

SP 28/07/78

NT 017/78

Controlador de Semáforos Atuado pelo Tráfego

Eng.º José Antonio Telles Guerra

Introdução

A CET através da Divisão de Sistemas de Controle vem desenvolvendo em convênio com a Empresa Brasileira de Transportes Urbanos (EBTU) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) um protótipo de controlador atuado, a ser posteriormente fabricado.

O controlador atuado é um equipamento capaz de fornecer sinalização adequada em um cruzamento, através de medidas de demanda (1) de tráfego. Estas medidas são obtidas por detectores de veículos, convenientemente instalados nas proximidades do cruzamento e possibilitam o controle dos semáforos em tempo real.

Funcionamento

O princípio básico de funcionamento do controlador atuado é a extensão do tempo de verde correspondente a cada corrente de tráfego, em função das detecções de veículos, nessa e nas demais correntes de tráfego que se aproximam do cruzamento. Para cada estágio (2) é designado um período mínimo de verde (3), que é o tempo necessário para a travessia segura dos veículos que aguardam sua vez entre a linha de parada e a área de detecção (4). Esgotado o período mínimo de verde serão adicionadas extensões de verde (5), acionadas pelas detecções nas correntes de tráfego que nesse estágio têm o sinal verde. O processo de extensão do período de verde só terminará se ocorrer um dos três seguintes eventos:

- Ausência de demandas para esse sinal verde. Neste caso, o semáforo passará inicialmente para amarelo e depois dará sinal vermelho a todas as ruas, permitindo que o primeiro veículo, a ser então detectado, obtenha sinal verde imediato;
- Detecção de ônibus em outra corrente de tráfego, conflitante com esta. O semáforo passará imediatamente para amarelo e depois dará sinal verde para o ônibus; e
- Detecção de um veículo qualquer em corrente de tráfego conflitante com esta. Neste caso, a mudança não será imediata, mas a partir do instante da detecção será contado o período máximo de verde (6) do estágio em vigor, findo o qual o semáforo passa para o amarelo.

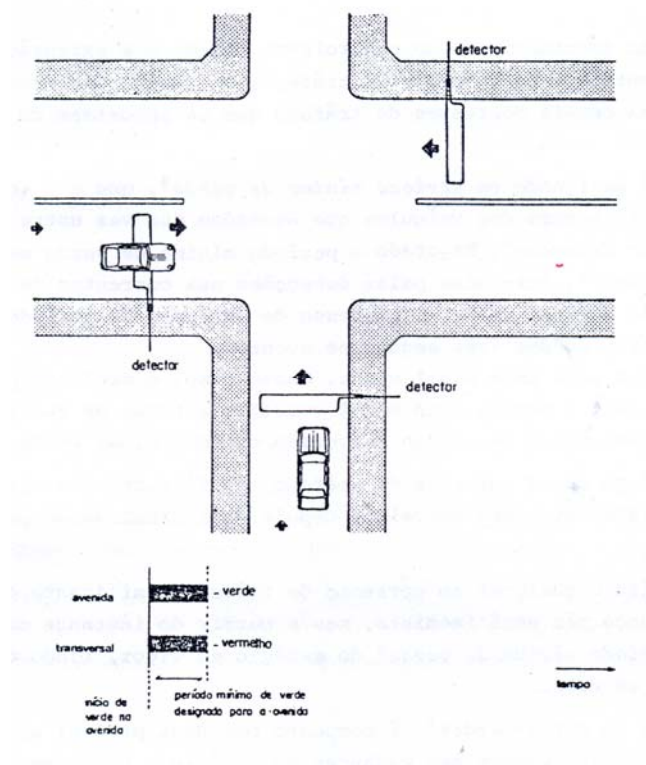
O período de amarelo ou entre-verdes (7), é composto por duas partes: normal e extra. A parte normal ocorre sempre nas mudanças de estágio e corresponde ao tempo necessário à desobstrução do cruzamento; a parte extra é acrescentada caso haja detecção de veículos durante o amarelo normal.

