

SP 09/92

NT 156/92

Uma Discussão sobre interseções semaforizadas de grande extensão, sem caixas intermediárias

Núcleo de Estudos de Tráfego

1. Introdução

No decorrer das atividades no NET, tivemos a oportunidade de deparar com o problema de como semaforizar um cruzamento de larga extensão e constatamos que o assunto é bastante polêmico, havendo muitas divergências de opinião. Se por um lado essa divergência de idéias é até natural e previsível, por outro o fato é preocupante, uma vez que, em se tratando justamente de cruzamentos geralmente complexos e críticos, tanto em termos de fluidez como de segurança, essa divergência de posições se traduz na prática em modos diferenciados e contrastantes no tratamento semafórico a essas interseções. Essa diversidade nos padrões, representada por aplicação de idéias e conceitos diferentes para a solução de problemas idênticos ou de mesmas características, certamente não é salutar nem recomendável a nível macro, para a cidade como um todo.

Dessa forma, é imprescindível que se estude o assunto para se chegar a uma solução mais adequada, de forma que, para interseções semelhantes, adote-se a mesma formas e a mesma sistemática de sinalizar.

2. Objetivo

Tem o presente trabalho a finalidade colocar algumas idéias sobre o assunto, visando auxiliar a compreensão da dinâmica do problema e, portanto, chegar, com a maior brevidade possível, a uma definição para a questão apresentada.

3. Princípios gerais

A sinalização viária, em particular a semafórica, deve primar pela clareza da informação que se quer transmitir aos condutores de veículos e pedestres. Uma sinalização não clara leva a interpretações errôneas e dúbias, confundindo o condutor, o que pode ser fatal na fração de segundo que antecede um acidente em potencial. As condições necessárias para a clareza da informação são:

- a) **Simplicidade da Sinalização**
Simplicidade significa evitar soluções rebuscadas e intrincadas que possam prejudicar o entendimento da mensagem. Simplicidade também significa evitar sinalizações redundantes e reforços desnecessários, o que só serve para poluir a paisagem urbana e, paradoxalmente, prejudicar a visibilidade do elemento que se quer destacar no emaranhado de sinais, luzes, cores, símbolos, etc.
- b) **Aspecto funcional da sinalização**
Cada tipo ou dispositivo de sinalização tem sua função ou finalidade própria. Deve-se sempre procurar evitar que um determinado dispositivo seja utilizado para outra função que não aquela para a qual foi criada e convencionada.

Muitas vezes existe a tentação de querer mascarar o verdadeiro objetivo ou a real intenção do projeto através de um dispositivo de sinalização que não é próprio àquela intenção ou objetivo.

Ex: “mascarar” um semáforo de travessia de pedestres através de um semáforo veicular, isto é, o cruzamento não apresenta fluxos que justificam o semáforo veicular, o problema real é a travessia de pedestres; mesmo assim, opta-se por colocar o semáforo no cruzamento como se fosse veicular com a intenção de impor “maior respeito”.

Nós somos contra esse tipo de procedimento, pois ele peca justamente na clareza da informação. O usuário do sistema viário deve perceber clara e exatamente qual é o objetivo ou a finalidade da sinalização. Não se deve querer “enganá-lo”, mesmo com as melhores intenções. Se o usuário entender a sinalização, ele compreenderá a sua utilidade e a sua razão de ser. Caso contrário, ele ficará revoltado com o *non-sense* da sinalização, que para ele é ridícula e absurda. A sinalização então perde a credibilidade (bem como o órgão de trânsito responsável pela sua colocação e os seus agentes) e o usuário passa a desrespeitá-la, produzindo o efeito exatamente oposto ao que pretendia inicialmente. Além disso, o efeito de descrédito passa a atingir outras sinalizações, mesmo que justificadas e corretas, pois o ser humano tem a tendência de generalização.

4. Entreverdes

Como todos sabem, o entreverdes é o período de tempo entre o final do verde de um estágio e o início do verde do estágio seguinte. É composto do tempo de amarelo e, eventualmente, mais tempo de vermelho de limpeza.

