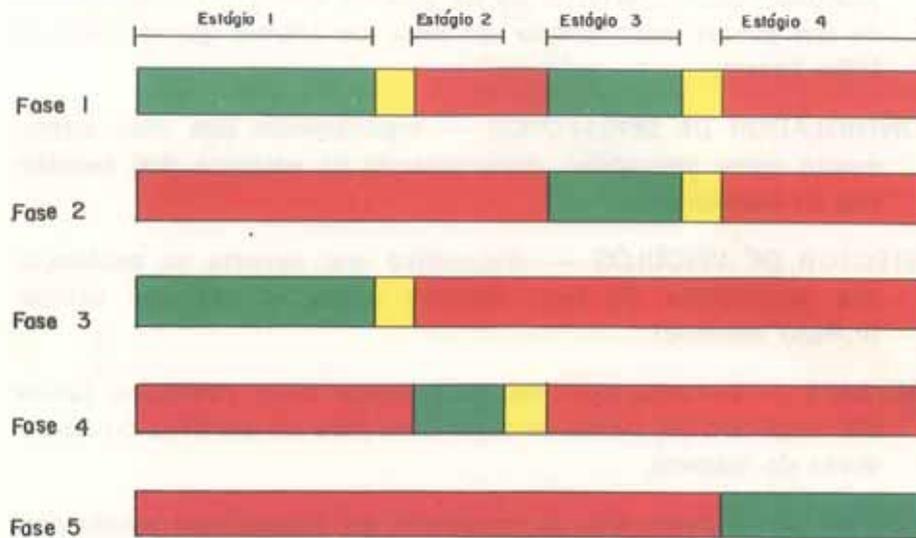
6. PEDESTRES



Notar que as seqüências de cores observadas pelas correntes com origens no Norte (4) e Sul (5) são as mesmas. Portanto, haverá no cruzamento um total de 5 seqüências de sinais luminosos distintos, o que equivale a dizer que serão necessários 5 grupos de sinais distintos.

A figura abaixo correlaciona as definições de estágio e fase.

CORRELAÇÃO ENTRE ESTÁGIO E FASE



FASE 1: Fase da corrente com origem no Oeste e com destino para o Leste e Sul.

FASE 2: Fase da corrente com origem no Oeste e com destino para o Norte.

FASE 3: Fase da corrente com origem no Leste.

FASE 4: Fase das correntes com origens no Norte e Sul.

FASE 5: Fase de pedestres.

NOTAR QUE:

- o estágio 1 atenderá simultaneamente as fases 1 e 3;
- a fase 1 será atendida pelos estágios 1 e 3.

GLOSSÁRIO

CÃO DE GUARDA — (WATCHDOG) nome dado genericamente a dispositivos que supervisionam de alguma forma o funcionamento de um processador, dando um sinal de alarme quando alguma falha ocorre.

CONTROLADOR DE SEMÁFOROS — equipamento que atua diretamente numa interseção, determinando os estágios dos semáforos ali instalados.

DETECTOR DE VEÍCULOS — dispositivo que detecta as mudanças nos parâmetros do laço indutivo causadas por um veículo (v. laço indutivo).

FAIL-SAFE — conceito aplicável a sistemas cujas eventuais falhas não implicam em perda de segurança para os usuários ou operadores do sistema.

HARDWARE — dispositivo ou conjuntos de dispositivos mecânicos, magnéticos, elétricos e eletrônicos com os quais é constituído um determinado equipamento.

LAÇO INDUTIVO — cabos elétricos em forma de laços enterrados sob o leito carroçável, por onde circula uma corrente elétrica injetada pelo detector de veículos. Com a passagem de um veículo sobre o laço, esta corrente sofre uma variação que é "percebida" (detectada) pelo detector de veículo.

MEMÓRIA — dispositivo eletrônico onde são armazenados os dados ou programas de um sistema de processamento de dados.

MEMÓRIA DE LEITURA — memória cujo conteúdo é gravado apenas uma vez, não permitindo ao sistema de processamento de dados alterá-la; esta memória apenas permite ao sistema conhecer os seus dados e é normalmente não volátil.

MEMÓRIA DE LEITURA E ESCRITA — memória que permite ao sistema de processamento de dados tanto o armazenamento de novas informações como a leitura das informações armazenadas. Existem memórias deste tipo voláteis e não voláteis.

MEMÓRIA NÃO VOLÁTIL — memória que mantém suas informações, mesmo que se desligue a alimentação elétrica.

MEMÓRIA VOLÁTIL — memória que perde suas informações quando se desliga a alimentação elétrica.