Cada estágio fica então caracterizado por 5 parâmetros programáveis: verde mínimo, verde máximo, extensão de verde, amarelo normal e amarelo extra.

A extensão de verde é ajustável em passos de meio segundo e os demais parâmetros em passos de um segundo.

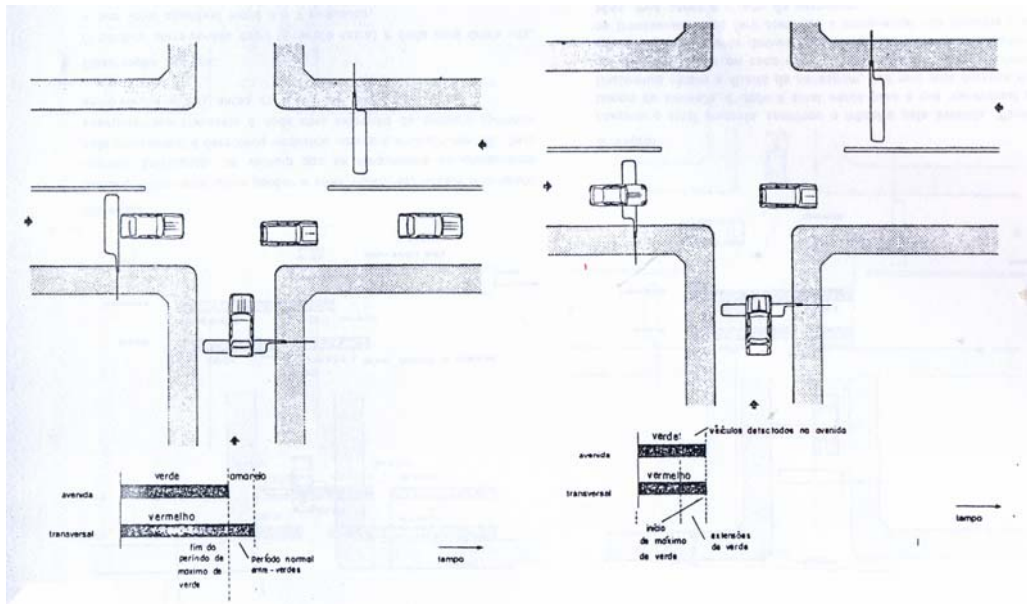
Apenas para ilustrar o funcionamento do controlador atuado, apresentamos uma seqüência de eventos em um cruzamento qualquer. Lembrando que o detector é colocado a algumas dezenas de metros da linha de parada, delimitando em si a área de detecção.

Situação 1: 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 pode ter um período diferente dessa faixa.



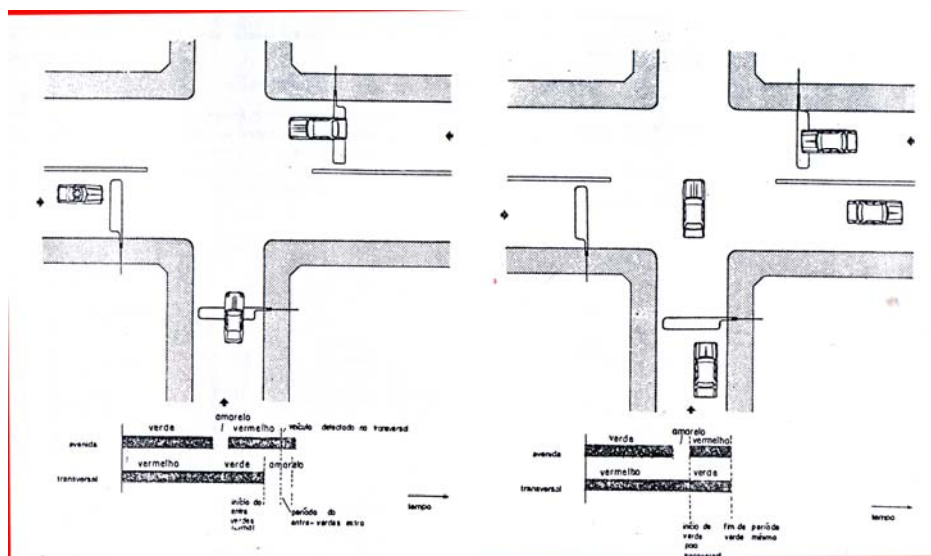
Situação 2: iniciada a contagem de período máximo de verde para a avenida, esta continua com tráfego intenso, provocando extensões durante todo o período. Findo o período máximo, a avenida obtém sinal amarelo (período entre-verdes normal). Caso não houvesse mais detecções de veículos na avenida, o amarelo 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.