Aqui é importante relembrarmos os conceitos de amarelo e de vermelho de limpeza. Conforme a NT nº 108 – *Dimensionamento do tempo de amarelo* – de outubro/85. De autoria do Engº Luis Molist Vilanova:

“(…) A regulamentação do amarelo dispõe que o veículo deve frear (a referência é a retenção) quando aparece o amarelo, a menos que não seja possível fazê-lo com segurança. Ou seja, o amarelo está associado à idéia de retenção. Entende-se então que o amarelo tem que ser suficiente para evitar que um veículo qualquer se veja obrigado a passar pela retenção com o semáforo já vermelho (...)”.

“A limpeza do cruzamento não deve ser feita com o amarelo, mais sim com um tempo de vermelho de limpeza...”.

Em outras palavras, o amarelo está vinculado à velocidade (e deve estar sempre associado a uma linha de retenção), enquanto o vermelho de limpeza está vinculado à largura da via que se deseja cruzar. Maiores detalhes sobre o assunto poderão ser melhor analisados pela leitura da referida Nota Técnica.

5. Entreverdes em cruzamentos de grande extensão, sem caixas intermediárias

O entreverdes tem importância fundamental para a segurança dos cruzamentos semaforizados. Entretanto, nas interseções de grande extensão, sem caixas intermediárias, o entreverdes ganha uma importância ainda maior, sendo o seu correto dimensionamento vital para a segurança do cruzamento.

A Figura 1 representa o cruzamento de uma avenida com uma transversal:

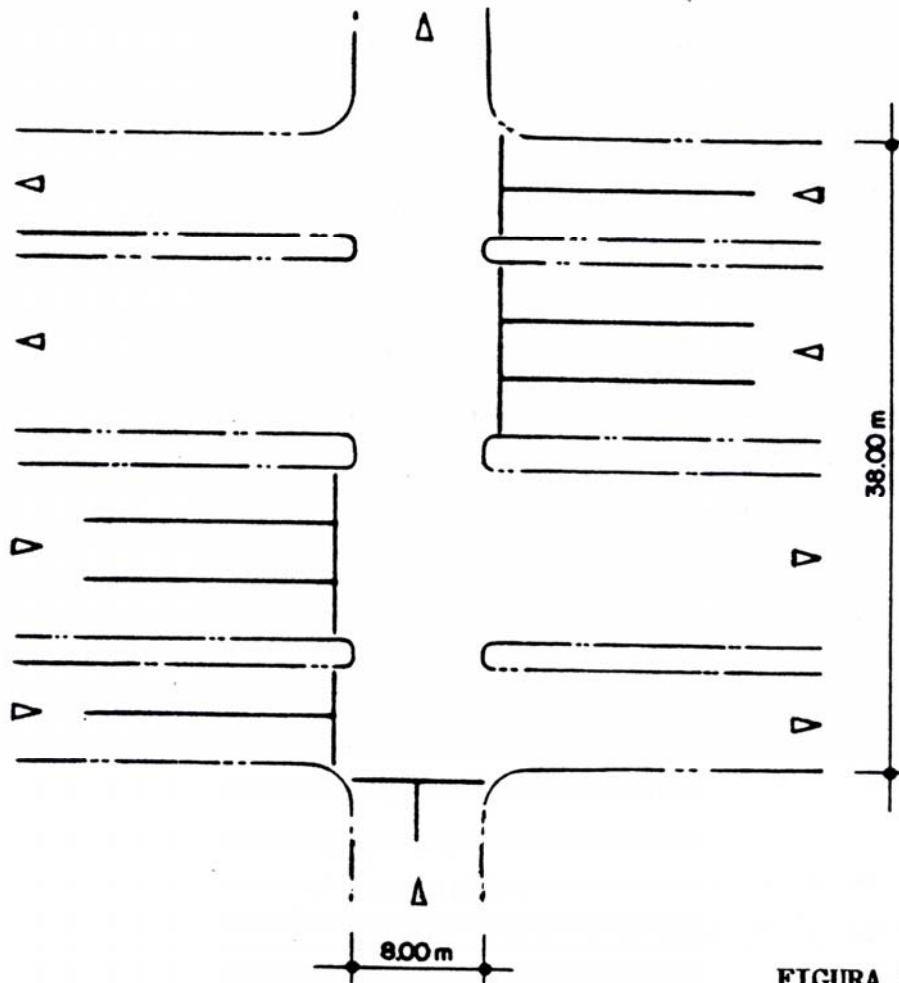


FIGURA 1

No exemplo da Figura 1, o técnico, numa análise rápida e superficial, pode ser levado a um raciocínio falso, conforme segue:

“A avenida é mais importante, possui maior volume de tráfego, apresenta maior velocidade e é mais perigosa do que a via transversal, logo, deve merecer vermelho de limpeza, enquanto a via transversal, devido à sua pouca importância, menor índice de acidentes, não.”

Ora, no conceito que acabamos de ver no item 4, o tratamento deve ser exatamente o oposto, isto é: a avenida precisa de um amarelo maior (pois apresenta maior velocidade), porém, sem vermelho de limpeza (pois a via que os veículos devem cruzar é bastante estreita); enquanto que a transversal pode apresentar um amarelo mínimo (3 segundos), pois apresenta velocidade menor, e é fundamental um tempo vermelho de limpeza suficiente para os veículos atravessarem a área de conflito (que é bastante extensa).

Cabe ainda observar o seguinte: à primeira vista, pode parecer que quanto maior a velocidade da via, maior a necessidade de vermelho de limpeza. No entanto, ocorre justamente o oposto. Quando a velocidade é alta, os veículos saem mais rapidamente do cruzamento, precisando de menos tempo (ou eventualmente nenhum) de vermelho de limpeza. Agora, se a velocidade for baixa, os veículos demoram mais tempo para sair do cruzamento, tornando aumentando a necessidade do tempo do vermelho de limpeza.

6. Utilização do tempo de verde no entreverde

Uma sistemática muito utilizada na cidade de São Paulo, nos cruzamentos de grande extensão, sem caixas intermediárias, é a situação representada na Figura 2.

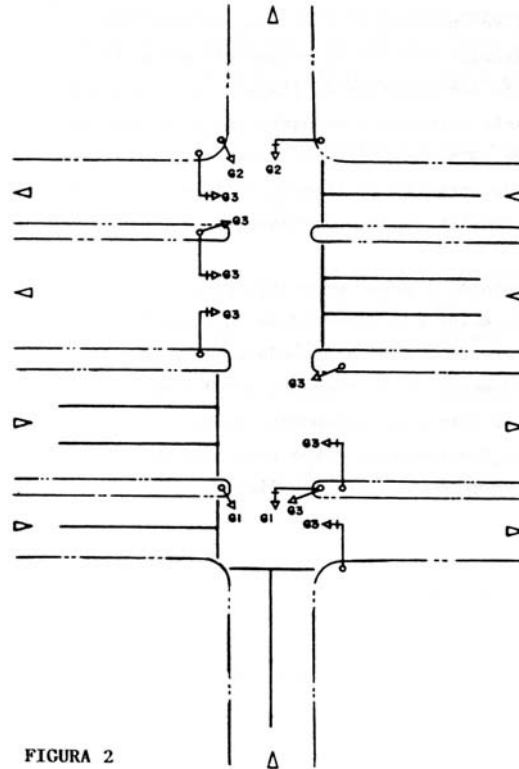


FIGURA 2

No exemplo da Figura 2, os grupos semafóricos G1 e G2 mantêm uma “defasagem” da seguinte forma:

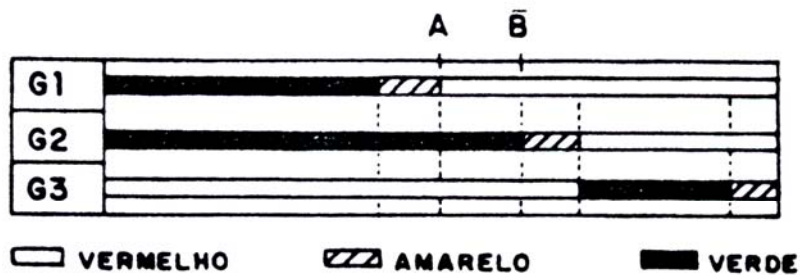


FIGURA 3

Na realidade, o tempo de verde de G2 no período AB faz parte do entreverdes, sendo parte integrante do tempo morto do cruzamento. Assim, o verde do período AB não representa nenhum ganho para o desempenho do cruzamento.

Neste caso, o entreverdes fica composto de amarelo, “verde de limpeza” e amarelo novamente, ao invés de simplesmente amarelo + verde de limpeza + amarelo + vermelho, conforme o diagrama abaixo:

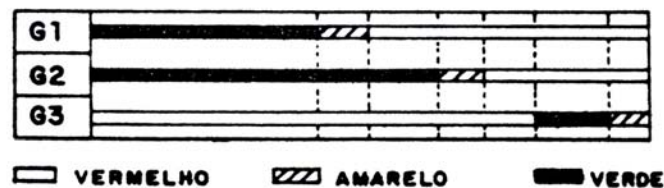


FIGURA 4

Este procedimento contraria o princípio enunciado no item 3.b), ou seja, a utilização indevida do verde para uma função que não lhe é própria (limpeza de cruzamento), quando para esta função já existe a figura do vermelho limpeza, conceito já consagrado na Engenharia de Tráfego.

Na maior parte das vezes, o técnico que utiliza esse procedimento refere-se ao mesmo como uma “defasagem” de limpeza de cruzamento. Entretanto, o conceito de defasagem está associado à “diferença de tempo entre os instantes de início de um estágio predeterminado numa interseção e o correspondente estágio numa outra interseção dada como referência”, conforme definição dada no *Manual de Semáforos – 1979*, DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. Portanto, a rigor, pela definição acima só tem sentido falarmos em defasagem entre duas interseções distintas.

Contudo, é usual aplicar este conceito para caixas intermediárias de uma mesma interseção, como se fossem dois sub-cruzamentos dentro do cruzamento maior. Neste último caso, as referências para a defasagem são as linhas de retenção (que, aliás, são também as referências para a defasagem no caso de duas interseções distintas). Portanto, em qualquer caso a defasagem envolve sempre duas linhas de retenção distintas. No caso descrito, trata-se de defasagem entre duas linhas focais, o que carece de significado físico.

Na realidade, essa sistemática envolve uma mistura de conceitos: defasagem com limpeza de cruzamento (entreverdes).

Outro ponto importante a considerar é a deturpação do conceito de amarelo. De fato, como já visto no item 4, está associado à possibilidade de frear e parar com segurança, num ponto demarcado pela linha de retenção. Ora, o amarelo de G2 não está associado a nenhuma linha de retenção e não tem como o veículo parar no meio da área de conflito do cruzamento, ficando a sua indicação sem função.

Além disso, o grupo G2 é totalmente inócuo na sua função (ou falta de função). Senão vejamos: Todo foco semafórico deve, conforme a cor indicada determinar um comportamento aos condutores: verde – prosseguir com o movimento; amarelo – frear e parar na linha de retenção, ou, na impossibilidade de fazê-lo com segurança, prosseguir com o movimento até sair do cruzamento; vermelho – parar na linha de retenção. O Grupo G2 é “transparente”, pois, qualquer que seja a cor

indicada, os veículos só poderão ter um único comportamento: o de prosseguir até sair do cruzamento. Em outras palavras, os veículos, após ultrapassarem a linha de retenção de G1, estarão sob a influência de G2, porém só podem ter um único comportamento: o de prosseguir com o movimento, qualquer que seja a cor indicada pelo G2.

