

CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SEMÁFOROS

Luis Vilanova *

CAPÍTULO I – ASPECTOS ENVOLVIDOS

Situando o problema

A implantação de um semáforo é uma decisão que acarreta impactos consideráveis, que podem vir a ser tanto positivos como negativos. Instalado corretamente, propicia a diminuição de acidentes e o maior conforto de veículos e pedestres. Entretanto, se for instalado num local em que sua presença é inadequada, causa aumento no número de paradas, do tempo de espera dos veículos e pedestres, do número de acidentes, além de implicar em gastos desnecessários de instalação, operação e manutenção.

Tais constatações evidenciam a importância de se contar com uma metodologia que oriente o técnico na hora de decidir se um novo semáforo deve ser implantado. Infelizmente, até hoje, não existe nenhuma metodologia, suficientemente comprovada, que estabeleça uma relação de critérios confiáveis em que possamos nos apoiar. É deplorável verificar que semáforos são implantados há cerca de 100 anos e até agora, em nenhum lugar do mundo, a Engenharia de Trânsito conseguiu formular critérios realmente consistentes. Resta, então, ao projetista, em cada caso, valer-se de sua experiência e de seu "bom senso" para tomar uma decisão. A consequência prática é uma falta de padronização sequer elementar. Encontramos cruzamentos sem semáforos em cruzamentos onde tal sinalização seria muito mais justificada do que em outros com semáforo.

Este artigo tem a intenção de contribuir para chegar mais perto da solução do problema. No Capítulo II, apresentamos e comentamos as regras utilizadas por cinco órgãos de trânsito. No Capítulo III, apontamos nossas propostas para lidar com o problema a curto e médio prazo.

Em termos gerais, podemos dizer que só encontramos critérios realmente trabalhados nos manuais do MUTCD (USA) e de São Paulo. Os outros manuais consultados copiaram, ou, pelo menos, adotaram as mesmas diretrizes do MUTCD. Nada contra a cópia em si, mas para que um manual de trânsito possa ser importado, devem existir duas condições: o documento ser consistente e as regras poderem ser universalizadas. Ao nosso entender, nenhuma dessas duas condições é satisfeita.

Nossas críticas à consistência do manual MUTCD estão detalhadas ao fim do correspondente texto, mas podemos adiantar as seguintes falhas:

- a) Deixam de ser contemplados alguns tópicos importantes, principalmente no que se refere à segurança viária;
- b) São utilizadas justificativas incompreensíveis em relação à coordenação semafórica;
- c) Não é explicada a origem dos valores utilizados como patamares para a decisão de semaforizar um local.

No que tange à dificuldade de universalizar os critérios, ou seja, de aproveitar em outros países as regras norte-americanas, apontamos as seguintes considerações:

- a) Trânsito é um fenômeno notadamente comportamental. Regras que podem funcionar muito bem num local, podem não servir para outros;
- b) Não é explicitada a teoria que embasa os requisitos estipulados, impedindo que os possamos amoldar à nossa realidade.

As considerações feitas até aqui ressaltam a total impropriedade de tentar aproveitar as regras MUTCD em outras localidades, como é feito por muitos países, inclusive em muitas cidades brasileiras. A falta de seriedade no trato do assunto fica evidente quando encontramos órgãos públicos e empresas projetistas que copiam os critérios que o MUTCD adotava há mais de dez anos, sendo que o próprio MUTCD já efetuou algumas revisões do seu manual neste período.

Gostaríamos de ter incorporado manuais de muitos outros países e só não o fizemos por limitações práticas. Se você tiver algum material desse tipo, agradeceríamos se nos mandasse a fim de que possamos enriquecer este trabalho.

Dificuldade em estipular critérios

A lacuna técnica que apontamos no item anterior tem suas razões de ser. Em primeiro lugar, todo projeto de trânsito, ao tentar resolver um problema, tem de lidar tanto com o aspecto físico como com o comportamental. Enquanto a faceta física pode ser tratada com equações, simulações computadorizadas e análises estatísticas, o aspecto comportamental é muito mais complexo de abordar.

No caso particular da implantação de um novo semáforo a dificuldade é agravada, pois o aspecto comportamental é notadamente mais relevante do que o outro. Por exemplo, a primeira idéia de um engenheiro seria comparar os atrasos dos usuários nos dois cenários e escolher aquele que indicasse os menores valores. Entretanto, se isso fosse levado ao pé da letra, teríamos muito poucos semáforos no mundo. Em praticamente qualquer interseção, o tempo de espera é muito maior na situação semaforizada, tanto para os veículos como, principalmente, para os pedestres.

Na maioria das vezes, o fator gerador do estudo reside na questão da segurança viária. Entretanto, é justamente nesta área tão crítica que enfrentamos as maiores dificuldades para estipular critérios adequados devido ao pequeno número de amostras com que é possível contar, o que impede o tratamento estatístico adequado. A maioria das interseções apresenta índices anuais de acidentes com vítimas que variam entre zero e dois. Se um lugar passou, por exemplo, de um para dois acidentes, podemos dizer que houve um forte incremento de 100% na sua periculosidade? Provavelmente, não; a variação pode ser creditada à própria aleatoriedade da distribuição das amostras.

O remédio seria esperar que transcorresse um número suficiente de anos em que se conseguisse juntar um número representativo de acidentes com vítimas o que, evidentemente, não é uma boa solução, não só porque não parece muito adequado ficar sentado esperando o número de acidentes crescer, mas também porque, a longo prazo, a própria dinâmica urbana altera substancialmente os intervenientes envolvidos. Quando se chegar a um diagnóstico, a doença já é outra! Outro caminho seria contabilizar também os acidentes sem vítimas, o que aumentaria significativamente a quantidade de elementos da amostra. O empecilho, neste caso, reside no fato de que o registro deste tipo de acidente não segue uma lógica que possa ser incorporada a uma metodologia de análise; muitos acidentes de porte não são registrados enquanto que outros mais leves o são, devido a circunstâncias variadas sobre as quais não temos nenhum controle.

Outro fator que dificulta sobremaneira a análise, quando tratamos do aspecto de segurança, é que estamos lidando com um problema que, a rigor, não deveria existir na maioria dos casos. Geralmente, se os usuários obedecessem à sinalização não semafórica já existente, nenhum acidente deveria estar ocorrendo. Sob este ponto de vista, implantar um semáforo tem o propósito de garantir o local com uma sinalização mais "forte", no sentido de ser uma sinalização mais obedecida. É muito difícil traduzir isso em critérios objetivos. Como traduzir em números aspectos de comportamento, ou dizendo melhor, de mau comportamento?

É interessante ilustrar o parágrafo anterior com a experiência de Drechten. Nesta cidade alemã com 50.000 habitantes, foram eliminados, há sete anos, 12 de seus 15 semáforos. Nenhuma morte ocorreu neste período enquanto a média anterior era de uma morte a cada três anos. O autor do projeto, Hans Monderman, defende que, paradoxalmente, a retirada dos semáforos reduz os acidentes exatamente por provocar uma situação mais insegura, pois o risco fica evidente e os usuários passam a ter mais cuidado. É impossível opinarmos com propriedade sobre um projeto tão complexo que não vivenciamos, mas estamos de acordo sobre o conceito de que, em matéria de segurança viária, é muito mais eficaz a conscientização da população do que a aplicação de dispositivos de controle. Provavelmente, como o projeto teve enorme repercussão na imprensa, os habitantes "compraram" a idéia, como uma demonstração emblemática de sua civilidade (ou talvez de seu anarquismo?). Mas não achamos que o sucesso se deveu apenas ao aspecto mercadológico. Existem considerações práticas que corroboram Monderman. Todos nós conhecemos interseções não semaforizadas que, à primeira vista, são muito perigosas, mas que não apresentam acidentes. Tais interseções têm algumas características em comum: excelente inter-visibility entre os veículos conflitantes, baixa porcentagem de veículos pesados e área de conflito não muito extensa; ressalte-se que não citamos o número de veículos como fator importante.

Se tudo isso é verdade, por que é que continuamos, então, a instalar tantos semáforos? A resposta é que a maioria aparece para resolver problemas relacionados ao desgaste emocional dos usuários. Por exemplo, vamos considerar os motoristas, de uma via transversal, que precisam cruzar uma coletora, de mão dupla, com uma corrente de tráfego intensa. Nesse caso, é extremamente desgastante, para o motorista da via secundária, ter de ficar avaliando continuamente se a próxima brecha é suficientemente extensa para que ele possa cruzar a via preferencial, sabendo que pode se envolver numa colisão se errar o julgamento. Algo muito parecido acontece com os pedestres, tanto nos cruzamentos como nas travessias de meio de quarteirão. É claro que existe alguma correlação entre este desconforto e a ocorrência efetiva de acidentes. Mas, geralmente, só conseguimos diagnosticar que existe um problema de segurança, através do registro de acidentes graves, quando a situação de desconforto já atingiu níveis extremamente elevados e fica óbvio para qualquer um que algo tem de ser feito.

Não sabemos quantificar exatamente, mas, com base na nossa experiência profissional, nos aventuramos a resumir que uma fração muito pequena dos semáforos é instalada devido ao fator atraso, uma quantidade maior devido à necessidade de reduzir os acidentes e a grande maioria para solucionar situações onde é muito grande o desconforto de motoristas de vias não preferenciais ou de pedestres. No Capítulo III, apresentamos nossa sugestão a respeito de como lidar com cada um desses três aspectos.

Todo o arrazoado que expusemos, até aqui, sobre as dificuldades em construir critérios confiáveis não pode servir de justificativa para a omissão da Engenharia de Trânsito em enfrentar o assunto. Apesar de criticarmos os critérios MUTCD,

precisamos reconhecer que, pelo menos, o pessoal de lá se esforçou em conseguir um rol de critérios. Igualmente louvável foi o empenho do grupo de engenheiros da CET São Paulo, recentemente. Com certeza, existem trabalhos feitos em outras cidades e que desconhecemos. Mas fica evidente que, na maioria das vezes, ou os critérios estrangeiros são copiados, irrefletidamente, ou são totalmente ignorados, configurando a gestão do "achismo".

Conseqüências de não se dispor de critérios

Uma das piores conseqüências de não se ter uma padronização de critérios é que ficamos à mercê de políticos demagogos que querem agradar a população sem se preocupar, realmente, se o semáforo vai diminuir ou aumentar o índice de acidentes. Com que base podemos negar o semáforo que seus eleitores pediram? Opinião por opinião, a do vereador vai ter, obviamente, muito mais peso do que a do técnico de trânsito. É o preço que temos de pagar pela falta de profissionalismo que prolifera em nossa área.

Outra conseqüência perniciosa é a discrepância de decisões que termina por gerar situações incongruentes. Se uma cidade contar com um conjunto de critérios padronizado, mesmo que imperfeito, pode incidir em decisões incorretas, sob o ponto de vista absoluto em um determinado cruzamento, mas, pelo menos, vai tomar decisões coerentes entre si no conjunto de todos os seus cruzamentos. Porém, se a decisão for totalmente subjetiva, serão negados semáforos em cruzamentos mais necessitados do que em outros que foram aquinhoados.

Outro ponto a sublinhar é que a falta de normas provoca excessiva semaforização. O técnico tem a tendência de recusar a implantação de um semáforo solicitado por municípios ou seus representantes só se for muito claro que o equipamento é desnecessário. Sua tendência, se houver qualquer sombra de dúvida, é a de aceitar a solicitação, pois sabe que não contará com nenhuma retaguarda caso sua decisão venha a ser questionada.

Mais uma conseqüência negativa é a proliferação dos semáforos quando são implementadas mudanças de circulação. Num projeto que altera a circulação, não se consegue antever claramente a gravidade dos conflitos que ocorrerão na nova distribuição de fluxos. A dificuldade cresce proporcionalmente ao tamanho da área contemplada. Como não existem regras assentes, por uma questão de precaução, a inclinação natural do projetista é a de prever um semáforo em todo local em que exista conflito. Aliás, temos presenciado a implantação de semáforos absurdamente desnecessários por conta deste tipo de precaução, mas que, no fundo, deriva da carência de critérios objetivos. Arremedando o preceito jurídico: "*In dubio pro semáforo*".

Encerramos a relação das conseqüências negativas lembrando o óbvio: uma decisão mal tomada pode acarretar maior número de acidentes, maior tempo de espera, maior desconforto dos usuários, além de incidir no fator custo, decorrente da implantação, operação e manutenção de semáforos desnecessários.

Análise de projetos alternativos

Em boa parte das vezes, o problema de uma interseção pode ser mais bem resolvido com um projeto não semaforizado, principalmente quando o busílico da questão é a segurança viária.

Existe uma série de soluções que pode ser aplicada, tanto do tipo reconfiguração geométrica como sinalização vertical e horizontal, capaz de trazer resultados que o semáforo é incapaz de oferecer. Neste sentido, são marcantes os benefícios das minirrotatórias. O artigo "**Minirrotatória – um projeto simples e eficiente para redução de acidentes**", que pode ser encontrado neste mesmo site, na seção Artigos / Segurança viária orienta a construção deste dispositivo.

A utilização de uma solução alternativa não ocorre, geralmente, devido à maior complexidade decorrente, tanto no que se refere ao projeto como à sua implementação. A reconfiguração geométrica do local, que muitas vezes substitui com vantagem o semáforo, exige projetistas especializados no assunto, bem como uma implantação que não está à mão de todas as prefeituras. Por outro lado, a elaboração do projeto semaforico "parece" ser menos complexa.

Efeito dominó

A instalação do primeiro semáforo de uma via é sempre uma medida que gera impacto na comunidade. Os motoristas estavam acostumados a percorrê-la sem ter de parar e, de repente, perdem esta liberdade. Porém, quando for ser colocado um segundo semáforo, coordenado com o primeiro, a reação já será muito menor, não só porque já ocorreu o "desvirginamento" da via, mas principalmente porque o atraso adicional provocado pelo segundo semáforo é bem inferior ao atraso que tinha sido gerado pela implantação do primeiro.

Neste sentido, quantos mais semáforos uma via tiver, melhor será a aceitação do próximo. Ressalte-se que estamos supondo que os semáforos operarão de forma coordenada, pois, se não, o efeito pode ser exatamente o oposto.

CAPÍTULO II – CRITÉRIOS EXISTENTES

Apresentação

Este capítulo traz e analisa os critérios utilizados pelos órgãos governamentais dos seguintes países:

- Estados Unidos (MUTCD)
- São Paulo (CET de São Paulo)
- Argentina
- Portugal
- Escócia

Os manuais dos Estados Unidos, Argentina e Escócia foram por nós traduzidos. O manual português foi simplesmente transcrito, na sua parte relativa ao objeto deste trabalho. Resolvemos não transcrever, *ipsis litteris*, o manual paulistano, pois sua forma de apresentação original não coaduna com o estilo dissertativo do nosso artigo. Por isso, detalhamos o manual da CET em forma de texto, mas sempre respeitando seu conteúdo.

Ao fim de cada um dos cinco manuais, inserimos nossos comentários sobre os critérios ali expostos.

CASO 1 – ESTADOS UNIDOS - MANUAL ON UNIFORM TRAFFIC CONTROL DEVICES – MUTCD

Traduzido do original, que está disponível no site <http://mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2003r1/Ch4.pdf>

Avaliação da Necessidade da Implantação de um Semáforo

Seção 4C.01 – Estudos e fatores que justificam a necessidade da implantação de um semáforo

Deve ser realizado um estudo de engenharia que avalie as condições de trânsito, as características dos pedestres e a configuração física do local em questão a fim de determinar se a instalação de um semáforo é justificável num determinado local.

A investigação deve incluir análise dos fatores contidos nos oito critérios descritos a seguir que forem aplicáveis ao local estudado, além da análise de outros fatores relacionados com sua operação e segurança.

- Critério 1 – Fluxo veicular das oito horas
- Critério 2 – Fluxo veicular das quatro horas
- Critério 3 – Fluxo veicular na hora de pico
- Critério 4 – Fluxo de pedestres
- Critério 5 – Travessia de escolares
- Critério 6 – Compactação de pelotões em eixos de semáforos coordenados
- Critério 7 – Histórico de acidentes
- Critério 8 – Organização do trânsito em redes de semáforos

O simples cumprimento de um ou mais critérios não implica, automaticamente, na decisão pela implantação do semáforo.

Esclarecimentos:

As seções 8D.07 e 10D.05 deste Manual contêm informações a respeito da utilização de semáforos em vez de cancelas em passagens de nível ferroviárias e em vez de focos em amarelo intermitente nos cruzamentos com vias de veículos leves sobre trilhos.

Orientação:

Um semáforo não deve ser instalado a menos que um ou mais dos critérios descritos nesta seção sejam atendidos. Além disso, é necessário que um estudo de engenharia comprove que tal implantação acarretará na melhoria geral das condições de segurança e/ou de operação do local em questão.

Um semáforo não deve ser instalado se vier a interromper bruscamente a progressão de uma corrente de trânsito.

As análises devem avaliar o tratamento que deve ser dado aos movimentos de conversão à direita das vias não preferenciais, determinando, se houver, qual o

número de veículos pertencentes a estas conversões que deve ser descontado da contagem da via não preferencial por ocasião da verificação dos critérios.

Deve-se, também, recorrer à apreciação da engenharia nos casos em que a aproximação possui duas faixas, sendo uma delas reservada para conversões à direita ou à esquerda. As características físicas específicas do local definirão se tal aproximação deve ser considerada como de uma ou de duas faixas. Por exemplo, se uma aproximação tiver uma faixa para atender aos movimentos em frente e à direita e outra faixa exclusiva para conversão à esquerda, a análise da engenharia é que vai indicar se se deve considerar que esta aproximação tem apenas uma faixa, no caso em que o fluxo da conversão à esquerda seja muito pequeno. Em tal caso, o valor do fluxo total que chega na interseção deve ser verificado dentro do requisito que trata das aproximações com uma só faixa. Se, por outro lado, cerca de metade do seu volume virar à esquerda, numa faixa suficientemente larga para acomodar todos os veículos que desejem fazer este movimento, tal aproximação deverá ser considerada como de duas faixas.

Uma avaliação similar a ser feita pelo estudo de engenharia ocorre quando temos uma aproximação de uma via não preferencial com duas faixas, sendo uma delas utilizada quase que totalmente para conversões à direita. Neste caso, deve-se considerar o grau de conflito entre os veículos da conversão com o trânsito da via preferencial. Não se deve considerar o volume da conversão, para efeito da verificação dos critérios, se tal movimento de conversão consegue entrar na via preferencial praticamente sem conflito; neste caso, a aproximação deve ser considerada como tendo apenas uma faixa e só o seu volume em frente e à esquerda deve ser computado.

Nos casos em que está prevista a implantação de um projeto que irá alterar substancialmente a distribuição dos fluxos de trânsito, estes devem ser estimados para o horizonte da condição futura como parte do estudo de engenharia a fim de poderem ser confrontados contra os valores especificados nos critérios de implantação. Exceto para os locais onde a justificativa estiver embasada no oitavo critério, sempre que se instalar um semáforo tomando como referência o fluxo futuro estimado, deve ser feito, dentro do período inicial de um ano, o estudo da efetiva necessidade deste controle através da análise comparativa dos resultados de um procedimento de desativação e ativação do semáforo. Conforme as conclusões de tal análise, o semáforo deverá ser removido.