- MICROPROCESSADOR** — processador de dados com capacidade comparável à de um computador, implementado em um único componente eletrônico através de técnicas de integração em larga escala; associado a memórias, interfaces e demais circuitos pode compor sistemas de processamento de dados para os mais variados fins.
- ORDEM CÍCLICA** — ordem prefixada de ocorrências de estágios para o controlador operando em modo local-fixe ou manual.
- PERÍODO ENTRE-VERDES** — tempo decorrido desde o fim de um estágio até o início de estágio seguinte; esse período é composto pelo período entre-verdes normal (obrigatório) e pelo período entre-verdes extra (opcional).
- PERÍODO ENTRE-VERDES EXTRA** — componente opcional do período entre-verdes, acrescentável por demanda.
- PERÍODO ENTRE-VERDES NORMAL** — componente mínima obrigatória do período entre-verdes.
- PERÍODO MÁXIMO DE VERDE** — tempo máximo que dura um sinal verde subseqüentemente a uma demanda em faixa de tráfego que não tem o direito de passagem, e durante o qual não ocorre mudanças de sinais.
- PERÍODO MÍNIMO DE VERDE** — tempo mínimo que dura um sinal verde subseqüente a um sinal vermelho e durante o qual não ocorre nenhuma mudança de sinais.
- PLANO DE CONTROLE** — seqüência de sinais e tempos de duração desses sinais, codificados e armazenados no controlador, com o propósito de controlar os semáforos do cruzamento.
- PROGRAMA** — uma seqüência precisa de instruções codificadas para o processador, no propósito de solucionar problemas ou executar rotinas.
- RAMO** — via que liga dois cruzamentos.
- SEMÁFOROS** — dispositivo por meio do qual os motoristas recebem ordem de interromper ou prosseguir seus movimentos.
- SOFTWARE** — aparato necessário para utilização do processador. Abrange todos os programas necessários para utilização do processador.
- TAXA DE OCUPAÇÃO** — percentagem do tempo em que uma secção da via está ocupada por veículos.
- VOLUME** — número de veículos que passam por uma via durante um intervalo de tempo.

BIBLIOGRAFIA

1. BUS PRIORITY SYSTEMS — Nato Committee on the Challenges of Modern Society — CCMS REPORT N.º 45 — (1976).
2. COMMANDER PAR LE TRAFIC DES FEUX D'UN CARREFOUR — Ministère de L'Equipement et du Logement SETRA — (1971).
3. LM ERICSSON — Signalling Systems Department — Relatório MI/BT 4.366/2.648 — 3/5/74.
4. CONTROLADOR ATUADO — Relatório Técnico N.º 2 — Companhia de Engenharia de Tráfego — Agosto 1977.

Ficha Técnica

Eng.º JOSÉ SEISHUN HANASHIRO
Assessor de Projetos Especiais

Eng.º GILBERTO MONTEIRO LEHFELD
Assistência da Assessoria de Projetos Especiais
Revisão Técnica

PAULO ERNESTO CONDINI
Editor

LUIZ MANSOUR MAKLOUF F.º
Programação Visual/Produção

Eng.º ROBERTO FRANÇA MACHADO
Fotos

ZILDA ABUJAMRA DAEIR
Copy-Desk/Revisão

LINOTIPADORA SILVESS LTDA.
Composição

FOTOLITOS GRAFA LTDA.
Fotolitos

INTER-GRÁFICA INDUSTRIAL LTDA.
Impressão

JOSÉ DOMINGOS BRITO
Distribuição

Série BOLETIM TÉCNICO DA CET

Redução do Consumo de Combustível: Ações na Circulação e no Transporte	— publicado
Redução dos Acidentes de Tráfego: Proposta de Medidas para um Plano de Ação	— publicado
São Paulo e a Racionalização do Uso do Combustível	— publicado
Pesquisa Aerofotográfica da Circulação Urbana: Análise de um Projeto Piloto	— publicado
Noções Básicas de Engenharia de Tráfego	— publicado
Engenharia de Campo	— publicado
Projeto SEMCO: Sistema de Controle de Tráfego em Área de São Paulo	— publicado
Ação Centro	— publicado
Comonor: Composto de Ônibus Ordenados	— publicado
Sistema de Controle de Tráfego Aplicação do Programa TRANSYT	— publicado
PO1 Programa de Orientação de Tráfego	— publicado
Controlador Atuado	— publicado
Sinalização Vertical	— no prelo
Sinalização Horizontal	— no prelo