Situação 3: 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.



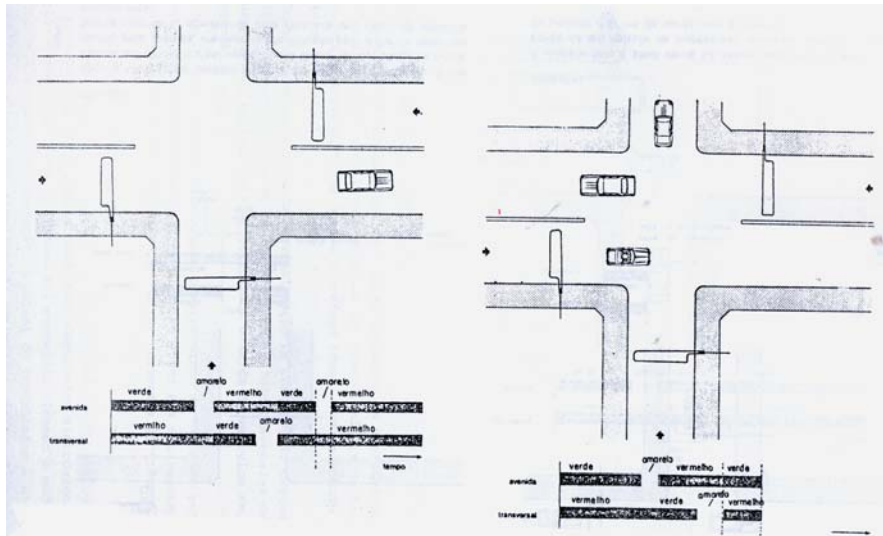
Situação 4: Como a transversal deve perder o sinal verde, ele obtém o amarelo normal. Entretanto, um veículo que se aproximava do cruzamento pela transversal é detectado enquanto ocorre o amarelo normal. Para assegurar sua travessia é dada uma extensão de amarelo (período entre-verdes extra), antes de 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 5: 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.



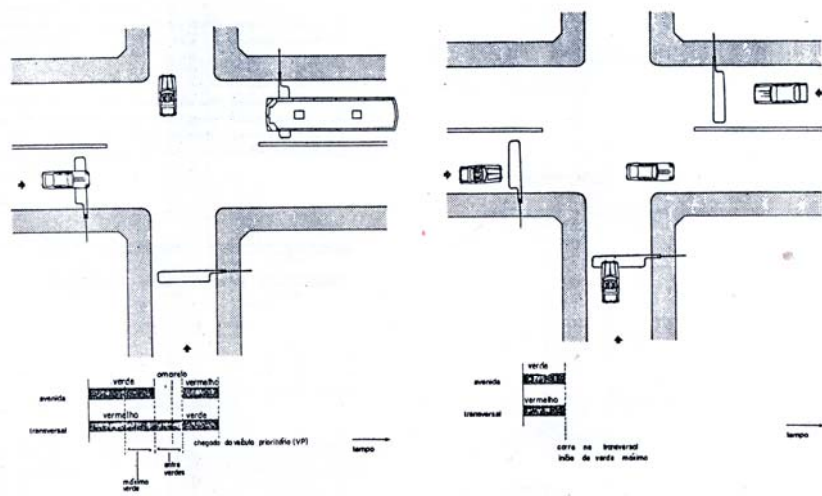
Situação 6: terminado o período mínimo de verde, não ocorrem detecções de veículos em nenhuma das ruas e o controlador passa para vermelho integral, após o amarelo normal. Desta forma, a primeira rua a apresentar demanda de tráfego obterá verde imediatamente. Observação técnica: o vermelho integral é 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).