No caso em que uma das vias, que formam a interseção, tiver duas pistas separadas por canteiro central largo, mesmo que seja superior a 9 metros, deve-se considerar tão somente uma interseção e não uma interseção para cada pista.

Casos particulares

Em uma interseção onde um dos sentidos de uma via preferencial mão-dupla efetuar movimento de conversão à esquerda, conflitando com o sentido oposto, pode-se considerar tal movimento de conversão como se fosse uma via não preferencial conflitando com o sentido oposto, este sim cumprindo o papel de via preferencial.

Para efeito da aplicação dos critérios, podem-se considerar as bicicletas ou como veículos ou como pedestres.

Esclarecimentos

Para efeito da aplicação dos critérios, as bicicletas que estiverem circulando junto à corrente de trânsito geral são geralmente consideradas como veículos e as bicicletas que estiverem compartilhando os recursos dedicados aos pedestres são contadas como pedestres.

Levantamento de dados

Os sete itens seguintes indicam alguns dados de campo que podem ser levantados para subsidiar o estudo de engenharia.

A. Fluxo horário de veículos, de cada aproximação, que chega à interseção durante um período de 12 horas de um dia típico. É recomendável que este período contenha a maior porcentagem do volume contido nas 24 horas do dia.

B. Contagens classificadas de cada aproximação durante duas horas representativas do pico da manhã e duas horas representativas do pico da tarde, anotadas em intervalos de 15 minutos. A classificação deve ser feita em função dos diferentes tipos de veículos existentes, tais como caminhões pesados, caminhões leves, automóveis, ônibus, e, em alguns casos, até bicicletas e motocicletas.

C. Fluxo de pedestres, contado em cada travessia, durante os mesmos períodos considerados no item B acima e durante os horários de maior volume de pedestres. Nos locais em que houver pessoas que necessitem atenção especial, tais como crianças, idosos e deficientes físicos ou visuais, a classificação destes pedestres, e seus respectivos tempos de travessia, pode ser feita durante o transcorrer da pesquisa de todos os pedestres.

D. Pesquisas efetuadas em centros de atividade, existentes nas proximidades, encarregados de atender crianças, idosos e deficientes físicos ou visuais, incluindo questões sobre possíveis melhorias que possam ser implementadas no local. O número destas pessoas que deseja atravessar na interseção em estudo pode estar sendo subestimado devido ao fato de que a atual falta do semáforo pode estar desestimulando-as a passarem pelo local.

E. Velocidade máxima permitida, seja através de sinalização ou de regulamentação prevista na lei, e velocidade 85 percentil nas vias não sinalizadas por placas "Pare" ou "Dê a preferência".

F. Croquis mostrando as características do local em estudo, incluindo detalhes do leiaute físico, geometria da interseção, canalizações, rampas, restrições à visibilidade, itinerário dos ônibus e eventuais pontos de parada, condições de estacionamento, sinalização horizontal, iluminação da via, ruas particulares, passagens em nível de linha férrea nas proximidades, distâncias até os semáforos mais próximos, postes com suas instalações e acessórios e o uso do solo do entorno.

G. Diagrama de colisão mostrando o histórico de acidentes no local, incluindo tipo dos veículos envolvidos, sua localização exata na interseção, direção dos movimentos, gravidade, condições meteorológicas, horário, data e dia da semana. Este diagrama deve mostrar os acidentes que ocorreram durante, pelo menos, o período de um ano.

Estão relacionados, a seguir, alguns dados que é desejável obter a fim de alcançar uma compreensão mais precisa da operação da interseção, e que podem ser coletados durante os períodos mencionados no item B acima.

a) Atraso existente em cada uma das aproximações da interseção, medido em veículos x hora.

b) Número e distribuição das brechas existentes nas correntes de trânsito da via preferencial suficientemente grandes para serem aceitas pelos veículos das vias não preferenciais que desejam atravessá-la.

c) Velocidade máxima permitida e velocidade 85 percentil nas aproximações sinalizadas por placas "Pare" ou "Dê a preferência", mas em seções suficientemente a montante para que a velocidade não chegue a ser afetada por tais sinalizações.

d) Tempo de espera dos pedestres durante, pelo menos, dois intervalos de 30 minutos pertencentes aos períodos de pico de um dia útil típico ou de um sábado ou domingo que lhe sejam equivalentes. O período de pico aqui citado se refere ao horário em que os pedestres sofrem maiores esperas.

e) Comprimento das filas nas aproximações sinalizadas com placas "Pare" ou "Dê a preferência".

Seção 4C.02 – Critério 1: Fluxo veicular das oito horas

Esclarecimentos:

Este critério aborda duas situações de trânsito distintas, denominadas Condição A e Condição B.

A Condição A tem por finalidade tratar os casos em que a principal razão considerada para a implantação de um semáforo numa interseção é o número muito grande de veículos que nela se interceptam.

A Condição B tem por finalidade tratar os casos em que a principal razão considerada para a implantação de um semáforo numa interseção é a dificuldade das vias não preferenciais em adentrar ou cruzar uma corrente de trânsito intensa e ininterrupta da via preferencial, acarretando-lhes excessivo tempo de espera, ou, então, a necessidade de enfrentar conflitos muito severos.

O critério 1 deve ser aplicado de forma singular. Se a condição A for satisfeita, o Critério 1 estará aprovado e é desnecessário analisar tanto a Condição B como o grupo misto Condição A & Condição B. Analogamente, se a condição B for satisfeita, o Critério 1 estará aprovado e é desnecessário analisar tanto a Condição B como o grupo misto Condição A & Condição B.

Descrição do critério:

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo numa interseção se um estudo de engenharia concluir que, pelo menos, uma das duas seguintes condições ocorre durante, no mínimo, oito quaisquer intervalos de uma hora, de um dia típico.

Condição A - Para a correspondente combinação de número de faixas, tanto a soma dos fluxos horários de veículos de todas as aproximações da via preferencial como o fluxo horário de veículos da aproximação mais carregada das vias não

preferenciais igualam ou superam os valores apontados nas correspondentes colunas "100%" da Condição A da Tabela 4C-1.

Condição B - Para a correspondente combinação de número de faixas, tanto a soma dos fluxos horários de veículos de todas as aproximações da via preferencial como o fluxo horário de veículos da aproximação mais carregada das vias não preferenciais igualam ou superam os valores apontados nas correspondentes colunas "100%" da Condição B da Tabela 4C-1.

Para qualquer condição analisada, os oito intervalos escolhidos para a via preferencial e para a não preferencial devem ser os mesmos. Em relação à via não preferencial, não é necessário que a mesma aproximação seja adotada para os oito intervalos; para cada intervalo de uma hora deverá ser selecionada a aproximação que nele apresentar o maior fluxo.

Casos particulares:

Se a velocidade máxima permitida na via preferencial, ou se sua velocidade 85 percentil, exceder 70 km/h, ou, ainda, se a interseção estiver localizada numa área urbanizada de uma comunidade isolada, com uma população inferior a 10.000 habitantes, podem passar a ser utilizados os volumes correspondentes às colunas "70%" na Tabela 4C-1, tanto para a Condição A como para a Condição B.

Orientação:

A combinação das condições A e B visa ser aplicada nos locais em que nem uma delas é cumprida plenamente e somente deve ser aplicada se uma análise detalhada mostrar que não são possíveis outras soluções que possam acarretar menos tempo de espera e menor inconveniência ao trânsito.

Descrição do critério:

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo numa interseção se um estudo de engenharia concluir que os dois requisitos expressos a seguir ocorrem durante, no mínimo, oito quaisquer intervalos de uma hora, de um dia típico.

Requisito 1 - Para a correspondente combinação de número de faixas, tanto a soma dos fluxos horários de veículos de todas as aproximações da via preferencial como o fluxo horário de veículos da aproximação mais carregada das vias não preferenciais igualam ou superam os valores apontados nas correspondentes colunas "80%" da Condição A da Tabela 4C-1

Requisito 2 - Para a correspondente combinação de número de faixas, tanto a soma dos fluxos horários de veículos de todas as aproximações da via preferencial como o fluxo horário de veículos da aproximação mais carregada das vias não preferenciais igualam ou superam os valores apontados nas correspondentes colunas "80%" da Condição B da Tabela 4C-1

Para qualquer condição analisada, os oito intervalos escolhidos para a via preferencial e para a não preferencial devem ser os mesmos. Em relação à via não preferencial, não é necessário que a mesma aproximação seja

adotada para os oito intervalos; para cada intervalo de uma hora deverá ser selecionada a aproximação que nele apresentar o maior fluxo.

Casos particulares:

Se a velocidade máxima permitida na via preferencial, ou se sua velocidade 85 percentil, exceder 70 km/h, ou, ainda, se a interseção estiver localizada numa área urbanizada de uma comunidade isolada, com uma população inferior a 10.000 habitantes, podem passar a ser utilizados os volumes correspondentes às colunas "56%" na Tabela 4C-1, tanto para a Condição A como para a Condição B.

Tabela 4C-1. Critério 1: Fluxo veicular das oito horas

Condição A – Fluxo veicular mínimo									
Número de faixas em cada aproximação		Fluxo horário na via preferencial (total de todas as suas aproximações)				Fluxo horário na aproximação mais carregada da via não preferencial			
<u>Via preferencial</u>	<u>Via não preferencial</u>	<u>100%</u>	<u>80%</u>	<u>70%</u>	56%	<u>100%</u>	<u>80%</u>	<u>70%</u>	<u>56%</u>
1	1	500	400	350	280	150	120	105	84
2 ou mais	1	600	480	420	336	150	120	105	84
2 ou mais	2 ou mais	600	480	420	336	200	160	140	112
1	2 ou mais	500	400	350	280	200	160	140	112

Condição B – Interrupção de corrente de tráfego contínua									
Número de faixas em cada aproximação		Fluxo horário na via preferencial (total de todas as suas aproximações)				Fluxo horário na aproximação mais carregada da via não preferencial			
<u>Via preferencial</u>	<u>Via não preferencial</u>	<u>100%</u>	<u>80%</u>	<u>70%</u>	<u>56%</u>	<u>100%</u>	<u>80%</u>	<u>70%</u>	<u>56%</u>
1	1	750	600	525	420	75	60	53	42
2 ou mais	1	900	720	630	504	75	60	53	42
2 ou mais	2 ou mais	900	720	630	504	100	80	70	56
1	2 ou mais	750	600	525	420	100	80	70	56

Seção 4C.03 – Critério 2: Fluxo veicular das quatro horas

Esclarecimentos:

Este critério tem por finalidade tratar os casos em que a principal razão considerada para a implantação de um semáforo numa interseção é o número muito grande de veículos que nela se interceptam.

Descrição do critério:

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo numa interseção se um estudo de engenharia concluir que o requisito expresso no próximo parágrafo ocorre durante, no mínimo, quatro quaisquer intervalos de uma hora, de um dia típico.

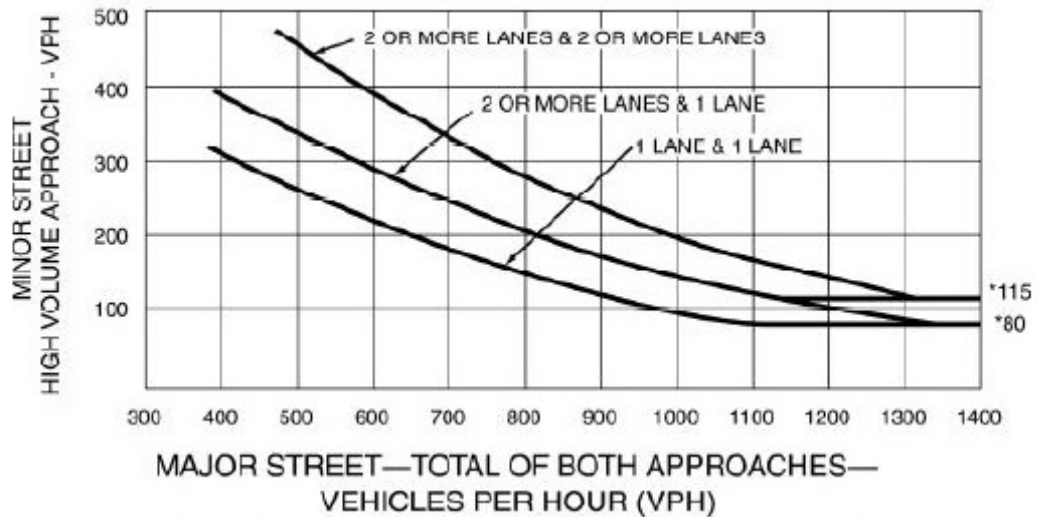
Na Figura 4C-1, o ponto correspondente à interseção sob análise cair acima da curva que retrata a combinação de número de faixas existente. Nesta figura, o eixo das abcissas se refere à soma do fluxo horário de todas as aproximações da via preferencial enquanto que o eixo das ordenadas corresponde ao fluxo horário de veículos da aproximação mais carregada das vias não preferenciais. A figura contém três curvas. A curva inferior diz respeito à combinação em que as aproximações da via preferencial têm uma faixa e, da mesma forma, a aproximação escolhida das vias não preferenciais tem, também, uma só faixa. A curva do meio trata das situações em que as aproximações da via preferencial têm duas ou mais faixas e a escolhida da via não preferencial tão somente uma. Finalmente, a curva superior é utilizada quando todas as aproximações, seja da via preferencial como a escolhida da não preferencial, têm duas ou mais faixas.

Os quatro intervalos de uma hora escolhidos para a via preferencial e para a não preferencial devem ser os mesmos. Em relação à via não preferencial, não é necessário que a mesma aproximação seja adotada para os quatro intervalos; para cada intervalo de uma hora deverá ser selecionada a aproximação que nele apresentar o maior fluxo.

Casos particulares:

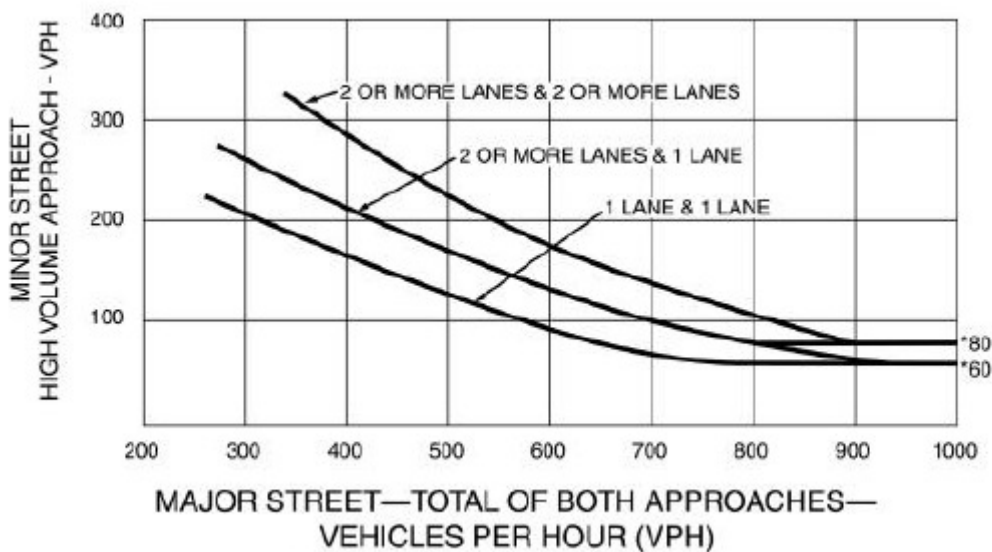
Se a velocidade máxima permitida na via preferencial, ou se sua velocidade 85 percentil, exceder 70 km/h, ou, ainda, se a interseção estiver localizada numa área urbanizada de uma comunidade isolada, com uma população inferior a 10.000 habitantes, pode ser utilizada a Figura 4C-2 em vez da figura 4C-1.

Figura 4C-1. Critério 1: Fluxo veicular das quatro horas



Nota referente à Figura 4C-1: O patamar inferior aceito para o fluxo horário da aproximação mais carregada da via não preferencial, com uma só faixa de rolamento, é igual a 80 veículos/hora e é igual a 115 veículos/ hora quando ela contiver duas ou mais faixas. Encontramos estes valores apontados à direita do gráfico, junto às curvas correspondentes.

Figura 4C-2. Critério 1: Fluxo veicular das quatro horas (fator 70%)



Nota referente à Figura 4C-2: O patamar inferior aceito para o fluxo horário da aproximação mais carregada da via não preferencial, com uma só faixa de rolamento, é igual a 60 veículos/hora e é igual a 80 veículos/ hora quando ela contiver duas ou mais faixas. Encontramos estes valores apontados à direita do gráfico, junto às curvas correspondentes.

Seção 4C.04 – Critério 3: Fluxo veicular na hora de pico

Esclarecimentos:

Este critério tem por finalidade tratar os casos em que a principal razão considerada para a implantação de um semáforo numa interseção é que suas condições de trânsito são tais que, durante um período mínimo de uma hora de um dia típico, o trânsito da via não preferencial sofre um tempo de espera excessivo para conseguir adentrar ou cruzar a via preferencial.

Descrição do critério:

Este critério deve ser aplicado somente em casos não usuais. Tais casos incluem, dentre outros, complexos de escritórios, fábricas manufatureiras, complexos industriais e situações em que existem pólos que atraem ou geram um grande número de veículos durante curtos períodos de tempo.

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo numa interseção se um estudo de engenharia concluir que é atendido, pelo menos, uma das duas condições descritas a seguir.

Primeira condição - Os três requisitos seguintes são cumpridos simultaneamente durante o mesmo período de uma hora, formado por quaisquer quatro intervalos consecutivos de 15 minutos de um dia típico.

Primeiro requisito - O tempo total de espera sofrido pelos veículos numa aproximação de uma via não preferencial, controlada por uma placa "Pare" ou "Dê a preferência", é igual ou superior a 4 veículos x hora no caso de possuir apenas uma faixa de rolamento e 5 veículos x hora se comportar duas ou mais faixas.