Outro fator importante a salientar é o comportamento dos motoristas face ao verde de G2 no período de AB. Foi observado que vários motoristas consideram apenas um foco do Grupo G2, simplesmente ignorando a indicação de amarelo do Grupo G1. Observou-se também que, às vezes, ocorre certa dúvida ou indefinição por parte do motorista: se pára ou se avança. Este efeito ficou nítido quando se observou que alguns veículos chegaram a diminuir a marcha (no amarelo G1) e quase parar (na linha de retenção de G1), arrancando logo em seguida, com uma aceleração brusca para aproveitar o verde do foco à frente (G2).

Pode existir até uma certa pressão psicológica sobre o condutor, gerada pelo desejo de aproveitar o verde de G2 a todo custo (pois tem-se plena consciência de que este verde é curto e poderá terminar a qualquer instante) a fim de evitar a espera de todo um novo ciclo que, sabe-se, geralmente é longo.

Essa pressão para aproveitar o verde de uns, combinada com a dúvida e a indefinição de outros, pode propiciar condições para a ocorrência de colisões traseiras, além de gerar manobras bruscas e inesperadas, criando situações de risco e conflito.

Em geral, esse esquema induz a acelerações no amarelo de G1, visando ao aproveitamento de verde de G2.

Resumindo, julgamos esse procedimento inadequado pelos seguintes motivos:

- a) Utilização indevida do verde em lugar do vermelho de limpeza.
- b) Inocuidade do Grupo G2.
- c) Uso inadequado do conceito de defasagem.
- d) Distorção do conceito do amarelo e do entreverdes.
- e) Indução a comportamentos indesejáveis.

7. Repetição de Grupos

Outra alternativa seria, na Figura 2, fazer $G1 = G2$. Entretanto, essa opção é igualmente inadequada pelas razões tratadas a seguir.

Os veículos que não conseguirem parar na linha de retenção vão ter que cruzar toda a extensão da interseção com a indicação de vermelho “na sua cara”, o que pode confundir o motorista (que pode pensar que tem que parar no meio do cruzamento) e o agente de fiscalização (que pode ficar em dúvida se o veículo passou no semáforo vermelho ou não, no caso deste ter prosseguido com o movimento).

Outra desvantagem desse sistema é a possibilidade de os veículos parados na via principal visualizarem o foco G2 e terem a tendência (ou a tentação) de invadir o cruzamento. Para este efeito, de nada adianta um tempo de vermelho de limpeza adequado. Aliás, justamente por ser este tempo bastante longo, a impaciência faz com que a inclinação à invasão torne-se maior.

8. Vôo Cego

Tendo em vista o já exposto, qual seria a alternativa mais adequada para o cruzamento da Figura 1?

Uma possibilidade seria, na Figura 2, colocar apenas o foco G2, sem o foco G1. Porém, devido à extensão do cruzamento, acreditamos que a visibilidade do foco à distância (para os veículos em movimento de aproximação) ficaria prejudicada. Além disso, apresentaria exatamente os mesmos inconvenientes do esquema discutido no item 7.

A nosso ver, a melhor solução seria aquela apresentada pela Figura 5 ou pela Figura 6, com um correto tratamento de entreverdes