Situação 7: terminado o amarelo extra da transversal, é dado o sinal verde para a avenida, numa situação idêntica à inicial.

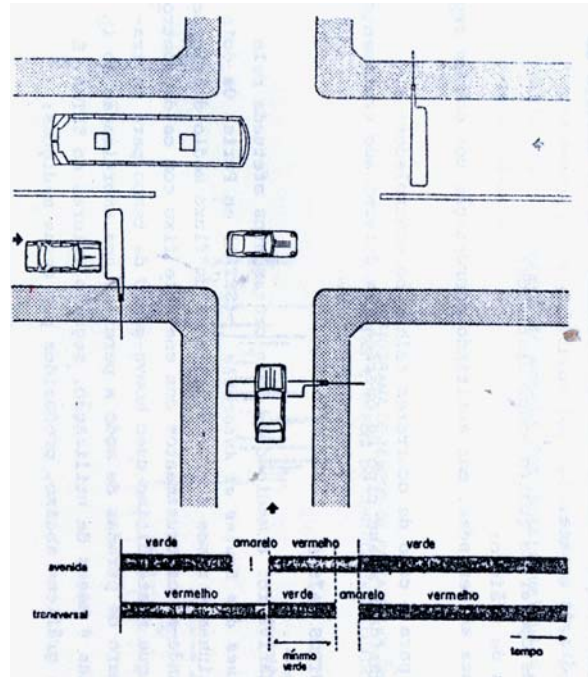


Situação 8: após o término do período máximo de verde e do amarelo, a rua transversal obtém o sinal verde. Após algum tempo, chega ao cruzamento, pela avenida, um veículo identificado pelo detector como um ônibus prioritário, provocando uma demanda que deve ser atendida prontamente.

Situação 9: 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 10: 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.



Aplicações do Controlador Atuado

O controlador atuado é aplicado primordialmente em cruzamentos isolados, onde não há interseções sinalizadas próximas que possam influir de maneira previsível nesse cruzamento, servindo apenas o tráfego local, como elemento de controle do semáforo. Pode também ser utilizado em sinalização de conversões, cruzamentos de ruas de tráfego intenso com ruas de baixo volume de tráfego, travessias de pedestres com acionamento por botões, portões de entrada e saída de veículos em hospitais, escolas, quartéis, etc. Além disso, o controlador atuado é estruturado de modo a dar prioridade aos ônibus, sendo estes sempre atendidos em primeiro lugar nos cruzamentos; não obstante os demais veículos serem detectados em outras correntes de tráfego.