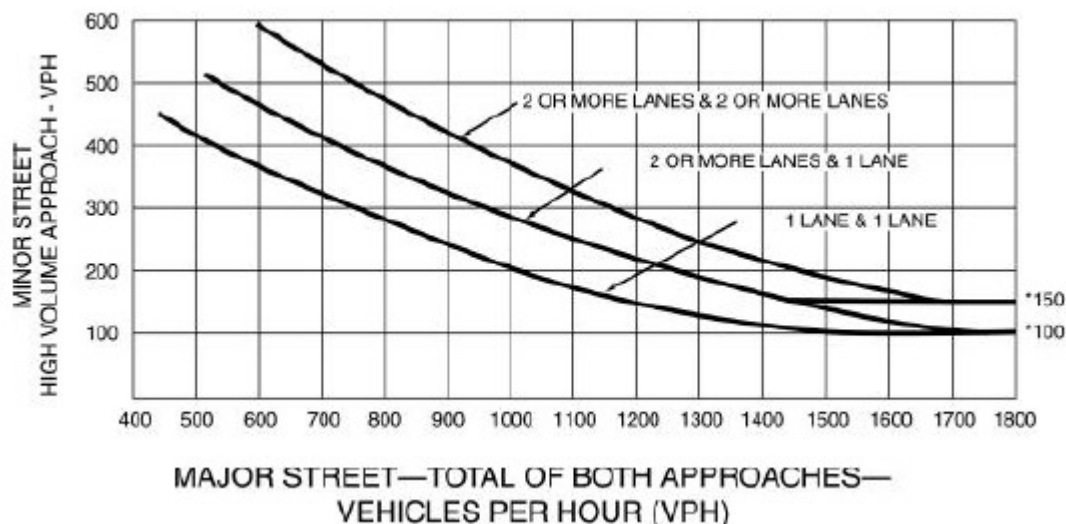
Segundo requisito - O volume medido na mesma aproximação e no mesmo intervalo em que a primeira condição é atendida é igual ou superior a 100 veículos/hora no caso de existir apenas uma faixa de rolamento ou 150 veículos/hora se houverem duas ou mais faixas.

Terceiro requisito - O volume total de veículos que passam pela interseção, durante o mesmo período de uma hora em que a primeira condição é atendida, é igual ou superior a 650 veículos no caso de interseções com três aproximações ou 800 veículos se houver quatro ou mais aproximações.

Segunda condição - Na Figura 4C-3, o ponto correspondente à interseção sob análise cair acima da curva que retrata a combinação de número de faixas existente. Nesta figura, o eixo das abcissas se refere à soma do fluxo horário de todas as aproximações da via preferencial enquanto que o eixo das ordenadas corresponde ao fluxo horário de veículos da aproximação mais carregada das vias não preferenciais.

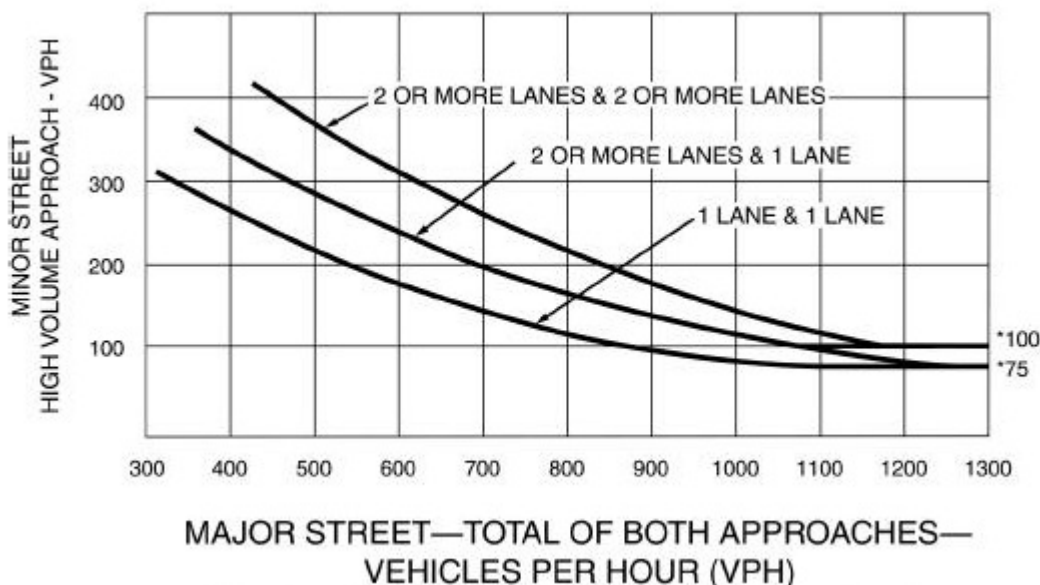
O período de uma hora escolhido pode ser formado por quaisquer quatro intervalos consecutivos de 15 minutos de um dia típico.

Figura 4C-3. Critério 3: Fluxo veicular na hora de pico



Nota referente à Figura 4C-3: O patamar inferior aceito para o fluxo horário da aproximação mais carregada da via não preferencial, com uma só faixa de rolamento, é igual a 60 veículos/hora e é igual a 80 veículos/hora quando ela contiver duas ou mais faixas. Encontramos estes valores apontados à direita do gráfico, junto às curvas correspondentes.

Figura 4C-4. Critério 3: Fluxo veicular na hora de pico



Nota referente à Figura 4C-4: O patamar inferior aceito para o fluxo horário da aproximação mais carregada da via não preferencial, com uma só faixa de rolamento, é igual a 75 veículos/hora e é igual a 100 veículos/hora quando ela contiver duas ou mais faixas. Encontramos estes valores apontados à direita do gráfico, junto às curvas correspondentes.

Casos particulares:

Se a velocidade máxima permitida na via preferencial, ou se sua velocidade 85 percentil, exceder 70 km/h, ou, ainda, se a interseção estiver localizada numa área

urbanizada de uma comunidade isolada, com uma população inferior a 10.000 habitantes, pode ser utilizada a Figura 4C-4 em vez da figura 4C-3, no que diz respeito ao atendimento da segunda condição.

Seção 4C.05 - Critério 4: Fluxo de pedestres

Esclarecimentos:

Este critério tem por finalidade tratar os casos em que o elevado fluxo da corrente de trânsito numa via causa excessivo tempo de espera aos pedestres que desejam atravessá-la.

Descrição do critério:

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo numa interseção ou numa seção de meio de quadra se um estudo de engenharia concluir que os dois seguintes requisitos são atendidos simultaneamente.

Primeiro requisito - O volume de pedestres que atravessam a via numa seção de meio de quadra, ou junto a uma interseção, durante quatro quaisquer intervalos de uma hora de um dia típico é igual ou superior a 100 pedestres/hora ou, então, é igual ou superior a 190 pedestres/hora durante qualquer um dos intervalos de uma hora. No caso das interseções, devem ser somados os volumes de pedestres em todas as travessias da via mais crítica, contíguas à interseção.

Segundo requisito - Durante cada um dos mesmos intervalos de uma hora em que o primeiro requisito é atendido, existem menos que 60 brechas/hora na corrente de trânsito suficientemente extensas para permitir a travessia de pedestres. Onde existir um canteiro central com largura suficiente para abrigar pedestres, este requisito deve ser aplicado separadamente para cada uma das pistas.

O critério "Fluxo de pedestres" não deve ser aplicado em locais cuja distância ao semáforo mais próximo seja inferior a 90 metros na mesma via em que a travessia está sendo avaliada, a não ser que o novo semáforo não venha a prejudicar o movimento progressivo do trânsito nesta via.

Se a implantação do novo semáforo for justificada tanto pelos dois requisitos como por um estudo de engenharia, ele deverá ser equipado com grupos focais de pedestres, conforme determinado na seção 4E deste Manual.

Orientação:

A. Se o novo semáforo for implantado no interior de uma área em que já existe uma rede semaforica, deverá ser coordenado com os outros semáforos que a compõem.

B. Numa interseção isolada, o semáforo deverá operar no modo atuado pelo trânsito, com detectores em todas as aproximações e com botoeiras de pedestres. No mínimo, deverá operar no modo semi-atuado.

C. Em travessias de meio de quadra, o semáforo deverá contar com botoeiras acionadas pelos pedestres. Elementos que restrinjam a visibilidade, tais como

estacionamento, devem ser proibidos num trecho de 30 metros na aproximação do semáforo e num trecho igual a 6,1 metros na zona correspondente ao afastamento. A instalação deverá vir acompanhada da sinalização vertical e horizontal necessária.

Casos particulares:

Se a velocidade média de travessia dos pedestres for inferior a 1,2 m/s, os valores limite apontados no primeiro requisito podem ser diminuídos até sua metade.

O semáforo pode ser desnecessário se existirem semáforos adjacentes que geram, de forma consistente, brechas com tamanho adequado para os pedestres atravessarem a via, mesmo que o espaçamento médio entre tais brechas seja superior a um minuto.

Seção 4C.06 - Critério 5: Travessia de escolares

Esclarecimentos:

Este critério tem por finalidade tratar os casos em que a principal razão considerada para a implantação de um semáforo numa via é a ocorrência de travessia de crianças escolares.

Descrição do critério:

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo se um estudo de engenharia a respeito da frequência de brechas na corrente de trânsito, suficientemente extensas para a travessia dos grupos de crianças escolares, concluir que o número de brechas adequadas, durante o período em que as crianças realizam a travessia, é inferior ao número de minutos no mesmo período (Nota 1) e que, além disso, existe um número mínimo de 20 estudantes durante o período de uma hora em que ocorre o maior volume de travessias.

Antes de se decidir pela instalação do novo semáforo, deve-se avaliar a possibilidade de resolver o problema através de outras soluções, tais como placas de advertência acompanhadas de focos em amarelo intermitente, placas de velocidade máxima permitida em zonas escolares, auxiliares de travessia ou instalação de uma passarela.

O critério "Travessia de escolares" não deve ser aplicado em locais cuja distância ao semáforo mais próximo seja inferior a 90 metros na mesma via em que a travessia está sendo avaliada, a não ser que o novo semáforo não venha a prejudicar o movimento progressivo do trânsito nesta via.

Neste ponto, o Manual remete à sua seção 7A-03, que trata das travessias controladas de escolares. Transcrevemos a seguir o texto desta seção.

"Por motivos de segurança, os escolares devem aguardar uma brecha adequada para realizar sua travessia, isto é, uma brecha com duração suficiente para propiciar uma travessia razoavelmente segura. Se a demora entre brechas

adequadas for excessiva, os estudantes podem ficar impacientes e arriscar-se tentando atravessar numa brecha inadequada.”

“Recomenda-se a adoção do método descrito no artigo “School Trip Safety Program Guidelines”, do Institute of Transportation Engineers, a fim de determinar a frequência de brechas adequadas na corrente de trânsito”.

Orientação:

A. Se o novo semáforo for implantado no interior de uma área em que já existe uma rede semafórica, deverá ser coordenado com os outros semáforos que a compõem.

B. Numa interseção isolada, o semáforo deverá operar no modo atuado pelo trânsito, com detectores em todas as aproximações e com botoeiras de pedestres. No mínimo, deverá operar no modo semi-atuado.

C. Em travessias de meio de quadra, o semáforo deverá contar com botoeiras acionadas pelos pedestres. Elementos que restrinjam a visibilidade, tais como estacionamento, devem ser proibidos num trecho de 30 metros na aproximação do semáforo e num trecho igual a 6,1 metros na zona correspondente ao afastamento. A instalação deverá vir acompanhada da sinalização vertical e horizontal necessária.

Seção 4C.07 - Critério 6: Compactação de pelotões em eixos de semáforos coordenados

Esclarecimentos:

A necessidade de manter a compactação apropriada dos pelotões de veículos que formam correntes de trânsito que atravessam um sistema coordenado de semáforos pode requerer, às vezes, a instalação de semáforos em algumas interseções, que seriam desnecessários sob outros aspectos.

Descrição do critério:

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo numa interseção se um estudo de engenharia concluir que os dois seguintes requisitos são atendidos simultaneamente.

Primeiro requisito - Em uma via de mão única, ou em uma via em que o trânsito é predominante em uma direção, os semáforos vizinhos estão tão afastados que não conseguem garantir o grau adequado de compactação dos pelotões de veículos, que poderá ser conseguido através da operação conjunta dos semáforos existentes com o novo semáforo.

Segundo requisito - Em uma via de mão dupla, os semáforos vizinhos não garantem adequado grau de compactação dos pelotões, que poderá ser conseguido através da operação conjunta dos semáforos existentes com o novo semáforo.

Orientação:

O critério "Compactação de pelotões em eixos de semáforos coordenados" não deverá ser aplicado onde o espaçamento resultante entre semáforos venha a ser inferior a 300 metros, caso o novo semáforo venha a ser implantado.

Seção 4C.08 - Critério 7: Histórico de acidentes

Esclarecimentos:

Este critério tem por finalidade tratar os casos em que a principal razão considerada para a implantação de um semáforo num certo local é a gravidade e freqüência dos acidentes que ali ocorre.

Descrição do critério:

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo numa interseção ou numa seção de meio de quadra se um estudo de engenharia concluir que as três condições a seguir são atendidas simultaneamente.

Primeira condição - Um conjunto adequado de alternativas, contando com a devida observação e fiscalização, já foi aplicado anteriormente e não conseguiu obter redução na freqüência dos acidentes.

Segunda condição - Foram registrados cinco ou mais acidentes, do tipo que pode ser corrigido por semáforo, durante um período de 12 meses, sendo que cada um desses acidentes ou causou vítimas, ou acarretou danos materiais consideráveis, ou implicou em ambos os danos.

Terceira condição – Os dois requisitos seguintes são cumpridos simultaneamente

Primeiro requisito – Um estudo de engenharia concluir que durante, no mínimo, oito quaisquer intervalos de uma hora, de um dia típico, para a correspondente combinação de número de faixas, tanto a soma dos fluxos horários de veículos de todas as aproximações da via preferencial como o fluxo horário de veículos da aproximação mais carregada das vias não preferenciais igualam ou superam os valores apontados nas correspondentes colunas "80%" das condições A ou B da Tabela 4C-1. Para qualquer condição analisada, os oito intervalos escolhidos para a via preferencial e para a não preferencial devem ser os mesmos. Em relação à via não preferencial, não é necessário que a mesma aproximação seja adotada para os oito intervalos; para cada intervalo de uma hora deverá ser selecionada a aproximação que nele apresentar o maior fluxo.

Segundo requisito – Um estudo de engenharia concluir que o Critério "Fluxo de pedestres" é atendido, no mínimo, para 80% dos valores ali especificados para o volume de pedestres.

Seção 4C.09 - Critério 8: Organização do trânsito em redes de semáforos

Esclarecimentos:

A instalação de um semáforo numa interseção pode ser justificada se contribuir para a concentração e organização das correntes de trânsito na rede a que tal semáforo será coordenado.

Descrição do critério:

Deve ser considerada a possibilidade da implantação de um semáforo numa interseção formada pelo encontro de dois ou mais eixos de trânsito se um estudo de engenharia concluir que é atendido pelo menos um dos dois seguintes requisitos.

Primeiro requisito - O volume total de veículos que passam pela interseção atualmente, ou sua previsão para curto prazo, durante o mesmo período de uma hora, é igual ou superior a 1000 veículos durante o período de pico de um dia típico e, além disso, os fluxos previstos para um horizonte de cinco anos, estimados através de um estudo de engenharia, atendem, pelo menos, a um dos três primeiros critérios.

Segundo requisito - O volume total de veículos que passam pela interseção atualmente, ou sua previsão para curto prazo, é igual ou superior a 1000 veículos em cada um de cinco quaisquer intervalos de uma hora pertencentes a um sábado ou domingo.

Um eixo de trânsito, conforme entendido neste critério, é uma via ou uma seqüência de vias que atende a, pelo menos, uma das três características descritas a seguir.

- a) Fazer parte de um conjunto de vias que desempenha o papel de rota de atendimento a uma corrente de tráfego direta.
- b) Incluir vias rurais ou suburbanas que ladeiam, cruzam ou entram na cidade.
- c) Constar como eixo principal de trânsito num plano diretor oficial, como, por exemplo, num estudo de trânsito e transporte.

Nossos comentários sobre os critérios MUTCD

A principal questão que se deve levantar em relação aos oito critérios especificados pelo MUTCD diz respeito à sua fundamentação. Os conceitos em que os critérios se apóiam, tais como número de faixas, fluxo de veículos, fluxo de pedestres e acidentes são facilmente compreensíveis e aceitáveis; porém de onde vêm os valores numéricos adotados? Sem conhecer a resposta, fica muito difícil poder aplicar tais critérios na prática, considerando que, em trânsito, cada local e cada situação tem suas próprias peculiaridades. A dificuldade é ainda maior no nosso caso, se tentarmos aproveitar regras desenvolvidas e experimentadas nos Estados Unidos para nossa realidade brasileira.

O Manual reforça, em várias passagens, a necessidade de uma análise técnica do problema em pauta em vez da aplicação maquinal dos números citados. Tabelas e ábacos que já vêm prontos são muito perigosos. Infelizmente, podemos encontrar muitos trabalhos que utilizam as tabelas de forma simplória: se os fluxos atingem os valores das tabelas ou dos ábacos, a implantação está justificada! Tais trabalhos, se assim podemos chamá-los, nem desenvolvem o estudo de engenharia

que irá fundamentar a necessidade da implantação, nem sequer atentam para as determinações especificadas no corpo do critério! É a velha história: "Oba, ganhei um tabela. Não preciso mais pensar".

Logo de início, o Manual deixa bem claro que o simples cumprimento de um ou mais critérios é razão necessária, mas não suficiente para se decidir pela implantação do novo semáforo. Deve haver um estudo complementar de engenharia, que avalie todos os aspectos envolvidos e dificilmente enquadráveis em critérios rígidos, a fim de tomar a decisão final. É imprescindível atentar para o fato de que a função dos critérios é **impedir** a implantação de semáforos em locais em que não se cumpra pelo menos um deles, mas que tal conformidade não é, em si, suficiente para a efetiva implantação e deve ser complementada por um **estudo mais amplo**. Aliás, tanto nesta abordagem de impor um limite abaixo do qual fica vedada a nova instalação como em outros pontos do manual, podemos perceber o cuidado do MUTCD em evitar a implantação de semáforos desnecessários. A solução do problema existente através da semaforização é sempre o caminho mais fácil, seja nos Estados Unidos, no Brasil ou em qualquer outro país. É importante, então, estabelecer patamares mínimos que evitem a disseminação exagerada de semáforos.

É difícil achar uma razão para explicar porque o manual não considera a circulação da via preferencial. O fato de ela ser mão única ou mão dupla sem canteiro central não entra na avaliação. Ora, tanto para um veículo como para um pedestre, é muito mais difícil cruzar uma via se houver 500 veículos vindo de cada lado do que se os 1000 chegassem de uma única direção.

Nos três primeiros critérios, considera-se apenas o fluxo da aproximação mais carregada dentre as vias não preferenciais e ignora-se se há outras aproximações presentes. Entretanto, a situação fica obviamente mais difícil para os veículos da aproximação mais carregada se existirem outras aproximações também disputando a entrada ou cruzamento da via preferencial.

Em nenhum critério sopesam-se fatores tais como distância de visibilidade dos veículos que chegam pelas vias não preferenciais, rampas, largura de faixas, mobiliário urbano, vegetação, etc. Sabemos que as características físicas da interseção e de seu entorno constituem elemento chave para se decidir sobre a necessidade, ou não, da implantação de um novo semáforo.

A unidade utilizada nos critérios é o veículo. Pareceria mais correto se fosse utilizado o veículo equivalente.

Os critérios não levam em conta a realidade atual das brechas geradas por eventuais semáforos próximos existentes. Inserir um novo semáforo no meio de uma seqüência de semáforos numa via de mão única causa muito pouco prejuízo marginal. Se a via for de mão dupla, tal prejuízo já vai ser um pouco maior. Entretanto, se o novo semáforo for o primeiro a ser implantado num trecho de via, a diferença relativa entre os tempos de espera nas situações antes e depois será muito grande.