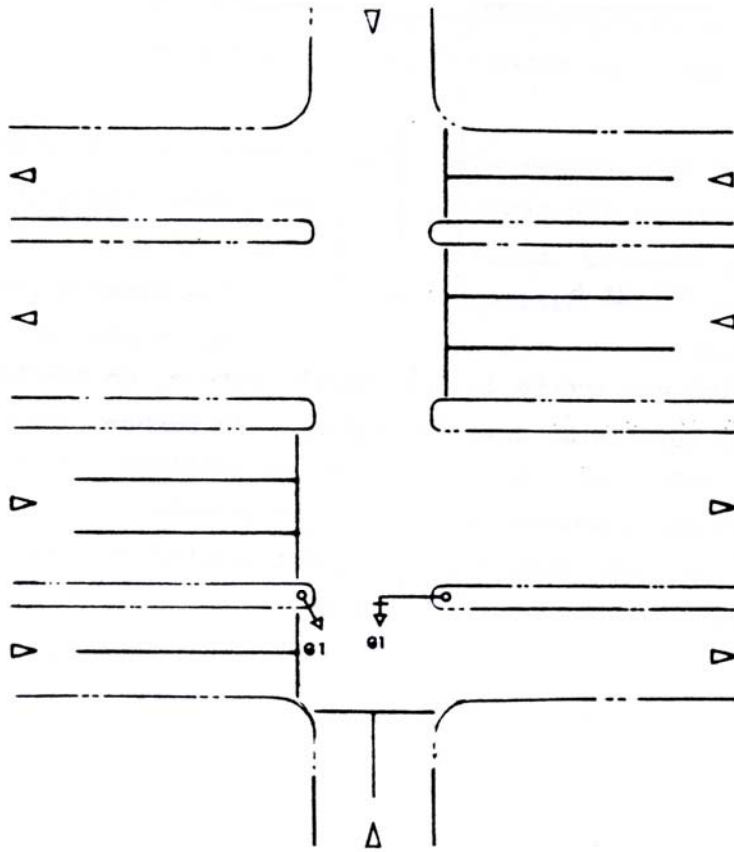


FIGURA 5

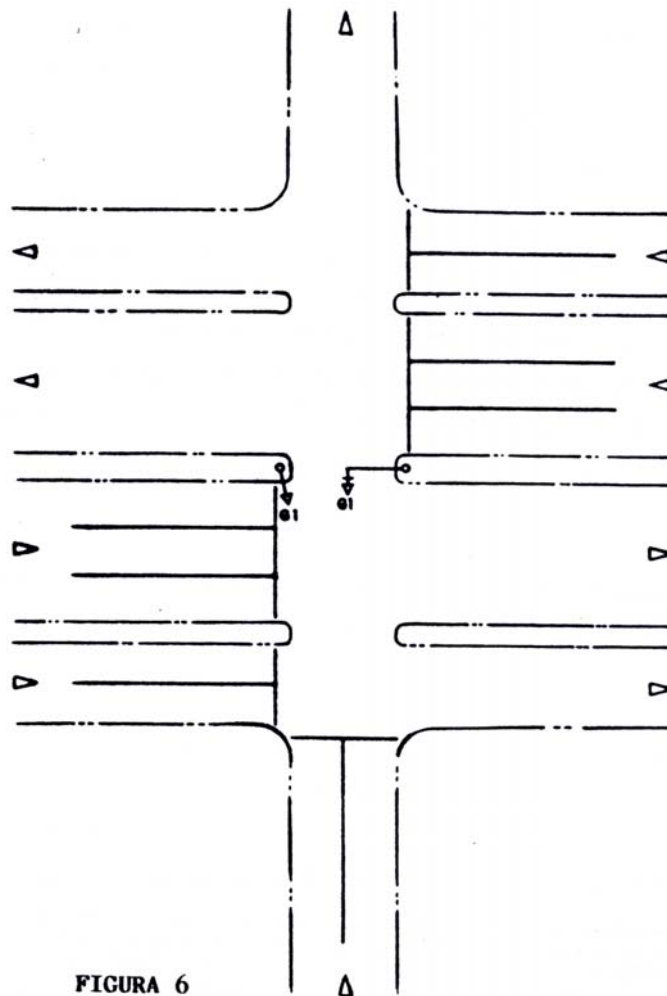


FIGURA 6

Esta solução implica num trecho de vôo cego, isto é, um trecho da interseção onde os motoristas deverão trafegar sem nenhuma informação semafórica.

Acreditamos que este fato não deva induzir nenhuma dúvida ao condutor, pois está bem caracterizado que, após ultrapassar a linha de retenção, ele deve prosseguir com o movimento e sair do cruzamento. O entreverdes deve garantir a sua travessia.

Uma grande vantagem deste sistema é a indução a não invadir o cruzamento no amarelo e início do vermelho.