O Controlador Atuado da CET

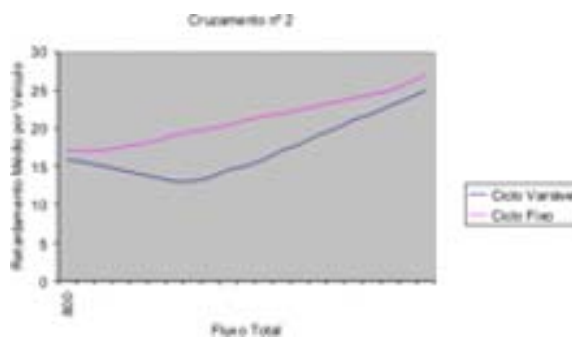
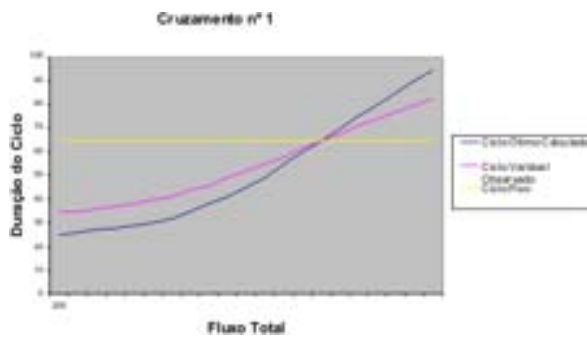
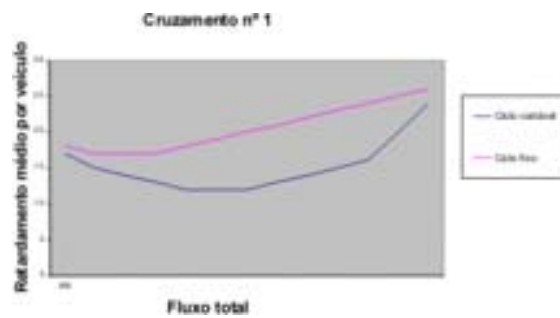
O protótipo da DSC é implementado com componentes eletrônicos, utilizando o microprocessador 8080. Todo o sistema foi concebido visando à modularidade, à flexibilidade e a à segurança na operação. O painel do controlador é bastante desenvolvido, permitindo alterar com simplicidade qualquer parâmetro de programação. Este controlador tem capacidade para quatro programas de tráfego selecionáveis a qualquer instante do dia, permitindo o registro de oito horários de mudança de plano, onde se inclui o dia da semana. O controlador atuado pode operar de quatro modos distintos:

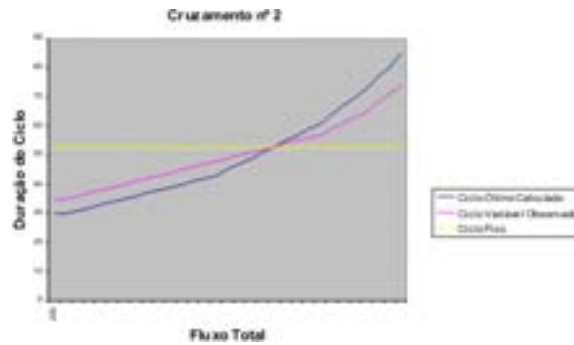
- Variável, por demanda de tráfego;
- Fixo, sem levar em conta as demandas, mas admitindo coordenação com outros cruzamentos;
- Amarelo intermitente, para o caso de ocorrerem falhas no controlador; e