Em alguns pontos do manual MUTCD, deparamos com textos do tipo: "durante, no mínimo, oito quaisquer intervalos de uma hora, de um dia típico". É conveniente ressaltar que é desnecessário que o critério se cumpra durante oito horas seguidas. O critério estará atendido se for cumprido em oito intervalos quaisquer de uma hora durante as 24 horas do dia.

Comentários sobre alguns pontos específicos

Seção 4C.01

No item Orientação, encontramos o seguinte trecho: "Um semáforo não deve ser instalado se vier a interromper bruscamente a progressão de uma corrente de trânsito". A frase é extremamente dúbia e confessamos que não conseguimos decifrar o que pretende dizer. Talvez a preocupação seja evitar a instalação de um semáforo não coordenado no meio de um eixo que já conta com uma rede de semáforos que o são. Mas é mera suposição nossa.

No mesmo item Orientação, encontramos: "As análises devem avaliar o tratamento que deve ser dado aos movimentos de conversão à direita das vias não preferenciais, determinando, se houver, qual o número de veículos pertencentes a estas conversões que deve ser descontado da contagem da via não preferencial por ocasião da verificação dos critérios". Este é um lembrete para que ignoremos os veículos que não trazem nenhum incômodo à operação não semaforizada. Na verdade, o texto particulariza indevidamente para as conversões à direita. O que importa é o conjunto de veículos que realmente têm conflito entre si. Se houver veículos que não participam deste conflito, seja porque fazem uma conversão à direita que interfere muito pouco com outra corrente de trânsito, seja por que fazem um movimento protegido, seja por qualquer outro motivo, não se deve computá-los por ocasião da checagem dos critérios.

Os dois próximos parágrafos, que tratam de aproximações de duas faixas com porcentagens variáveis de conversões, merecem comentários parecidos. É necessário avaliar em qual situação teórica se enquadra o caso concreto que se está estudando. Aliás, o Manual somente faz comentários sobre as aproximações de duas faixas, mas o princípio vale para uma aproximação com qualquer número de faixas.

Um pouco depois, o manual aborda a representação das bicicletas: "Para efeito da aplicação dos critérios, as bicicletas que estiverem circulando junto à corrente de trânsito geral são geralmente consideradas como veículos e as bicicletas que estiverem compartilhando os recursos dedicados aos pedestres são contadas como pedestres". Nosso parecer é que o tempo que as bicicletas utilizam do verde é praticamente desprezível e que, portanto, devem ser ignoradas sob o ponto de vista veicular; por outro lado, é adequado considerá-las como pedestres nos locais em que esse for o critério crítico.

Critérios 1 e 2

Os dois primeiros critérios justificam a implantação do semáforo devido ao conflito entre os veículos que ocorre na interseção. Considera o fluxo de veículos existente na via que hoje é preferencial e o fluxo mais pesado dentre as aproximações das não preferenciais. Ao fazer isso, deixa claro que a preocupação destes dois critérios é a possibilidade de que os veículos da transversal, sujeita à placa "Pare", tenham condições de atravessar a corrente de tráfego que utiliza a via preferencial. Embora só explicita isso na Condição B, onde tal dificuldade é maior, o conceito é válido, também, para a Condição A.

Ainda em relação aos dois primeiros critérios, é compreensível que os limites sejam rebaixados quando existe uma situação de maior velocidade e, portanto, de maior risco. Entretanto, não conseguimos entender o porquê de adotar a mesma liberalidade no caso de cidades pequenas. Não queremos dizer que está incorreto; apenas que não conseguimos atinar com o motivo e que agradeceríamos se alguém pudesse esclarecer.

Chama a atenção, os limites estipulados no critério 1. É bastante comum encontrarmos cruzamentos com mais de 600 veículos/h de um lado e 200 do outro durante oito horas. Por outro lado, devemos lembrar que os movimentos que geram pouco conflito, como algumas conversões à direita, não devem ser computados. Além disso, sempre é bom ressaltar que o cumprimento de um critério apenas abre as portas para que um estudo mais amplo seja realizado e que não implica na obrigatoriedade da implantação.

Fica difícil explicar porque os critérios colocam, na mesma cesta, as situações de duas ou mais faixas. É totalmente diferente ter 600 veículos em duas ou em quatro faixas, por exemplo. A distribuição das brechas admissíveis é radicalmente alterada. Ficamos com mais essa dúvida.

Critério 3

O Manual alerta que este critério só deve ser usado em situações em que ocorre uma concentração muito grande de veículos em curtos períodos de tempo.

O primeiro requisito é bastante rigoroso. Por exemplo, para 150 veículos sofrerem um atraso de 5 veículos x hora, a espera média por veículo tem de ser de 120 segundos, o que só ocorre em condições bastante severas. Em compensação, não é difícil atender ao segundo requisito, de fluxo mínimo, durante um intervalo de 1 hora, inclusive em locais que não possuem a característica de serem pólos geradores, como o critério exige no princípio. Temos aí, pois, mais uma dúvida a esclarecer. Podemos usar a figura 4C-3 mesmo em interseções que não têm no seu entorno pólos geradores de viagens concentradas?

Critério 4

O primeiro requisito, de volume mínimo de pedestres, é facilmente cumprido pela maioria dos locais que podem estar sendo objeto de estudo.

Já em relação ao segundo requisito, a situação muda de figura. Somos da opinião de que é pedir demais ao pedestre que espere, em média, 60 segundos para atravessar uma via.

Como esse é o único critério que cuida dos pedestres, pois o de escolares é bastante particularizado, acreditamos que as travessias de pedestres não estão sendo tratadas com a mesma atenção dedicada aos conflitos entre veículos.

O item B. da Orientação determina que o semáforo deverá operar no modo atuado, caso possa ser caracterizado como isolado. Isso também vai valer para o critério seguinte, que trata da travessia de escolares. É compreensível e defensável que o semáforo de pedestres deva ser acionado via botoeira. Mas o critério fala em detectar também os veículos. Neste caso, opinamos que sempre é preferível que um semáforo isolado opere no modo atuado, mas não vemos porque isso tem de ser imposto apenas para o caso das travessias de pedestres.

Critério 5

Analogamente ao anterior, este critério conduz a colocar o semáforo somente se a espera média superar 60 segundos. Mais uma vez, consideramos o valor exageradamente alto.

O patamar mínimo de 20 escolares por hora é praticamente inócuo, pois dificilmente encontraremos uma travessia em que isso não seja cumprido.

Critério 6

Discordamos frontalmente da recomendação deste critério. Criar uma parada artificial para "arrumar" os veículos em pelotões a fim de que ocupem uma banda menor nos próximos semáforos não resiste aos resultados de nenhuma pesquisa antes-depois, nem a nenhuma simulação em computador nem ao simples raciocínio de quem já trabalhou alguma vez com programação semafórica. A idéia é de causar um prejuízo certo antes a fim de diminuir o prejuízo posterior. Entretanto, o atraso causado por esse "semáforo organizador" será com certeza muito maior do que o atraso adicional gerado pela dispersão no semáforo que vier em seguida e que, evidentemente, funcionará como "organizador" para o próximo.

Critério 7

Este é o único critério que contempla a preocupação com acidentes. Nossa opinião é que é por demais exigente (segundo e terceiro requisito) e que, conseqüentemente, deixa de contemplar locais que precisam de semaforização.

O critério exige um número mínimo de 5 acidentes graves no período de 1 ano e esclarece que por grave entende não só aqueles que causaram vítimas como também aqueles que acarretaram danos materiais consideráveis. Este requisito é de difícil aplicação no Brasil. Sabemos (ou deveríamos saber) a estatística dos acidentes com vítima, mas desconhecemos quase que totalmente o histórico de acidentes sem vítimas que tiveram danos de monta nos veículos. De qualquer forma, exigir o patamar mínimo de um acidente sério a cada dois meses e meio nos parece exigência demais. Locais com um número inferior de acidentes já precisam, evidentemente, ser tratados.

Além disso, o terceiro critério ainda impõe um volume mínimo de veículos. Discordamos deste enfoque. Se um local apresenta alto número de acidentes, e se já foram testadas infrutiferamente outras soluções, a implantação da solução semafórica não pode depender do volume de veículos. Aliás, quanto menos volume uma interseção tiver para um alto número de acidentes, maior é seu índice de periculosidade, o que diagnostica que algum problema muito sério está ocorrendo no local.

Critério 8

Mais uma vez temos de confessar que não fomos capazes de decifrar o conceito que está atrás do critério. No seu início esclarece que: "A instalação de um semáforo numa interseção pode ser justificada se contribuir para a concentração e organização das correntes de trânsito na rede a que tal semáforo será coordenado". Até aí tudo bem. É comum criarmos um novo semáforo numa transversal de uma avenida, por exemplo, para servir de alternativa a uma outra transversal que está saturada. Com isso conseguimos trabalhar com tempos de verde menores para as transversais, já que dividimos seu fluxo, e melhorar a fluidez da avenida principal.

Entretanto, não conseguimos entender o porquê dos quesitos de limites mínimos de fluxo ou da hierarquia da via. Se o propósito do critério é melhorar o desempenho

do conjunto de uma rede de semáforos, as regras devem estar ligadas à rede e não à interseção isolada.

CASO 2 – MANUAL DE SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA – CRITÉRIOS DE IMPLANTAÇÃO – CET SÃO PAULO

1. Razões que justificam a implantação de um semáforo

Existem três tipos de motivos que podem levar à implantação de um semáforo:

- Motivos relacionados ao aspecto da segurança viária
- Motivos relacionados ao aspecto da fluidez dos veículos
- Motivos relacionados ao aspecto do tempo de espera dos pedestres

Geralmente, quando se parte para estudar a necessidade da instalação de um semáforo num local, já se sabe qual dessas três razões é a motivadora. Este manual apresenta os procedimentos que devem ser adotados, na análise, para cada um dos três possíveis aspectos. Eventualmente, em alguns locais, é possível que exista mais de um aspecto envolvido e, neste caso, devem ser verificados os correspondentes procedimentos para todos eles.

2. Aspecto Segurança Viária

O critério relacionado à segurança viária trata das situações onde existe elevado número de acidentes que pode vir a ser reduzido através da implantação de um semáforo.

Descrevem-se, a seguir, os passos para a sua aplicação.

2.1. Passo 1 – Verificação do número de acidentes com vítimas

O primeiro passo consiste em verificar se o registro de acidentes do último ano disponível aponta para mais de três acidentes com vítimas, do tipo corrigível por semáforo. Entram neste computo tanto as colisões com vítimas como os atropelamentos. Caso afirmativo, devem ser seguidos os procedimentos descritos no Passo 2; caso, contrário, deve-se ir direto para o Passo 3.

A classificação dos acidentes em corrigíveis, ou não corrigíveis, por semáforos, deve ser feita através da análise dos diagramas de colisão. O item 2.4 contém material de apoio sobre o assunto.

2.2. Passo 2 – Critério que trata da situação em que há mais de três acidentes com vítimas por ano

Se tiverem sido registrados mais de três acidentes com vítimas, do tipo corrigível por semáforo, é necessário verificar, em primeiro lugar, se existe solução alternativa, ou seja, sem a implantação do semáforo.

Normalmente, problemas de segurança são resolvidos com mais eficiência através de soluções do tipo sinalização vertical e horizontal, canalização, estreitamento de pista, mudança de geometria, alteração de circulação, refúgios, minirrotatórias, lombadas, desobstrução de obstáculos visuais, canalização e condução de pedestres para travessias mais seguras, dentre outras. O semáforo, devido ao seu alto custo social (atrasos), deve ser encarado como a última alternativa, o último

recurso, quando todas as demais alternativas não forem adequadas para resolver o problema detectado.

Outro ponto importante que deve ser verificado é se ocorreram, nos últimos anos, alterações no sistema viário do local sob análise. Modificações de geometria, circulação, regulamentação de estacionamento, carga e descarga, ponto de ônibus, feira livre, sinalização horizontal e vertical, uso de solo, etc. podem já ter eliminado o problema e se tiverem sido recentes, seus efeitos positivos podem não ter sido ainda computados nas estatísticas consultadas.

Em resumo, o novo semáforo deve ser implantado se os três requisitos a seguir forem cumpridos simultaneamente.

- a) Houve mais de três acidentes com vítimas, do tipo corrigível por semáforo, no último ano consultado;
- b) Não existe solução alternativa adequada;
- c) Não ocorreram alterações recentes no local que podem já ter eliminado o problema e cujos efeitos ainda não foram detectados nas estatísticas.

Se a alínea c) for falsa, ou seja, se houve alterações que podem ter contribuído para eliminar o problema verificado, não há nenhuma providência imediata a tomar. Recomenda-se, entretanto, o acompanhamento futuro do histórico dos acidentes a fim de confirmar se o problema foi efetivamente resolvido.

No caso de alguma das outras alíneas não ter sido cumprida, deve-se implementar alguma solução alternativa adequada.

2.3. Passo 3 – Critério que trata da situação em que não há mais de três acidentes com vítimas

Nos casos em que não houve mais de três acidentes com vítimas, deve-se verificar, em primeiro lugar, se há indícios de conflitos graves. Tal verificação pode ser feita junto aos próprios técnicos do órgão responsável pelo trânsito, aos comerciantes e moradores da região e, principalmente, através de vistorias ao local.

Como o número de acidentes não é significativo (três ou menos), se não houver indícios de conflitos graves, pode-se concluir que o local não apresenta problemas de segurança e que o semáforo não é necessário sob este aspecto.

Entretanto, se existirem tais indícios, deve-se partir para efetuar um estudo mais aprofundado. Sugere-se a aplicação do Método de Análise de Conflitos. O objetivo deste método é quantificar e qualificar os eventos denominados "conflitos graves".

Diz-se que um conflito grave aconteceu quando dois usuários da via entraram em processo de colisão que teria ocorrido se ambos tivessem prosseguido sem alteração de velocidade ou de direção e que somente é evitada porque pelo menos um dos usuários realizou uma ação evasiva.

Esta definição traduz a conceituação do Método Sueco proposto pela Universidade de Lund (The Swedish Traffic Conflict Technique) e foi extraída do relatório "Avaliação da Técnica Sueca de Análise de Conflitos de Tráfego", do Prof. Dr. Hugo Pietrantonio, do Departamento de Engenharia de Transporte – EPUSP.

Recomenda-se a leitura dos seguintes textos a fim de compreender a conceituação e aplicação do Método de Análise de Conflitos, em geral, e do Método Sueco em particular:

a) Methods for Assessing Traffic Safety in Developing Countries - Sverker Almqvist and Christer Hydén

<http://www.hdm.lth.se/bi/report/94no1/W%201-94.pdf>

b) Manual de Procedimento de Pesquisa para Análise de Conflitos de Tráfego em Interseções - Prof. Dr. Hugo Pietrantonio.

<http://www.poli.usp.br/p/hugo.pietrantonio/Manual91.pdf>

c) Avaliação da Técnica Sueca de Análise de Conflitos de Tráfego - Prof. Dr. Hugo Pietrantonio.

<http://www.poli.usp.br/p/hugo.pietrantonio/Boletim2-1.pdf>

d) The Swedish Traffic Conflict Technique – Lund University

<http://www.tft.lth.se/rappporter/Conflict1.pdf>

e) Methodology to perform traffic safety studies in developing countries – Mario Rivera Hernandez

<http://epubl.ltu.se/1402-1617/2002/115/LTU-EX-02115-SE.pdf>

Uma vez levantado o número de conflitos graves potencialmente corrigíveis por semáforos, é chegada a hora de decidir se o valor encontrado justifica a implantação do novo semáforo. Infelizmente, devido à falta de estatísticas para cruzamentos da cidade de São Paulo, não foi possível estabelecer tais valores limite, o que obriga o técnico a realizar um julgamento qualitativo sobre os dados coletados para tomar a decisão final.

Caso o número de conflitos graves corrigíveis por semáforo seja considerado significativo, deve-se verificar se existe solução alternativa antes de concretizar a implementação do novo semáforo. Se não for significativo, não há ação a ser tomada.

2.4. Tipos de conflitos

Apresenta-se, a seguir, croquis ilustrando os principais tipos de conflitos existentes nas interseções. Podem ser classificados da seguinte forma, sob o prisma de possível correção com sinalização semafórica:

- a) Conflitos potencialmente corrigíveis pela implantação de um semáforo: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13 e 14;
- b) Conflitos potencialmente corrigíveis pela implantação de um semáforo com conversão à esquerda: 5 e 12;
- c) Conflitos potencialmente corrigíveis pela implantação de um semáforo com estágio específico de pedestres: 15 e 16;
- d) Conflitos não corrigíveis pela implantação de um semáforo: 1, 2, 3 e 4.