Outro ponto favorável é que o sistema exige uma quantidade menor de colunas e grupos focais, evitando os verdadeiros "paliteiros" em que costumam-se transformar este tipo de interseções.

Além disso, exige menos grupos semafóricos, diminui o número de estágios (não há necessidade dos estágios de limpeza) e simplifica de forma bastante significativa a programação semafórica. Com isso, também exige-se menor capacidade do controlador.

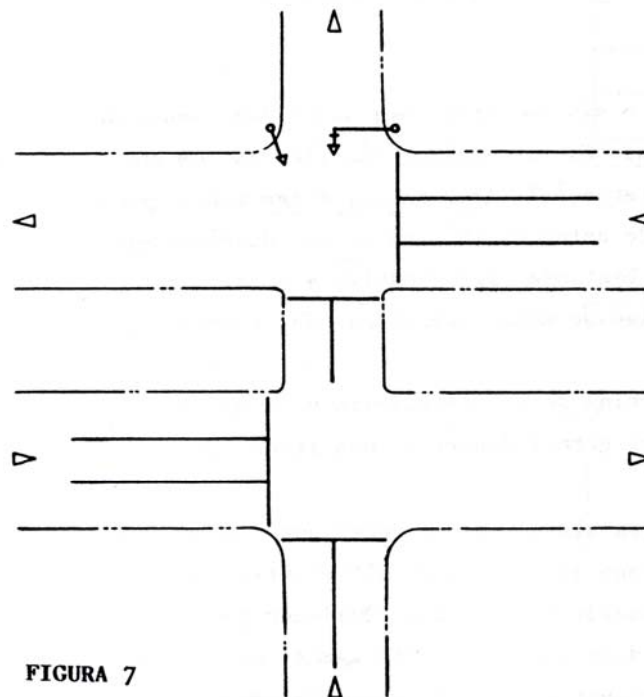
Mas o fator decisivo para a escolha desta alternativa é, a nosso ver, o pleno atendimento aos princípios gerais descritos nos itens 3.a) e 3.b).

Salienta-se ainda que, à primeira vista, pode parecer que este sistema exige um tempo de entreverdes mais longo que as demais alternativas apresentadas. Entretanto, esta impressão é

absolutamente falsa. Qualquer que seja o sistema adotado, o tempo morto deve ser exatamente igual, pois depende exclusivamente da largura da travessia e não do posicionamento dos focos. Apesar das vantagens citadas, pudemos sentir, por parte dos técnicos da CET, uma grande receio e resistência em adotar este sistema. Não pudemos identificar nenhuma razão objetiva para tal receio, que, acreditamos, deva ser mais de natureza psicológica do que fundamentado em fatos concretos ou em argumentos lógicos.

9. Linha Foca x Linha de Retenção

Embora o presente estudo trate apenas de interseções sem caixas intermediárias, vale a pena discutirmos a situação apresentada na Figura 7, onde uma linha focal está associada a duas linhas de retenção.



Julgamos esse sistema inconveniente conforme descrito: De acordo com o que foi dito anteriormente, a linha de retenção é a referência para o condutor parar quando o semáforo estiver no amarelo ou no vermelho. Aí, no caso, em qual das duas linhas de retenção se deve parar? Deve-se parar na linha mais próxima? Todavia, ao menos teoricamente, pode-se pensar que sempre se pode parar na última linha! Acreditamos que esse sistema é confuso e pode gerar problemas de ordem legal, além de gerar dúvidas para a fiscalização.

Por isso defendemos, até de forma intransigente, a aplicação da seguinte regra: Para cada linha focal, deve haver apenas uma linha de retenção; e para cada linha de retenção, deve haver apenas uma linha focal.

Engº Sun Hsien Ming

* Equipe Técnica

Engº Alexandre Zun Winkel

Engª Maria Cristina Kattah Genaro

Engª Denise de Campos Bittencourt

Engº José Carlos Soares Tigre

Engª Maria Aparecida Pinho Camargo Barbosa

Engº Fernandes Mendonça

Coordenação Geral – Engº Mauro Vincenzo Mazzamati