- Manual, caso haja necessidade desse tipo de operação em determinado cruzamento

Benefícios Obtidos em outros Países

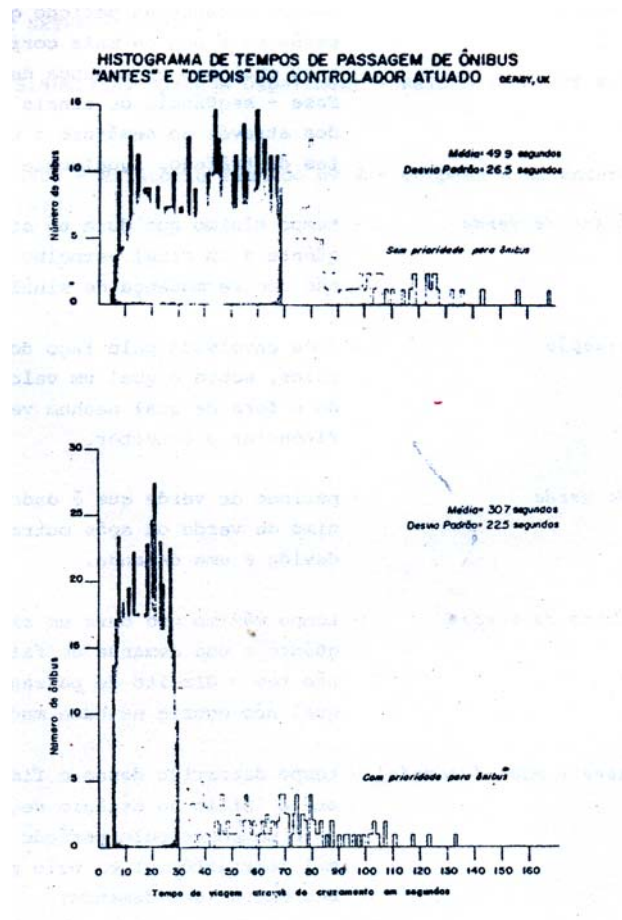
Uma experiência significativa foi a medição de dois cruzamentos efetuada pelo *Service d'Études Techniques des Routes et Autorouts* - (SETRA), em Paris. Os dois cruzamentos em questão tinham 4 ramos e eram sujeitos a um fluxo médio diário de 15 mil veículos. Comparando-se os cruzamentos com controle fixo com os de controle atuado, verificou-se que neste último, caso houve ganho de tempo para as travessias e redução no número de paradas de modo a permitir uma amortização do investimento feito em apenas 4 meses de utilização, segundo valores do SETRA. É interessante observar os gráficos abaixo, produzidos por essas medições:





Fonte: Setra

Outra experiência interessante foi a de Derby (Inglaterra), onde se aplicou a prioridade para ônibus. Durante a hora de pico, o tempo médio de travessia do cruzamento pelos coletivos foi reduzido em 40%, sem que houvesse aumento significativo no tempo de espera dos demais veículos. Os gráficos a seguir ilustram os resultados:



Glossário

- (1) Demanda - solicitação de passagem, provocada por veículos ou pedestres, numa interseção.
- (2) Estágio - situação dos sinais luminosos de uma interseção durante um período que dá direito de passagem a uma ou mais correntes de tráfego e no qual não há mudança de/ou para verde. Fase é a seqüência de sinais luminosos aplicados através do semáforo a uma ou mais correntes de tráfego, igualmente sinalizadas.
- (3) Período mínimo de verde - tempo mínimo que dura um sinal verde subsequente a um sinal vermelho e durante o qual não ocorre mudança de sinal.
- (4) Área de detecção - área envolvida pelo laço detetor de veículos, sobre o qual um veículo será detectado e fora da qual nenhum veículo poderá influenciar o detetor.
- (5) Extensão de verde - período de verde que é dado após o período mínimo de verde ou após outra extensão de verde devida a uma demanda.
- (6) Período máximo de verde - tempo máximo que dura um sinal verde subsequente a uma demanda em faixa de tráfego que não tem o direito de passagem, e durante o qual não ocorre nenhuma mudança de sinal.
- (7) Período entre-verdes (amarelo) - tempo decorrido desde o fim de um estágio até o início do estágio seguinte. Este tempo é composto pelo período entre-verdes normal (obrigatório) e pelo período entre-verdes extra (sob-demanda).

Referências Bibliográficas

- Bus Priority Systems - Nato Committee on the Challenges of Modern Society - CCMS Report n.º 45 - (1976).
- Commander Par Le Trafic Des Feux D'un Carrefour - Ministère de L'Equipement et du Logement Setra - (1971).
- LM Ericsson - Signalling Systems Department - Relatório MI/BT 4.366/2.648 - 3/5/74.
- Controlador Atuado - Relatório Técnico n.º 2 - Companhia de Engenharia de Tráfego - Agosto 1977.

Eng.º José Antonio Telles Guerra
Analista Técnico Sênior - APE-DSC