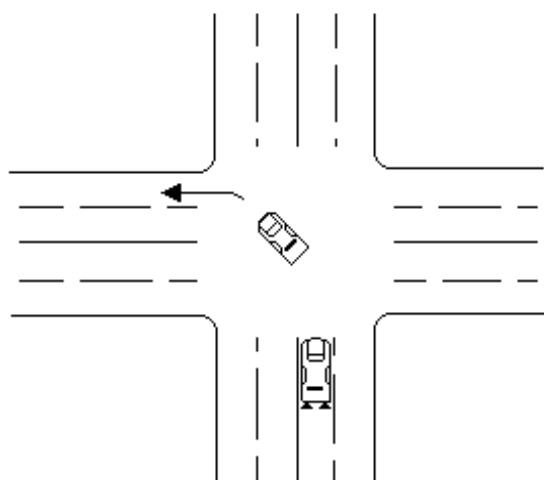


FIGURA 1 - Conflito Tipo 1
Mesma direção, conversão à esquerda

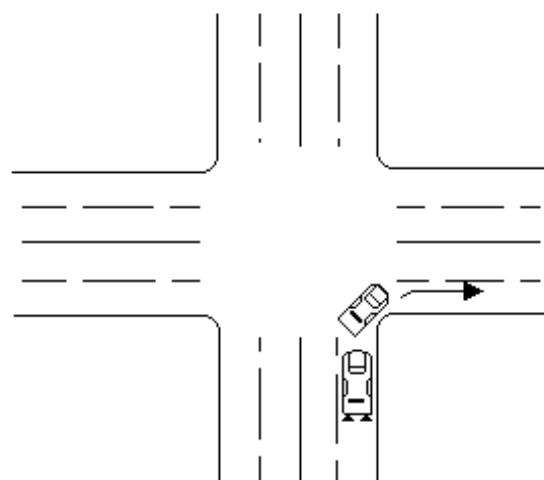


FIGURA 2 - Conflito Tipo 2
Mesma direção, conversão à direita

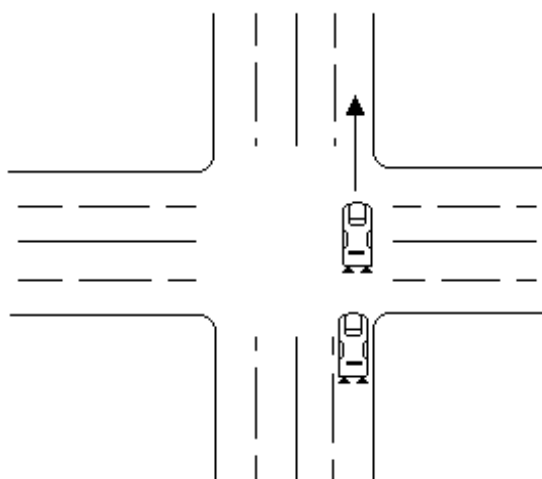


FIGURA 3 - Conflito Tipo 3
Mesma direção, movimento em frente

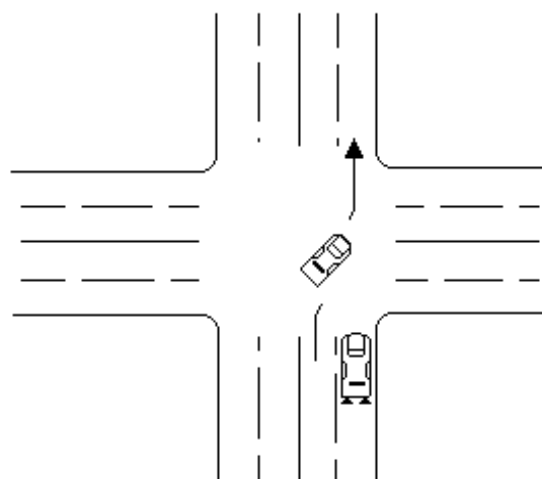


FIGURA 4 - Conflito Tipo 4
Mesma direção, mudança de faixa

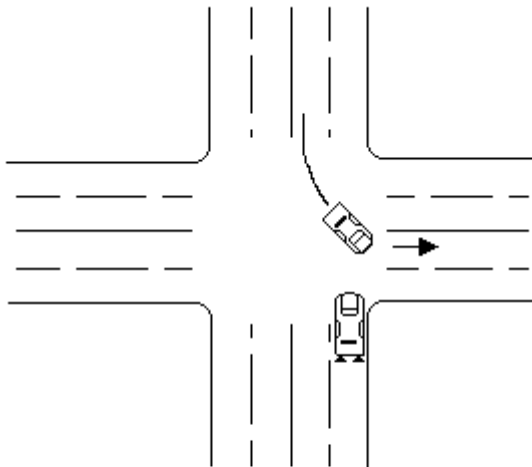


FIGURA 5 - Conflito Tipo 5
Direção oposta, conversão à esquerda

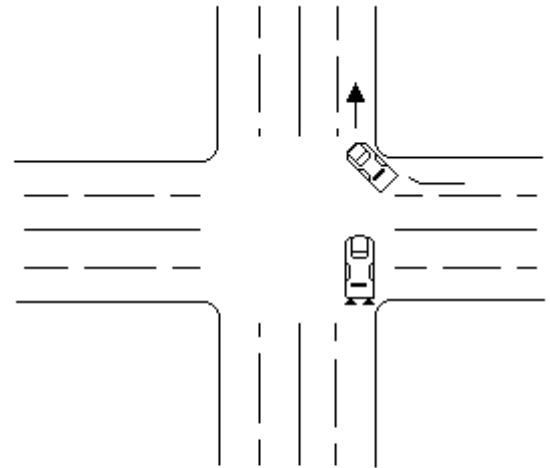


FIGURA 6 - Conflito Tipo 6
Direção à direita, conversão à direita

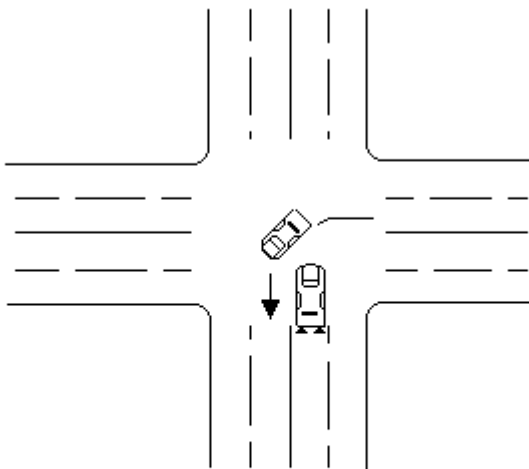


FIGURA 7 - Conflito Tipo 7
Direção à direita, conversão à esquerda

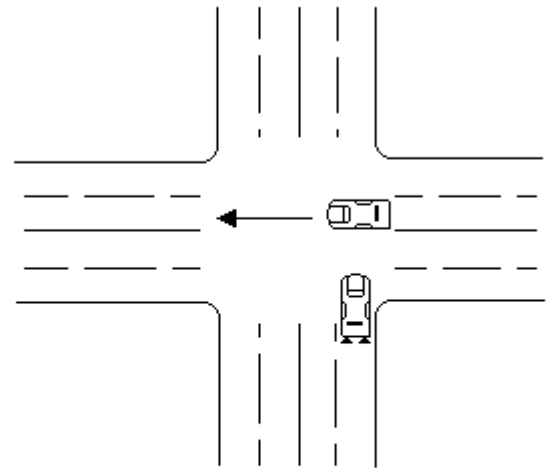


FIGURA 8 - Conflito Tipo 8
Direção à direita, movimento em frente

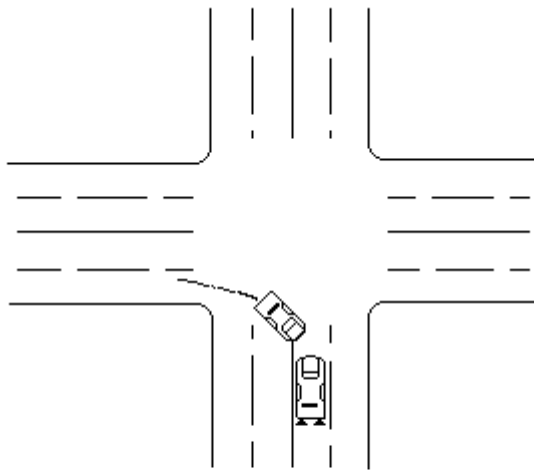


FIGURA 9 - Conflito Tipo 9
Direção à esquerda, conversão à direita

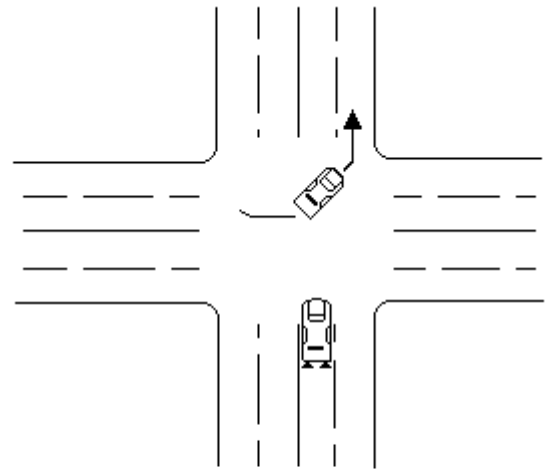


FIGURA 10 - Conflito Tipo 10
Direção à esquerda, conversão à esquerda

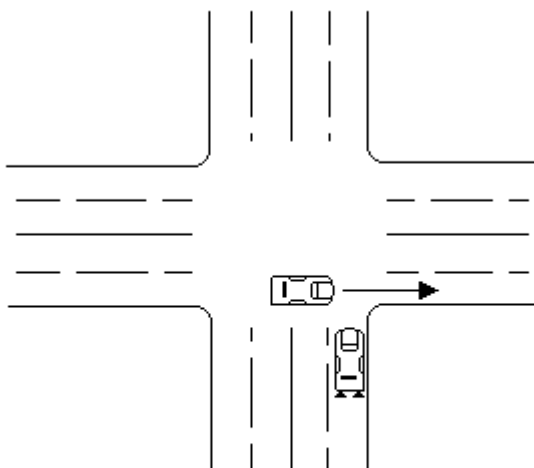


FIGURA 11 - Conflito Tipo 11
Direção à esquerda, movimento em frente

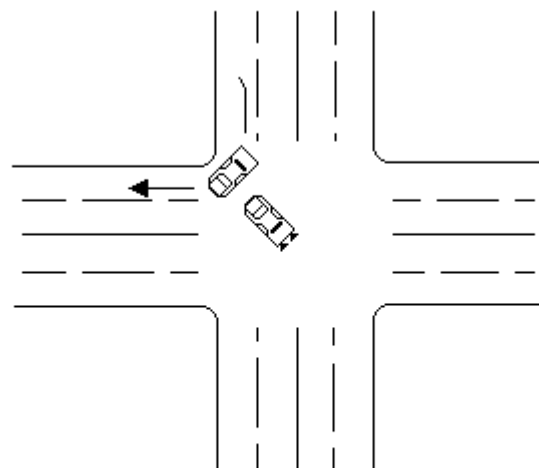


FIGURA 12 - Conflito Tipo 12
Direção oposta, conversão à direita

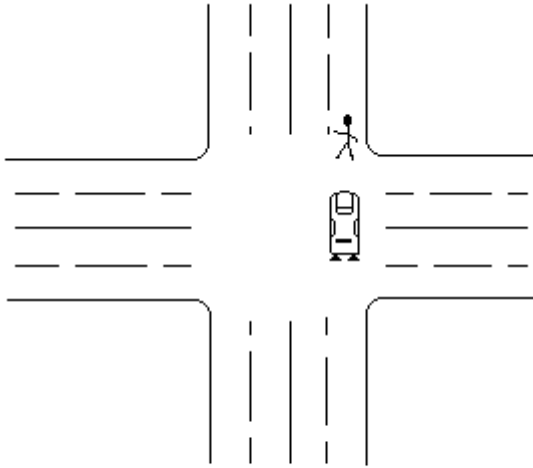


FIGURA 13 - Conflito Tipo 13
Conflito com pedestre, esquina posterior

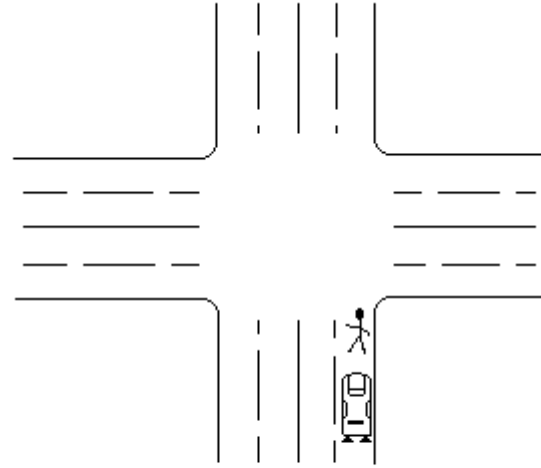


FIGURA 14 - Conflito Tipo 14
Conflito com pedestre, esquina anterior

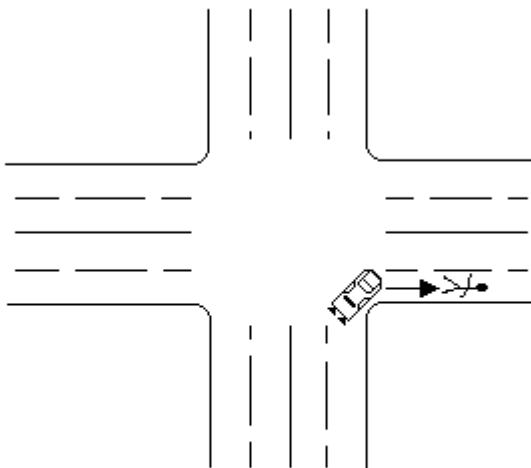


FIGURA 15 - Conflito Tipo 15
Conflito com pedestre, conversão à direita

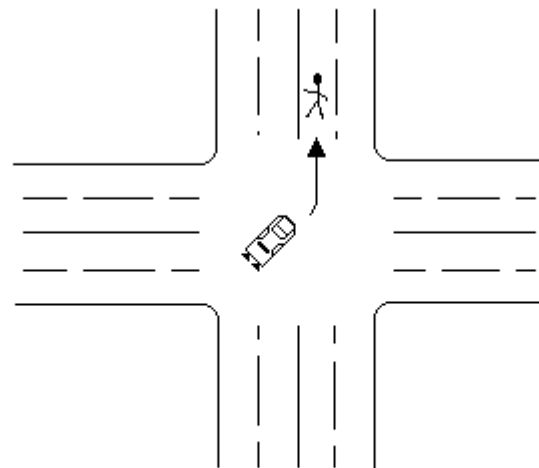


FIGURA 16 - Conflito Tipo 16
Conflito com pedestre, conversão à esquerda

3. Aspecto Fluidez dos Veículos

Os critérios aqui estabelecidos buscam verificar qual é a situação que oferece maior fluidez ao trânsito dos veículos no local em estudo, se a atual ou a semaforizada.

Descrevem-se, a seguir, os passos que devem ser cumpridos na sua aplicação.

3.1. Passo 1 – Pesquisa

A avaliação da necessidade de semáforo devido à fluidez dos veículos se inicia com a pesquisa de campo, no período mais crítico de um dia típico, com duração suficiente para determinar qual é o intervalo de uma hora que pode ser considerado mais crítico.

Este período deve ser escolhido levando em consideração a dificuldade dos veículos da transversal conseguirem cruzar ou adentrar na corrente de trânsito da via preferencial. A identificação deste período pode ser feita através de consultas aos próprios técnicos do órgão responsável pelo trânsito, aos comerciantes, moradores da região, usuários da região e, principalmente, através de vistorias ao local. As vistorias devem ser feitas em vários períodos do dia a fim de poder determinar, com maior precisão, a hora mais crítica do dia. É essencial certificar-se de que o dia da pesquisa seja um dia típico, isto é, um dia útil não afetado por fatos circunstanciais que estejam alterando o comportamento usual do trânsito no local.

Deve ser realizada contagem veicular de todos os movimentos e em todas as aproximações do cruzamento em estudo. Além disso, há necessidade de se calcular o fluxo de saturação de todas as aproximações.

No caso de existirem cruzamentos semaforizados próximos ao local em estudo, implicando na possível constituição de uma rede semafórica junto com o eventual novo semáforo, também será necessária a contagem dos fluxos veiculares e cálculo dos fluxos de saturação nestes cruzamentos. Neste caso, também será necessário o levantamento dos tempos de percurso e dos fluxos de contribuição entre os semáforos para alimentar um programa simulador, conforme exposto no item 3.4.

Em todas as aproximações das vias não preferenciais, deve ser realizada pesquisa de espera. Essa pesquisa consiste em anotar, de 5 em 5 segundos, a fila formada, ou seja, o número de veículos parados (ou em marcha lenta devido a veículos à sua frente) esperando a chance de cruzar a via preferencial. Esta pesquisa deve ser executada por, pelo menos, duas pessoas: uma para contar em voz alta e outra para anotar as contagens e controlar os intervalos de 5 segundos. Um veículo deverá continuar a ser registrado em todos os intervalos em que estiver presente na fila. Em casos de fluxo muito intenso, pode ser necessário recorrer a mais pesquisadores ou aumentar o intervalo de 5 para 10 segundos.

É importante ressaltar que a pesquisa da espera na aproximação de uma via deve ser realizada simultaneamente com a contagem veicular desta mesma aproximação.

3.2. Passo 2 – Critério dos ciclos vazios

O segundo passo tem o propósito de evitar a instalação de semáforos em interseções onde as vias não preferenciais possuam fluxo muito reduzido.

A primeira tarefa consiste em calcular o tempo de ciclo que teria o eventual semáforo, caso instalado. Naturalmente, em caso de redes, deve ser adotado o tempo de ciclo da própria rede.

Conhecido o tempo de ciclo, calcula-se o número de ciclos, durante a hora crítica, em que não haverá nenhum veículo em nenhuma aproximação das vias não preferenciais. O cálculo é feito considerando-se chegada de Poisson e, portanto, aplicando a seguinte expressão:

$$N_{cv} = e^{-m} \quad (1)$$

em que,

N_{cv} – número de ciclos vazios durante uma hora, ou seja, número de ciclos em que não existem veículos das vias não preferenciais chegando à interseção;

e – base neperiana, aproximadamente igual a 2,71828;

m – número médio de veículos que chegam na interseção durante o tempo de ciclo, consideradas todas as aproximações da via não preferencial.

Se o valor de N_{cv} for superior a 2, considera-se que a implantação do semáforo não se justifica sob o aspecto fluidez veicular e a análise está encerrada sob tal ponto de vista, sendo desnecessário cumprir os passos seguintes. Neste caso, deve-se avaliar a necessidade de implantar projeto alternativo.

Vamos apresentar um exemplo a fim de esclarecer melhor a aplicação do método. Digamos que a via não preferencial é mão dupla, e que na hora mais crítica, tem 100 veículos numa aproximação e 60 na outra. Consideremos que o tempo de ciclo calculado foi igual a 50 segundos, o que significa que rodam 72 ciclos numa hora. Neste caso, chegariam, em média, pelas aproximações da via não preferencial, durante o tempo de ciclo, um número de veículos igual a $160 / 72$, ou seja, 2,22.

A equação 1 fica, então:

$$N_{cv} = e^{-2,22} = 0,1084$$

Portanto, em 10,84% dos ciclos, não chegará nenhum veículo pela via não preferencial.

Como existem 72 ciclos numa hora, temos que $72 \times 0,1084 = 7,8$ ciclos.

Portanto, numa hora haverá 7,8 ciclos sem veículos na via não preferencial, superando bastante o patamar exigido de 2 ciclos. Conclui-se que não se justifica, no exemplo, o semáforo sob o ponto de vista de fluidez veicular.

3.3. Passo 3 – Critério do bloqueio da interseção por semáforo a jusante

Há situações em que a instalação de um semáforo numa interseção é necessária, não porque exista algum fator determinante na interseção em si, mas porque a fila que remonta de um semáforo a jusante chega a bloquear a transversal na interseção estudada. A solução, neste caso, é instalar, na interseção que sofre o bloqueio, um semáforo coordenado com o semáforo a jusante. A defasagem deve

ser programada de tal forma que garanta que a fila do semáforo na frente não atinja a interseção a montante durante o estágio em que anda sua via transversal.

O critério especifica que se justifica a implantação do semáforo numa interseção se, durante o período de uma hora, ocorrer uma fila constante e contínua, vinda de uma semáforo a jusante, que bloqueie sua transversal.

3.4. Passo 4 – Critério dos atrasos nas situações com e sem semáforo

Este passo consiste em medir o atraso atual da interseção, estimar o atraso que será gerado se o semáforo for implantado e comparar os dois valores a fim de estabelecer qual das duas é a situação com melhor fluidez.

Determinação do atraso total corrigido na situação sem semáforo

O atraso, ou tempo de espera, na situação sem semáforo, é obtido a partir da pesquisa de espera, descrita no Passo 1.

Como se considera que o atraso na via preferencial é desprezível na situação atual, o atraso total do cruzamento vai se resumir ao somatório das esperas sofridas pelos veículos das vias não preferenciais.

Determinação do atraso total corrigido na situação com semáforo

Se o novo semáforo operar no modo isolado, é possível calcular manualmente sua programação e o atraso total correspondente.

Entretanto, se o modo de operação for o coordenado, é necessário recorrer a algum programa simulador de redes semaforizadas.

Existem vários programas simuladores que tratam da programação de semáforos. Citamos, a seguir, quatro programas que executam essa tarefa:

Transyt 12 do Transport Research Laboratory

Transyt 7F da University of Florida

Siri da CET de São Paulo

S3 do próprio site Sinal de Trânsito

Comparação entre as duas situações

A decisão sobre a melhor situação não é feita através da simples comparação direta entre os atrasos com e sem semáforo.

Em primeiro lugar, deve-se levar em conta que o tipo de espera que os motoristas sofrem nas duas situações não é da mesma natureza. Na situação semaforizada basta esperar despreocupadamente aparecer a luz verde. Na situação não semaforizada a espera é bem mais problemática: o motorista da via não preferencial é obrigado a avaliar continuamente o risco de aproveitar brechas na corrente de trânsito que pretende cruzar. Para refletir este desconforto, multiplica-se o atraso total medido na situação sem semáforo pelo fator 1,6 a fim de obter o atraso total corrigido que é o valor que será efetivamente utilizado.

Outro conceito que se deve ponderar é o de que a implantação do semáforo tende a melhorar a segurança do local, mesmo que o foco do estudo seja a fluidez. Para considerar este aspecto, somente se o atraso total com semáforo superar 120% do atraso sem semáforo, é que se resolve decidir pela não implantação semafórica.

Existe um último fator a levar em conta. A implantação do semáforo seguramente pretende resolver o problema atual dos veículos das vias não preferenciais; portanto, ela só se justifica se esses veículos forem efetivamente beneficiados. A fim de representar esta questão, não se recomenda a implantação se o atraso das vias não preferenciais com o semáforo não cair a menos de 80% do seu atraso atual, sem semáforo, já corrigido pelo fator 1,6.

Resumo

Apresenta-se, a seguir, um resumo dos procedimentos a serem seguidos na análise da implantação de um semáforo sob o aspecto do atraso veicular.

Em primeiro lugar, mede-se diretamente em campo o atraso dos veículos das vias não preferenciais que ocorre na situação atual. O somatório desses atrasos configurará o atraso total da interseção na situação não semaforizada.

Obtém-se o atraso total que ocorrerá na interseção, na hipótese do semáforo ser instalado, somando-se o atraso de todas as vias controladas. Para isso, deve-se recorrer a algum programa simulador de redes semafóricas em tempo fixo quando se tratar de modo coordenado. Se o futuro semáforo vier a operar no modo isolado, é possível calcular o atraso decorrente de forma manual, através da utilização de expressões analíticas; evidentemente, também é possível o emprego dos simuladores neste caso.

Multiplica-se o atraso total na situação sem semáforo por 1,6, obtendo-se o atraso total corrigido.

Se o atraso total com semáforo for maior do que 120% do atraso total corrigido na situação sem semáforo, a implantação é descartada e alguma solução alternativa deve ser apreciada.

Se o atraso total com semáforo for menor ou igual a 120% do atraso total corrigido na situação sem semáforo, compara-se o somatório dos atrasos das vias não preferenciais na situação sem semáforo, já corrigido pelo fator 1,6, com o somatório dos atrasos das mesmas vias na situação com semáforo. Se o somatório na situação com semáforo for inferior a 80% do somatório na situação sem semáforo, este deve ser instalado. Caso contrário, a nova implantação está descartada sob o ponto de vista do atraso veicular e deve-se considerar a conveniência da adoção de alguma solução alternativa.

4. Aspecto Travessia dos Pedestres

Este critério se fundamenta, basicamente, na comparação entre os tempos de espera dos pedestres nas situações sem e com semáforo. Descrevem-se, a seguir, os passos para a sua aplicação.

4.1. Passo 1 – Identificação das travessias críticas

Se o local em estudo for uma seção no meio de uma quadra, deve-se identificar o trecho em torno da seção onde ocorre a maior parte das travessias.

Se o local em estudo for uma interseção, deve-se identificar quais são as travessias críticas. As travessias críticas não são caracterizadas apenas pelo maior fluxo de pedestres, mas, principalmente, pela dificuldade encontrada para sua realização. Numa interseção, pode haver uma ou mais travessias críticas. Em caso de dúvida, recomenda-se aplicar o método a todas as travessias que possam ser consideradas candidatas a críticas.

4.2. Passo 2 – Possibilidade da utilização de travessias próximas

Não faz sentido instalar uma travessia semaforizada, se já existir um semáforo próximo que possa ser utilizado pelos pedestres. Em princípio, pode-se considerar desnecessário implantar uma travessia se já existir um semáforo, a menos de 50 metros do local em estudo, que propicie a travessia da via crítica. Neste caso, através de dispositivos de canalização e sinalização, os pedestres devem ser orientados a atravessar no semáforo existente.

O limite de 50 metros é meramente referencial. Deve ser avaliado, caso a caso, em função das características particulares de cada local. Os principais fatores, além da distância em si, que devem ser considerados nessa avaliação são:

- ✓ As condições da travessia no semáforo existente – de nada adianta existir uma travessia se for mais insegura do que a projetada no local em estudo;
- ✓ Atividade – às vezes, a distância não é grande, mas o terreno é em auge, desestimulando o pedestre a dirigir-se para a travessia alternativa;
- ✓ Largura da calçada – a largura da calçada pode não comportar adequadamente o volume de pedestres;
- ✓ Condições de conservação da calçada – calçadas não pavimentadas, com buracos e obstáculos desestimulam a circulação dos pedestres;
- ✓ Volume de pedestres – o volume de pedestres pode ser excessivamente elevado para que possa ser conduzido e canalizado para travessias próximas.

4.3. Passo 3 – Contagem de pedestres nas travessias críticas

A contagem dos pedestres deve ser feita no período mais crítico de um dia típico. O período mais crítico não se configura apenas pelo maior número de pedestres, mas, sobretudo, pela dificuldade em realizar a travessia. A duração da pesquisa deve ser suficiente para permitir identificar qual é o intervalo de uma hora mais crítico do dia.

A pesquisa deve contar separadamente cada um dos dois sentidos da travessia.

Em travessias de meio de quadra, recomenda-se que a contagem seja feita numa faixa de aproximadamente 50 metros em torno da linha predominante de desejo da travessia (25 metros para cada lado). A distância de 50 metros atende à maioria dos casos, mas pode variar de um lugar para outro, de acordo com características particulares de cada local.

Nas interseções, a contagem dos pedestres deve ser feita em cada uma das travessias julgadas críticas.

4.4. Passo 4 – Critério do fluxo de pedestres mínimo

Este passo consiste em verificar se o fluxo de pedestres supera um patamar mínimo, abaixo do qual não se recomenda a implantação. É um critério bastante polêmico, mas se não fosse adotado, levaria à proliferação exagerada de semáforos. Levando ao extremo, não parece ser adequado instalar um semáforo num local em que apenas uma pessoa por hora necessita realizar a travessia, por mais difícil que ela seja; neste caso, é mais justo que esta pessoa faça a travessia noutro local, mesmo que afastado. A questão, então, reside em chegar a um acordo sobre qual é o valor deste fluxo mínimo. Em São Paulo, adotou-se o valor de 190 pedestres na hora crítica.

Dessa forma, o requisito estabelece que será tomada a decisão de não implantar o semáforo se não existir, pelo menos, uma travessia em que o volume de pedestres na hora crítica, considerando os dois sentidos da travessia, for igual ou superior a 190. Deve ficar claro que não se trata de somar os fluxos de várias travessias, mas de considerar cada travessia independentemente.

Caso o requisito de fluxo mínimo for atendido, o semáforo somente será instalado se os próximos passos também forem cumpridos.

4.5. Passo 5 – Pesquisa para medir a espera dos pedestres na situação atual

Deve-se realizar pesquisa em campo com o propósito de medir a espera que os pedestres sofrem na situação atual, sem semáforo.

À primeira vista poderia parecer que para medir o tempo que um pedestres espera para atravessar, basta cronometrar o tempo que decorre entre ele chegar à beira da calçada, junto à travessia, e iniciá-la efetivamente. Entretanto, alguns aspectos práticos não recomendam este procedimento: freqüentemente, o pedestre inicia a travessia, mas logo depois desiste e volta para a calçada. Por isso, é preferível medir o tempo decorrido entre o pedestre chegar à beira de uma calçada e atingir a calçada oposta; vamos chamar este intervalo de “tempo total de travessia”. Desse tempo desconta-se o tempo efetivamente gasto na travessia e obtém-se, conseqüentemente, o tempo de espera.

Para simplificar a explicação da operacionalização da pesquisa, vamos imaginar um ponto A numa calçada e um ponto B na calçada oposta. Teremos, então, uma travessia de A para B e outra de B para A. Denominamos tempo efetivo de travessia ao intervalo gasto para efetuar a transposição da pista entre os pontos A e B.

A primeira tarefa consiste em medir os tempos efetivos de travessia entre os pontos A e B e, também, entre B e A. Isto é necessário, pois costumam apresentar valores bastante distintos entre si. A travessia que é feita de costas para o movimento de conversão da transversal é, normalmente, bastante superior à que é feita de frente para tal movimento. Recomenda-se, para cada um deles, que seja feita a média do tempo da travessia de 10 pedestres que tenham atravessado em condições normais, sem correr e sem se expor a perigos.

A próxima tarefa consiste em determinar o tempo total de travessia. Para isso, devem-se medir 60 amostras, divididas proporcionalmente ao volume de pedestres em cada sentido. Dessa forma o número de amostras que irão representar cada sentido da travessia será dado por:

$$N_{AB} = \frac{60 P_{AB}}{P_{AB} + P_{BA}} \quad (1)$$

e

$$N_{BA} = \frac{60 P_{BA}}{P_{AB} + P_{BA}} \quad (2)$$

em que,

N_{AB} - número de amostras que em que deverão ser medidos os tempos totais de travessia no sentido de A para B;

N_{BA} - número de amostras que em que deverão ser medidos os tempos totais de travessia no sentido de B para A;

P_{AB} - volume de pedestres, na hora crítica, no sentido de A para B;

P_{BA} - volume de pedestres, na hora crítica, no sentido de B para A.

A fim de garantir a aleatoriedade da amostra, deve-se adotar uma regra fixa para eleger quais pedestres servirão de amostra; uma possível regra é escolher o primeiro pedestre que aparecer, assim que terminar a leitura da amostra anterior.

Dos sessenta tempos coletados, escolhem-se os doze maiores. Calcula-se a média aritmética e o desvio-padrão dessas doze medidas. A fim de expurgar amostras com tempos excepcionalmente elevados, eliminam-se as amostras cujos valores superarem a soma da média com dois desvios padrão e providencia-se sua substituição pelas maiores medidas seguintes, de forma a continuar com doze amostras. Efetua-se este processo de depuração uma única vez. As doze medidas finais serão denominadas de amostras escolhidas.

Calcula-se a média aritmética dos tempos das amostras escolhidas. Deste valor, subtrai-se o tempo efetivo de travessia, obtendo-se um valor que representa a espera média dos tempos dos pedestres que enfrentaram maiores dificuldades.

4.6. Passo 6 – Critério do limite máximo de espera para as travessias com maior dificuldade

O critério proposto determina que, se em alguma travessia, a média dos tempos dos pedestres que enfrentaram maiores dificuldades, obtida no Passo 5, superar o valor limite de 25 segundos, deve-se implantar o semáforo. Caso contrário, deve-se analisar a necessidade da implantação de um projeto não semaforico.

4.7. Observação final

A implantação de um semáforo numa interseção motivada pelo atendimento aos pedestres não pressupõe que seja obrigatório criar um estágio específico para os mesmos. Na grande maioria dos casos, só o controle dos veículos já permite que os pedestres tenham suas necessidades resolvidas, pois poderão atravessar junto com os movimentos de conversão das transversais. A passagem abrupta da situação

não semaforizada para uma condição com três estágios (dois veiculares e um exclusivo para os pedestres) aumenta exagerada e desnecessariamente o atraso tanto dos veículos como também dos próprios pedestres. Recomendamos que, pelo menos, a implantação seja feita apenas com os dois estágios veiculares e que se mantenha um período de acompanhamento posterior que pode vir a indicar, em alguns casos, a necessidade do estágio exclusivo para pedestres ou de travessias recuadas.

Nossos comentários sobre os critérios da CET SP

A Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET SP – existente há mais de trinta anos, só conseguiu formular, muito recentemente, critérios que orientassem seus técnicos na importante decisão de implantar, ou não, um novo semáforo.

No início de seus trabalhos, na década de 70, a CET procurou se valer dos critérios adotados pelo MUTCD, transcritos parcialmente numa apostila do DENATRAN. Entretanto, este material foi logo abandonado, pois se mostrou totalmente inadequado. Quando se tratava de problemas relacionados a acidentes ou à dificuldade de travessia de pedestres, esses critérios não ofereciam, praticamente, nenhuma orientação. Eles apenas enfocavam a necessidade de se instalar um semáforo devido ao conflito entre veículos, mas, sob este ângulo, sua aplicação levava à implantação exagerada de semáforos; praticamente, todo cruzamento que era analisado em São Paulo deveria ser semaforizado se os critérios do MUTCD fossem obedecidos, pois os patamares de fluxos mínimos eram quase sempre atendidos.

Dessa forma, durante muitos anos, a implantação de se instalar, ou não, um semáforo em São Paulo foi conduzido de forma totalmente subjetiva!

Finalmente, em agosto de 1991, como resultado do trabalho de um grupo de engenheiros especializados em sinalização semafórica, a CET conseguiu editar e disponibilizar o Manual de Sinalização Semafórica – Critérios de Implantação, cujos critérios, devidamente revisados ao longo do tempo, foram aqui expostos.

A gênese do trabalho

A filosofia básica do trabalho da CET estabeleceu que existem três tipos de motivos que podem justificar a implantação de um semáforo: motivos relacionados à segurança viária, à fluidez dos veículos e à travessia dos pedestres.

Estabelecida a filosofia, o grupo responsável pela elaboração do manual procurou identificar quais eram os fatores representativos que melhor traduziam a necessidade da semaforização. Por exemplo, no aspecto da segurança viária um fator escolhido foi o número de acidentes com vítimas enquanto que no aspecto da travessia dos pedestres um fator eleito foi o tempo de espera das travessias dos pedestres que mostraram maior dificuldades para realizá-las.

A próxima tarefa foi determinar, para cada fator representativo escolhido, o valor limite que separa a decisão de implantar, ou não, o novo semáforo. Para se obter estes valores, relacionou-se um conjunto de locais para servir de teste; nesses locais já havia solicitação, por parte de munícipes, para se implantar um semáforo. Para cada local, perguntou-se a cada um dos especialistas que formavam o grupo de elaboração do manual se era o caso de se atender, ou não, à solicitação. Os valores limites foram estabelecidos a partir da correlação entre a porcentagem de

opiniões afirmativas e os valores que o local apresentava para os fatores representativos escolhidos. Dessa forma, a partir de opiniões inevitavelmente subjetivas, conseguiu-se estabelecer procedimentos objetivos e padronizados.

É importante ressaltar que a escolha dos fatores representativos, se bem feita, é teoricamente universal. Já a escolha dos valores limites depende sobremaneira não só das características culturais de cada cidade, mas principalmente do seu histórico anterior em relação ao trânsito. Por exemplo, a escolha do tempo de espera dos pedestres, como fator representativo, serve a qualquer cidade, mas provavelmente outros locais, que não enfrentam um trânsito tão pesado como São Paulo, adotarão valores inferiores ao seu patamar de 25 segundos.

A elaboração do manual procurou reduzir ao máximo o volume de pesquisas necessário. Esse foi o motivo principal para que a aplicação dos critérios se restringisse ao período de uma hora crítica. Evidentemente, períodos de análise maiores oferecem diagnósticos mais confiáveis, mas cientes das enormes dificuldades que os órgãos públicos têm de levar a cabo as pesquisas de campo, os responsáveis pela elaboração do manual preferiram diminuir o período de coleta de dados a fim de viabilizar sua aplicação. De nada adiantaria estabelecer critérios mais exigentes se, na prática, seria inviável aplicá-los.

Resultados da aplicação da metodologia em São Paulo

A aplicação dos critérios desenvolvidos pela CET, em centenas de locais de São Paulo, trouxe excelentes resultados, principalmente quando os aspectos envolvidos foram a travessia de pedestres e a fluidez veicular. Expomos, a seguir, os resultados alcançados em função de cada um dos três aspectos.

Comentários sobre a metodologia em relação ao Aspecto Segurança Viária

A definição de critérios que possam nos ajudar a definir sobre a necessidade de instalar um semáforo, devido à periculosidade do local, ainda é uma questão por resolver. Não conseguimos encontrar nenhum trabalho que traga orientações consistentes e o da CET SP, infelizmente, não é uma exceção.

A determinação de se instalar o semáforo se tiver ocorrido, no último ano, mais de três acidentes com vítimas, do tipo corrigível com semáforo, é praticamente inócua. Existem muito poucas interseções ainda não semaforizadas, que apresentam tal índice em São Paulo; o que dirá, então, nas outras cidades!

Na maioria dos locais temos de recorrer ao método da análise de conflitos que constitui, em si, uma excelente técnica, mas que necessita de um período de amadurecimento que nos permita estabelecer qual é o valor limite acima do qual o semáforo deve ser instalado, dentro da nossa realidade.

Comentários sobre a metodologia em relação ao Aspecto Fluidez dos Veículos

O método prevê a medição direta do atraso das vias não preferenciais através do levantamento das suas filas a intervalos de 5 segundos. É importante dimensionar esta grandeza, pois é a que melhor traduz a dificuldade que os veículos das vias não preferenciais têm de enfrentar a corrente da via principal.

A exigência de que, se o semáforo for implantado, não ocorram mais de dois ciclos sem veículos nas vias não preferenciais durante a hora crítica, procura substituir, a

nosso ver com vantagem, o critério geralmente encontrado, na maioria dos manuais, de que o semáforo só deve ser instalado se existir um fluxo mínimo de veículos, que é pretensamente objetivo, mas, na verdade, peca pela falta de fundamentação ao afirmar que o fluxo mínimo tem de ser 100 ou 200 veículos por hora, sem qualquer justificativa lógica que embase tais números.

O critério dos ciclos sem veículos nas vias não preferenciais já é subjetivo por natureza e, portanto, pode refletir melhor as questões de fundo comportamental. Quando colocamos um semáforo novo, a principal reação negativa vem dos motoristas que trafegam pela via preferencial. Até agora eles passavam direto pela interseção sem se preocupar com a transversal e agora são obrigados a parar. A "bronca" vai ser muito maior, é claro, se durante seu tempo de espera no vermelho não constatarem nenhum veículo na transversal usando o semáforo. A CET SP considerou que isso não poderia ocorrer mais do que duas vezes durante a hora crítica. É um número tirado subjetivamente, mas todos nós temos noção do que representa e por isso é mais fácil chegar a um acordo sobre o mesmo. Ninguém concordaria, por exemplo, em implantar um semáforo com dez ciclos por hora sem ninguém na transversal; isso representaria 20% dos ciclos se seu tempo fosse de 72 segundos. Imagine um motorista da preferencial percebendo que tem de parar uma vez a cada cinco que passa pelo local, sem nenhuma justificativa. E isso na hora pico!

O critério seguinte, que trata do bloqueio da interseção, tem de ser aplicado com muito cuidado. É necessário que, realmente, o travamento ocorra de uma forma persistente durante a hora crítica para que se justifique o novo semáforo. Mesmo assim, pode-se objetar se é correto implantar o semáforo por causa de uma única hora de travamento se durante o resto do dia esse problema não mais ocorrer. É uma questão a ser amadurecida.

O cerne da metodologia da CET, no que concerne ao aspecto de fluidez veicular, é a comparação entre os atrasos nas situações com e sem semáforo. De uma forma simplificada, ganha quem teve menor atraso.

A medição da espera na situação atual é feita através da pesquisa específica. É interessante ressaltar o mérito da ponderação da espera sem semáforo pelo fator 1,6. Este número foi encontrado em estudos franceses e visa levar em conta a dificuldade e o desconforto que os motoristas das vias não preferenciais têm de enfrentar ao precisarem, continuamente, julgar se a próxima brecha é suficiente para eles passarem.

A fim de calcular o atraso que virá a ocorrer com eventual semaforização, duas situações têm de ser analisadas. Se o novo semáforo operar em modo isolado, é possível calcular manualmente seu tempo de ciclo, os tempos dos estágios e o conseqüente atraso de cada uma das vias. Entretanto, caso o novo equipamento seja incorporado a uma rede já existente, é impraticável estimar os atrasos manualmente. É imprescindível, então, simular o conjunto de semáforos coordenados, o que só pode ser feito com a ajuda de programas simuladores. Evidentemente, aumenta o trabalho de coleta de dados, pois terão de ser levantadas também as características dos semáforos vizinhos. Em nossa opinião, não é necessário representar todos os semáforos da rede, o que pode ser bastante trabalhoso; como não se exige muita precisão, pois só se deseja obter a ordem de grandeza dos futuros atrasos, basta simular o conjunto formado pelo novo semáforo e os seus vizinhos imediatos. A obtenção de um programa simulador pode representar um empecilho para algumas cidades. A descrição do critério traz referência a quatro possíveis aplicativos. Ressaltamos que o citado programa S3 é do próprio site Sinal de Trânsito e pode vir a ser disponibilizado aos interessados mediante consulta.

A comparação entre os atrasos nas duas situações não é por comparação direta. Para que se aceite a implantação, dois quesitos têm de ser cumpridos simultaneamente: o atraso total com semáforo não pode superar 120% do atraso total sem semáforo e o atraso somado das vias não preferenciais, na situação semaforizada, não pode ser maior do que 80% daquele medido na situação não semaforizada. Ressalte-se que todas as comparações são feitas com o atraso da situação não semaforizada já corrigido pelo fator 1,6. Para se obter os valores adotados de 120 e 80%, recorreu-se à estratégia descrita anteriormente de que os resultados da metodologia deveriam atender, da melhor forma possível, à opinião subjetiva de um grupo de especialistas em sinalização semafórica. Este fato deve ser lembrado se técnicos de outras cidades resolverem utilizar a metodologia paulistana; pode ser que outros números representem melhor as características comportamentais da cidade, embora acreditemos que se houver alguma diferença, não deve ser de grande monta nesse caso.

Para encerrar, queremos deixar no ar uma idéia para a revisão do critério. A metodologia da CET de comparação dos atrasos mostrou-se bastante consistente e tem sido aplicada com sucesso, mas apresenta a dificuldade de ser bastante trabalhosa, principalmente no caso de redes semafóricas. Talvez este passo pudesse ser substituído por um procedimento análogo ao que fundamentou o limite máximo de espera no aspecto da travessia dos pedestres (item 4.6). A proposta, a ser estudada, consiste em estabelecer um valor limite para a média dos tempos de espera do conjunto de veículos que sofre maior dificuldade para atravessar a via preferencial; somente acima deste valor é que o novo semáforo estaria justificado. Lembramos que, passados cinco anos da aplicação do método, a CET de São Paulo já possui um acervo bastante grande de casos estudados e que poderia servir como base para a análise da correlação estatística que teria de ser feita a fim de definir o valor limite.

Comentários sobre a metodologia em relação ao Aspecto da Travessia dos Pedestres

Quando o tema é a travessia de pedestres, a metodologia da CET SP adota o conceito de que a implantação do semáforo é justificada se existe um grupo mínimo de pessoas que enfrenta grandes dificuldades em realizar a travessia. Considera-se que a dificuldade é grande quando a espera média deste grupo supera o patamar de 25 segundos.

É interessante comentar como se chegou a este critério. De início, os responsáveis pela elaboração do manual seguiram a linha de comparar os tempos de espera dos pedestres nas situações com e sem semáforo. Logo se percebeu que esse caminho não levaria a lugar nenhum, pois a espera do pedestre na situação semaforizada é sempre muito maior do que na outra, por mais difícil que seja a travessia atual.

A próxima tentativa foi a de medir a espera média de todos os pedestres amostrados e comparar com um valor limite estabelecido. Se a média fosse maior do que esse valor limite, o semáforo estaria justificado. Entretanto, quando se partiu para ensaiar este critério, aplicando-o ao conjunto de locais que estava servindo de teste, não se conseguiu convergir para tal valor limite. Um número que atendia muito bem alguns locais deixava de atender outros tantos. Ao analisar as amostras, percebeu-se que o fator complicador era a grande dispersão dos tempos de espera. O que acontece, na prática, é que, mesmo em travessias difíceis, existe um número grande de pedestres que espera muito pouco para atravessar; geralmente são jovens, que justamente por saberem que vai demorar muito para

conseguir uma brecha adequada, saem correndo no meio dos carros, rebaixando muito a média dos tempos de espera.

A fim de superar a distorção provocada pelas travessias temerárias, a CET resolveu considerar apenas os tempos das pessoas que demoram mais para iniciar a travessia, pois estes guardam uma correlação mais apropriada com a dificuldade da travessia. Adotam-se as doze travessias mais demoradas, mas antes se aplica uma depuração estatística, expurgando-se os valores que superam demasiadamente a média dos doze considerados, pois acabam distorcendo o valor limite que melhor representa o grupo.

A fim de representar a noção de que a decisão da implantação deve estar associada a um número mínimo de usuários, adotou-se que deve existir, na hora crítica, pelo menos uma travessia com o valor mínimo de 190 pedestres/hora. Este número foi decidido pelo grupo de especialistas encarregado de testar a metodologia no conjunto de locais que serviram de teste e sua aplicação a outras cidades só deve ser feita após análise das características comportamentais locais. É importante ressaltar que o critério do fluxo mínimo de pedestres é apenas restritivo; se não for atendido, o semáforo não será implantado, mas, caso seja atendido, o critério da espera superior a 25 segundos ainda precisará ser cumprido antes da efetiva instalação.

CASO 3 – ARGENTINA – METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN DE SEMÁFOROS DE PRIORIDAD

Traduzido do original, que está disponível no site <http://www.cba.gov.ar/imagenes/fotos/26anexo2.pdf>

Metodologia de Instalação de Semáforos

Conceituação

Se a instalação e operação dos semáforos forem corretas, estes poderão trazer diversas vantagens. Por outro lado, se um ou mais semáforos são instalados ou operados deficientemente, apenas servirão para entorpecer o trânsito, tanto de veículos como de pedestres. É muito importante que, antes de instalar um semáforo, seja realizado um estudo completo sobre as características físicas e operacionais da interseção e que sejam cumpridos os requisitos que a experiência ajudou a formular. Também é importante que, após o início efetivo de operação, seja efetuada análise para comprovar que os mesmos atendem às necessidades do trânsito e, caso necessário, sejam realizados os ajustes pertinentes.

Quando o projeto ou a operação de um semáforo, ou sistema de semáforos, é deficiente, seja devido à carência de informações necessárias, seja porque a solução semaforica foi adotada como panacéia para resolver todos os problemas existentes, podem ocorrer as seguintes desvantagens:

- Gasto de valores injustificáveis em implantações que poderiam ter sido efetivadas de forma mais econômica.
- Geração de tempos de espera injustos a certo número de usuários, principalmente quando lidamos com pequenos volumes de trânsito, devido a atrasos inconvenientes gerados pela excessiva duração da indicação luminosa vermelha ou do tempo de ciclo.
- Produção de reação desfavorável da população, implicando no desrespeito à sinalização e às autoridades.
- Aumento do número de certo tipo de acidentes, que ocorrem nas mudanças inesperadas de estágios.
- Geração de esperas desnecessárias nos períodos do dia em que os volumes de trânsito são tão pequenos que não requerem o controle semaforico.
- Incremento na frequência e gravidade da ocorrência de acidentes gerados pela manutenção deficiente, especialmente devido a lâmpadas queimadas.
- Em ambientes rurais, o aparecimento inesperado de um semáforo ocasiona acidentes quando não existe sinalização de alerta anterior.

Glossário

Observação: *optou-se por não traduzir o glossário argentino, pois se julgou mais proveitoso utilizar as correspondentes palavras empregadas na terminologia brasileira.*

Requisitos para a implantação da sinalização semafórica

Os requisitos que devem ser obedecido pelos órgãos públicos para a instalação de semáforos deverão ser apresentados à autoridade competente, sob a forma de um relatório denominado "**Memória de Engenharia da Instalação de Semáforos**", compatível com as regras aqui estabelecidas. Deverá ser elaborado e assinado por um profissional especializado em sinalização semafórica, devidamente habilitado, que será o responsável por todas as informações inclusas. A "**Memória de Engenharia da Instalação de Semáforos**" deverá conter os seguintes tópicos:

1. Aprovação do correspondente Departamento de Trânsito

O profissional responsável pelo relatório elaborará a **Memória de Engenharia da Instalação de Semáforos** e a submeterá à aprovação do correspondente Departamento de Trânsito. Tal relatório deverá **justificar** a necessidade da instalação em relação aos seguintes aspectos:

- a) Categoria da via preferencial** – deverá ser definida a categoria em que se enquadra a via preferencial, em função da região que ela atravessa, tomando por base o artigo 2º do decreto que regulamentou a lei 8980 e o seguinte critério de classificação:
 - a1) **Região do tipo urbano:** grande densidade de edificações e forte atividade comercial ao longo da via, situada em municípios com mais de 1000 habitantes.
 - a2) **Região do tipo semi-urbano:** escassa densidade de edificações e pequena atividade comercial ao longo da via. É o caso dos subúrbios das cidades ou dos municípios com cerca de 1000 habitantes. Pode-se registrar a presença de acessos ao local, postos de gasolina, pontos de parada de ônibus interurbanos, etc.
- b) Determinação da velocidade máxima regulamentada nas vias que formam a interseção** – a velocidade máxima das vias que formam a interseção deverá ser determinada em função do decreto que regulamentou a lei 8560. Deve-se considerar que a implantação de um semáforo só pode ocorrer se a velocidade máxima for igual ou inferior a 60 km/h.
- c) Caracterização do local onde se pretende instalar o semáforo** – a caracterização do local deverá ser feita através de planimetria urbana, em escala adequada, contendo os trechos das vias que formam a interseção em seu entorno, comprimentos dos quarteirões, sentido de circulação das vias que convergem à mesma, identificação de centros comerciais, industriais, educacionais, etc., localização de outras interseções semaforizadas vizinhas (ou a semaforizar), densidade da superfície ocupada por quarteirão, sinalização apontada no item 2 e qualquer outra informação de interesse.
- d) Determinação do fluxo na hora pico** – através de pesquisa específica ou de consulta a cadastro, deve ser determinado o fluxo de veículos na hora pico em todas as aproximações da interseção.
- e) Determinação do fluxo horário de trânsito equivalente** – o cálculo do fluxo horário de trânsito equivalente deve considerar a quantidade de veículos pesados e o fator hora pico para as vias que formam a interseção. Os fatores e as fórmulas a serem aplicados são os seguintes:

P_p (% de veículos pesados)
 E_p (fator equivalência)
 F_{vp} (fator de veículos pesados) = $100/100+P_p (E_p-1)$
 F_{hp} (fator hora pico)
 F_h (fluxo horário)
 $F_{h(eq)}$ (fluxo horário equivalente) = $(F_h/F_{hp}) \times (1/F_{vp})$

- f) Determinação do atendimento aos requisitos** – o semáforo deverá ser implantado apenas se é verificado o cumprimento de um ou mais dos seguintes requisitos:

Requisito 1 – Fluxo mínimo

O requisito é atendido se, durante dez intervalos quaisquer, com duração de uma hora, de um dia típico, são superados os valores estabelecidos na Tabela 1 e, além disso, a semaforização não desvirtua a função hierárquica das vias envolvidas.

Tabela 1

Número de faixas		Fluxo horário na via preferencial (soma de ambos sentidos)		Fluxo horário nas vias não preferenciais (aproximação mais carregada)	
Preferencial	Não preferencial	Urbano	Semi-urbano	Urbano	Semi-urbano
1	1	300	200	100	75
2 ou mais	1	400	300	100	75
2 ou mais	2 ou mais	400	300	150	100
1	2 ou mais	300	200	150	100

Requisito 2 – Interrupção de uma corrente de trânsito contínua

Este requisito é aplicado quando as condições operacionais da via preferencial são de tal natureza que os veículos das vias não preferenciais sofrem demoras ou riscos excessivos quando pretendem cruzá-la. O requisito determina que o semáforo será instalado se, durante dez intervalos quaisquer, com duração de uma hora, de um dia típico, são superados os valores estabelecidos na Tabela 2 e, além disso, a semaforização não prejudica a progressão da corrente de trânsito principal.

Tabela 2

Número de faixas		Fluxo horário na via preferencial (soma de ambos sentidos)		Fluxo horário nas vias não preferenciais (aproximação mais carregada)	
Preferencial	Não preferencial	Urbano	Semi-urbano	Urbano	Semi-urbano
1	1	500	350	50	35
2 ou mais	1	600	420	50	35
2 ou mais	2 ou mais	600	420	67	46
1	2 ou mais	500	350	67	46

Requisito 3 – Fluxo mínimo de pedestres

O requisito é atendido se, durante dez intervalos quaisquer, com duração de uma hora, de um dia típico, o fluxo de veículos supera 450 veículos/h e 150 pedestres/hora na travessia com maior volume. O semáforo que for instalado segundo este requisito deverá ser operado

por botoeira de pedestres. Se o requisito não for atendido, deverá ser instalada, no local, sinalização vertical de regulamentação de prioridade.

Caso o Departamento de Trânsito considere que a **Memória de Engenharia da Instalação de Semáforos** reúne os requisitos exigidos, emitirá a conseqüente aprovação. Tal aprovação é imprescindível para que o processo seja encaminhado ao setor responsável pela implementação do semáforo.

2. Sinalização complementar

Deverá ser instalada a seguinte sinalização complementar:

- a) Se ocorrer a regulamentação da redução da velocidade máxima de uma via no trecho que se aproxima do novo semáforo para um valor igual ou inferior a 70 km/h, deverá ser instalada, no local da transição, uma placa I-500 (Entrada na zona urbana). Se ocorrer a regulamentação do aumento da velocidade máxima de uma via no trecho que se afasta do novo semáforo para um valor superior a 70 km/h, deverá ser instalada, no local da transição, uma placa I-510 (Fim da zona urbana).
- b) Placas R-301 (Velocidade máxima) nos trechos de aproximação do novo semáforo, bem como as placas intermediárias necessárias para passar da velocidade geral da via para a velocidade máxima estipulada. As placas R-301 deverão ser posicionadas de ambos os lados da via, visíveis desde um determinado sentido de circulação.
- c) Placas R-501 (Fim da limitação da velocidade) no ponto onde termine o trecho limitado. Estas placas também serão instaladas de ambos os lados da via, visíveis desde um determinado sentido de circulação, sendo permitido utilizar as mesmas colunas em que foram fixadas as placas R-301, porém orientadas para o sentido de circulação oposto.
- d) Após a placa I-510, deverão ser colocadas placas R-413 (Usar farol baixo), em ambos os lados da via, visíveis desde um determinado sentido de circulação.
- e) Se existirem trechos de proibição de ultrapassagem, as mesmas deverão estar sinalizadas, no seu início e fim, com as placas R-350 e R-502, respectivamente. Estas placas também serão instaladas de ambos os lados da via, visíveis desde um determinado sentido de circulação.
- f) Deverão ser indicadas, na planimetria, as regiões onde serão implantados os semáforos e, onde será efetuada a detecção da infração correspondente.

O tipo de placas e seu posicionamento deverão obedecer ao disposto no decreto que regulamentou a lei 8560. A prefeitura é o órgão responsável pela implantação e manutenção da sinalização complementar aqui estabelecida.

Nossos comentários sobre os critérios argentinos

A determinação da regra argentina de que toda implantação semafórica deve ter um engenheiro responsável que precisa justificar cada novo semáforo em um relatório específico é extremamente válida e deveria ser adotada também nos outros países. A implantação de um semáforo acarreta consideráveis conseqüências em termos de segurança, fluidez e monetários. É necessário, portanto, que tal

decisão seja justificada explicitamente e que fique claro quem é o autor do projeto a fim de permitir, inclusive, eventuais contestações.

É interessante o conceito de limitar a velocidade das vias, nos trechos semaforizados, conforme apontado na alínea b do item 1. É outra idéia que acreditamos que poderia ser aplicada em outros países. Particularmente, acreditamos que o limite de 60 km/h é muito pequeno e que poderia se adotar um patamar em torno de 70 km/h, mas nunca passando de 80 km/h.

O requisito 1 para justificar a implantação – fluxo mínimo – é excessivamente liberal. Por exemplo, sua aplicação para vias com duas ou mais faixas, que é a situação mais comum, exige apenas 400 veículos/h na soma das aproximações da via preferencial e 150 veículos/h na aproximação mais carregada dentre as vias não preferenciais durante dez horas de um dia típico. Ora, se aplicarmos estes limites à cidade de São Paulo, por exemplo, restariam na cidade pouquíssimos cruzamentos sem semaforizar.

Se o requisito 1 já era liberal, o requisito 2, então, é o exagero da tolerância. Praticamente qualquer interseção apresenta volumes superiores a 600 veículos/h na soma da preferencial e 67 na aproximação mais carregada das vias não preferenciais. De tão permissivo, o critério acaba sendo inócuo, na prática.

Analogamente, mas de forma não tão flagrante, consideramos que o critério que contempla os pedestres é demasiadamente frouxo quando exige 450 veículos/h. Isso significa, em média, um veículo a cada oito segundos. É evidente que têm de ser analisados vários aspectos locais envolvidos, mas, em geral, o pedestre consegue atravessar, com segurança, em brechas muito menores.

Devemos notar, também, que não são levados em conta diversos fatores importantes; nesse sentido, repetimos as mesmas críticas que já fizemos ao manual MUTCD noutro ponto deste artigo.

Finalmente, é interessante chamar a atenção para o cuidado especial que o manual tem com a figura do trecho da via em torno do novo semáforo. Ele, no original, se refere a essa figura como "travesía". O manual faz uma série de considerações sobre o que deve ser feito neste trecho, particularmente no que tange à sinalização complementar. A impressão que temos é que a elaboração do manual preocupou-se com a implantação de um semáforo numa área totalmente desprovida de outros, pois só assim consegue-se identificar tais "travesías". Numa área urbana com densidade semaforica razoável não se consegue destacar trechos limitados em torno do semáforo, pois tais trechos acabam se fundindo e formando uma mancha única.

CASO 4 – PORTUGAL – CRITÉRIOS DE INSTALAÇÃO DE SINAIS LUMINOSOS

Extraído do trabalho **Sinais Luminosos – Textos Didáticos** dos professores Américo Henrique Pires da Costa, Álvaro Jorge da Maia Seco e António Luís Pimentel Vasconcelos. O texto completo encontra-se no site <http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/vasconcelos/Documentos/SINAIS%20LUMINOSOS%20141.pdf>

Não é fácil encontrar critérios que, numa forma simples, permitam saber em que condições se justifica a instalação de sinais luminosos em cruzamentos, principalmente porque assumem em muitos casos um peso determinante as especificidades locais e um nível elevado de subjectividade.

Por outro lado fazer apenas depender do julgamento da situação feito pelo técnico responsável e do seu bom senso, a decisão de colocação de sinais luminosos não permite uma justificação clara das opções que forem tomadas.

Sendo inquestionável o interesse da existência de critérios que facilitem a escolha da solução, é evidente que estes têm de estar intimamente relacionados com os objectivos que se pretendem atingir, quer ao nível da rede, no domínio da coerência sistémica, quer ao nível da operacionalidade intrínseca do cruzamento, nos domínios da segurança, da fluidez da circulação, dos custos de operação, da poluição etc.

Há uma grande variedade de indicadores que poderiam ser utilizados, mas convirá que o seu número seja reduzido, sem que se perca a representatividade dos objectivos e, por outro lado, estes deverão ser de obtenção fácil e simples. As variáveis geralmente utilizadas na definição dos critérios de instalação são geralmente associadas à segurança rodoviária e às condições de operação traduzidas pelo volume de veículos e peões.

No anexo 1 são apresentados os critérios definidos no Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD) e que devem ser encarados não tanto como regras rígidas para a implementação de sinais luminosos em cruzamentos, mas como princípios orientadores que podem facilitar a tomada de decisão a este respeito.

Nossos comentários sobre os critérios portugueses

O texto transcrito evidencia que não existem critérios desenvolvidos em Portugal para seu próprio uso. Recorre-se, principalmente, ao Manual MUTCD norte-americano.

CASO 5 – ESCÓCIA – CRITERIA FOR TRAFFIC LIGHT SIGNALS AT JUNCTIONS

Traduzido do original, que está disponível no site www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/vol8/section1/sh6_73.pdf

Critérios para instalação de semáforos em cruzamentos na Escócia

Scottish Development Department (Departamento de Desenvolvimento Escocês) - Relatório Técnico H6/73

Seção I – Geral

1. Os critérios seguintes têm a intenção de esclarecer sobre os objetivos da sinalização semafórica e não de determinar rigidamente se o semáforo deve, ou não, ser instalado. Em particular, a Tabela 1 só deve ser utilizada em locais onde algum problema já foi efetivamente constatado e onde soluções alternativas mais eficientes e mais econômicas não são viáveis. Apenas o valor do fluxo de veículos não pode servir de justificativa para a instalação do novo semáforo.

2. Com a intenção de contemplar o futuro crescimento do fluxo, o semáforo deve ser implementado com, no mínimo, 20% de reserva de capacidade ou com algum outro valor específico caso seja possível prever a taxa de crescimento e a distribuição dos fluxos.

3. Eventualmente, a instalação pode ser justificada, mesmo se nenhum dos critérios foi cumprido integralmente, mas se alguns deixaram de ser cumpridos por pequena margem. Onde os valores medidos alcançaram 80% dos patamares estabelecidos em dois ou mais critérios, a implantação pode passar a ser considerada, mas sempre lembrando que talvez seja possível adotar soluções mais adequadas. Por outro lado, os altos custos dos dispositivos de segurança adicionais, necessários em vias com velocidade elevada, implicam que não é recomendável a implantação de um semáforo nesses locais apenas porque foram estritamente cumpridos os requisitos especificados nas seções II e III.

Seção II – Redução do número de conflitos e do tempo de espera

Tabela 1 - Fluxos horários mínimos

Tipo da região	Fluxo médio dos quatro intervalos de uma hora mais carregados durante um dia típico (veículos/h)	
	Soma de todas as aproximações da interseção	Soma das contribuições das vias não preferenciais
Grande centro urbano	500	150
Suburbana e pequenos centros urbanos	400	125
Outras regiões	300	100

Seção III – Interrupção do trânsito da via preferencial

4. Pode ser considerada a instalação de um semáforo, se os veículos das vias não preferenciais sofrem um tempo de espera excessivo ou se têm de enfrentar um perigo muito grande para cruzar a corrente de trânsito da via preferencial, A fim de poder utilizar este critério, a soma dos fluxos horários de todas as aproximações da interseção deve superar 1200 veículos/h, dos quais pelo menos 75 devem pertencer às vias não preferenciais providas de placa "Pare", ou de pelo menos 100 veículos/h onde não houver esta sinalização. O motivo de se adotar valores diferentes conforme exista, ou não, a sinalização "Pare" é que os motoristas das vias não sinalizadas têm condições de aceitar brechas menores entre os veículos da via preferencial. Por isso, é desnecessário adotar o patamar de 75 veículos/h para esses veículos.

Os números especificados neste critério devem ser comparados com a média do fluxo dos quatro intervalos de uma hora mais carregados de um dia típico.

5. Em interseções com pouco volume de trânsito, onde o problema é que existem ônibus nas vias não preferenciais que sofrem um tempo de espera muito grande para adentrar ou cruzar a preferencial, é conveniente analisar a instalação de um semáforo. Neste tipo de análise, deve-se considerar que o peso do ônibus é igual a 10 veículos equivalentes para efeito de aplicação dos critérios.

Seção IV – Pedestres

6 – Em interseções onde os pedestres enfrentam dificuldades de travessia e onde não cabe a instalação de um semáforo, pelos critérios até aqui especificados, a implantação de uma travessia de pedestres semaforizada, dotada de botteira de pedestres, numa seção da via próxima à interseção, pode representar a melhor solução. Os critérios para implantação deste tipo de solução encontram-se no documento "Circular Roads R199". Deve-se avaliar a necessidade da instalação de gradis para canalizar os pedestres até a travessia semaforizada.

Caso não seja possível posicionar o semáforo numa seção fora da interseção, deve-se avaliar a conveniência de rebaixar os valores exigidos na Seção II, em relação às vias não preferenciais, para valores até 50% inferiores aos originais e providenciar, na interseção, ou estágios específicos para pedestres ou travessias paralelas. Os estágios específicos para pedestres, inevitavelmente, acarretarão tempos de espera adicionais para os veículos e apenas devem ser adotados se outras medidas, como, por exemplo, uma passarela, não forem adequadas.

7. Nos novos semáforos, devidamente aprovados pelos critérios, deve-se avaliar a necessidade da implementação de travessias paralelas ou de estágios específicos, se um dos seguintes requisitos for cumprido:

a) A demanda dos veículos que fazem a conversão durante o verde, conflitando com os pedestres, superar 700 veículos/hora, ou seja, se existir mais de um veículo, em média, a cada 5 segundos, fazendo tal conversão;

b) O volume de pedestres que atravessa qualquer uma das aproximações superar 300 por hora.

Os números mencionados nos dois requisitos referem-se à média dos quatro maiores fluxos horários de um dia típico.

Deve-se, também, avaliar a possibilidade de separar os movimentos dos pedestres dos movimentos veiculares através da implantação de uma travessia semaforizada numa seção próxima à interseção; neste caso, tal travessia deverá ser coordenada com o semáforo da interseção.

8. Se a implementação de um estágio específico para os pedestres resultar na eliminação de qualquer reserva de capacidade (e se não for possível qualquer outra solução), deve-se avaliar a possibilidade de proibir alguns movimentos de conversão ou, opcionalmente, introduzir uma extensão do tempo de entreverdes.

Devem ser avaliadas as implicações da proibição dos movimentos de conversão e conseqüente transferência de seus veículos para outras vias, no que diz respeito aos tempos de percurso, acidentes, condições do entorno e quaisquer outros fatores que possam vir a ser prejudicados.

O eventual incremento no tempo de entreverdes deve se limitar aos períodos de pico em que o pedestre necessitar de tal recurso.

Seção V – Acidentes

9. Justifica-se a implantação de um semáforo, apenas tomando por base o fator segurança, se tiverem ocorrido, no mínimo, 5 acidentes com vítima durante o período de um ano.

Seção VI – Operação de controle da interseção por agentes de trânsito

10. Somente nos locais em que um agente de trânsito executar, constantemente, o controle do direito de passagem das correntes de trânsito conflitantes de uma interseção durante, no mínimo, duas horas por dia, pode-se avaliar a conveniência da implantação de um semáforo a fim de substituir tal operação. Note-se que, geralmente, os critérios especificados na Seção II serão suficientes para justificar tal implantação.

Seção VII – Semáforos em tempo parcial

11. Se ocorrer um período mínimo de duas horas durante o qual as correntes de trânsito numa interseção enfrentam excessivo tempo de espera ou situações de risco, como, por exemplo, em situações em que os veículos das vias não preferenciais são obrigados a efetuar conversões conflitantes com os veículos de uma corrente de trânsito contínua e com alta velocidade, é recomendável avaliar-se a conveniência de implantar um semáforo em tempo parcial (o semáforo opera somente durante o período necessário e é desligado nos demais horários). Somente se justifica tal solução se os valores de fluxo dos itens 3 ou 4 são atendidos durante o período crítico. No caso do item 3, aceita-se que os patamares ali expressos sejam rebaixados, se houver uma justificativa adequada para isso.

12. Não se deve adotar a solução de um semáforo em tempo parcial tomando por base exclusivamente o tempo de espera veicular ou o julgamento pessoal do

técnico. Casos especiais que envolvam questões de segurança devem ser reportados ao engenheiro-chefe do departamento.

Seção VIII – Necessidade de coordenação

13. No caso de semáforos próximos, deve-se avaliar a conveniência de se utilizar o mesmo controlador, ou de utilizar controladores distintos, mas coordenados entre si. Em princípio, pode ser benéfico coordenar semáforos separados por distâncias de até 300 metros. É possível que seja conveniente efetivar a coordenação mesmo para distâncias maiores, se se verificar que os pelotões de veículos ainda permanecem compactos e se não ocorrerem efeitos adversos indesejáveis. Os critérios que tratam da coordenação semafórica podem ser encontrados no documento Circular E 231.

Nossos comentários sobre os critérios escoceses

É facilmente constatável que os critérios escoceses, a exemplo da maioria dos países, não tem um caráter determinante, mas tão somente orientador. O MUTCD ainda impõe seus critérios como patamar mínimo: se não são cumpridos, é vedada a implantação; se o são, é possível, mas não obrigatória. Já os critérios escoceses funcionam tão somente como balizadores: constituem um dado a mais para o técnico de trânsito, mas nem impedem nem obrigam a implantação do novo semáforo.

O que será que o item 2 quer dizer com “o semáforo deve ser implementado com, no mínimo, 20% de reserva de capacidade” ? A previsão da reserva de capacidade é um cuidado que sempre se deve tomar durante a etapa de programação semafórica. A margem utilizada varia entre 10 e 15%; consideramos 20% um número exagerado. Em todo caso, tal reserva deve visar atender a flutuação aleatória do trânsito e os incidentes operacionais e não, propriamente, a absorção do trânsito futuro como enuncia o requisito, pois neste caso bastaria elevar o tempo de ciclo quando isso viesse a se tornar necessário, evitando tempos de espera artificialmente elevados na situação atual.

A Tabela 1 dispõe sobre o fluxo que devem ter as quatro horas mais críticas do dia para que o semáforo seja justificado. Os valores adotados são absurdamente baixos. Por exemplo, 500 veículos/h como soma de todas as aproximações contra 150 da soma das vias não preferenciais. Isso significa que basta termos 350 veículos/h na via preferencial e 150 na via não preferencial para o requisito ser obedecido. O MUTCD, por exemplo, exige que para 150 veículos/h da aproximação mais carregada das vias não preferenciais (e não da soma de todas as não preferenciais!), corresponda um valor de, aproximadamente, 1200 veículos/h na via preferencial. Além disso, o MUTCD impõe que ocorram quatro horas por dia que atendam ao requisito enquanto o manual escocês permite a média de quatro horas, o que, evidentemente, é bem mais liberal.

O item 4 aborda o tema da interrupção de uma corrente de trânsito contínuo, também tratado pelo MUTCD. Aqui, é necessário que existam, pelo menos, 1200 veículos/h em todas as aproximações da interseção, e 75 veículos/h como soma de todas as aproximações das vias não preferenciais, durante, pelo menos, quatro horas. O MUTCD, para situações com 2 ou mais faixas, solicita 900 veículos/h na via preferencial, e 100 na aproximação mais carregada da não preferencial. Em relação à via preferencial, os patamares, mais ou menos, se equivalem. A diferença relevante fica por conta das exigências para as vias não preferenciais: enquanto o

MUTCD exige 100 veículos na aproximação mais carregada durante oito horas, os critérios escoceses pedem, apenas, que a soma de todas as aproximações não preferenciais atinjam a média de 75 veículos/h durante quatro horas.

O item 5 prevê que eventuais ônibus vindos das vias não preferenciais devem ter seu número multiplicado por 10. É o único ponto em que se faz referência à equivalência entre veículos, fator que é ignorado tanto no restante do critério escocês como no MUTCD inteiro.

No que tange aos pedestres, o item 7 determina que a razão de se implantar um semáforo pode vir a ser o conflito entre 700 veículos/h que efetuam uma conversão com 300 pedestres/h, na média das quatro horas mais críticas. Neste caso, somos da opinião de que o critério é por demais severo. Acreditamos que obrigar um movimento de 300 pedestres /hora a atravessar enfrentando um veículo a cada cinco segundos, é uma situação já bastante crítica e que devem haver situações com valores inferiores que já demandariam a instalação de um controle semaforico.

O item 8 contempla a possibilidade de criar um intervalo de extensão do tempo de entreverdes para dar oportunidade à travessia de pedestres. Nosso ponto de vista é que isso constitui um grave erro. Criar um intervalo de vermelho geral nos focos veiculares sem os correspondentes focos de pedestres cria uma confusão enorme na operação da interseção. Os motoristas não entendem porque continuam parados e os pedestres não conseguem perceber que se trata de um pequeno intervalo para eles atravessarem. Nos locais em que vimos esta solução sendo testada, constatamos, além do desentendimento geral, um elevado potencial de acidentes.

A questão dos acidentes é tratada no item 9. Mais um vez os critérios mostram-se demasiadamente sovinas com a questão da segurança viária. O critério especifica que tem de ocorrer 5 acidentes com vítima durante o período de um ano, para se pensar na implantação semaforica. Gostaríamos de ver uma lista, de qualquer lugar do mundo, com as interseções que ainda não são semaforizadas e que atendem a esse patamar. O MUTCD também impõe o número 5, mas pelo menos aceita que se considerem, além dos acidentes com vítimas, os acidentes com fortes danos materiais.

O item 11 contempla a possibilidade da implantação de um semáforo em tempo parcial, ou seja, que opera apenas nos horários em que o trânsito é suficientemente carregado para justificá-lo, permanecendo desligado nos demais períodos. É uma boa solução que, infelizmente, é pouco aproveitada tanto no Brasil como em outros países.

O último item aborda a eventual coordenação entre o novo semáforo e outros adjacentes. O texto cita a vantagem, em princípio, de coordenar semáforos a distâncias inferiores a 300 metros. É verdade que, geralmente, a partir daí a dispersão dos pelotões aumenta bastante, mas também é verdade que a decisão pela coordenação tem de analisar outros fatores, principalmente a circulação e a diferença relativa entre os tempos de ciclo dos semáforos em questão.

Em resumo, consideramos que os critérios, sob o ponto de vista da fluidez, são demasiadamente benevolentes e podem conduzir a uma proliferação injustificada de semáforos. Por outro lado, a questão da segurança viária não é convenientemente tratada. É, sem dúvida, o ponto mais importante e mereceria recomendações menos rigorosas, como por exemplo, com a adoção de um limite anual de acidentes com vítimas bem inferior a cinco ou com a proposição de outros critérios que traduzissem outros aspectos decorrentes da falta de segurança.

CAPÍTULO III – NOSSA PROPOSTA

Este capítulo aponta algumas sugestões para superar o problema da falta de embasamento na implantação de novos semáforos, dividindo a questão em duas partes: como alcançar um rol de critérios realmente sólidos e como tratar a questão enquanto isso não é conseguido.

Antes de entrar, propriamente, em cada uma dessas partes, vamos abordar algumas questões comuns a ambas.

Interseções novas

As propostas que vamos enunciar partem do princípio de que a interseção já existe e que é possível medir valores de espera, fluxo, tempos de travessia, etc. Como tratar das novas interseções, onde tais levantamentos são impraticáveis?

Felizmente, existem só três tipos de situações que podem ocorrer: ou a necessidade semafórica é tão flagrante que sua implantação se torna evidente para qualquer técnico da área, ou a necessidade existe, mas não é imprescindível que seja atendida imediatamente, ou ela simplesmente não existe.

Podemos exemplificar a primeira situação com uma avenida com canteiro central, onde vários semáforos já existem e o projeto consiste na abertura do canteiro central num determinado ponto para que uma transversal passe a cruzar a avenida. Dificilmente, poderemos deixar de semaforizar tal transversal, principalmente se a previsão do fluxo estimado for da mesma ordem de grandeza das outras já semaforizadas.

A dúvida, então, passa a ser se o caso em análise pertence à segunda ou terceira situação. A resposta correta poderá ser obtida com maior segurança na fase subsequente à implementação da nova interseção, quando for possível mensurar os dados necessários. A maioria das novas interseções pertence a este grupo e não há maiores problemas em adiar a decisão por algum tempo. Sugerimos que seja feito um acompanhamento durante um período de três meses, durante o qual o fluxo de trânsito terá tempo de se reequilibrar na malha viária e já terão sido superadas eventuais dificuldades comportamentais que costumam ocorrer após a implantação de um projeto novo de trânsito.

Nossa proposta de adiar por algum tempo a decisão visa, principalmente, eliminar a proliferação desmesurada de novos semáforos. Isto já foi citado em outro trecho deste artigo e devemos evitar a solução cômoda de prever semáforos em todas as possíveis interseções com medo de sermos questionados posteriormente.

O cuidado do acompanhamento posterior é imprescindível e não se deve limitar às novas interseções onde protelamos nossa decisão. Toda vez que instalarmos um novo semáforo, seja numa interseção nova ou já existente, temos a obrigação de realizar vistorias ao local nas primeiras semanas após a implantação a fim de corrigir eventuais erros que tivermos cometidos; mesmo que não existam, o acompanhamento servirá para ajustar a programação. Além disso, serve sempre como lição para futuros trabalhos, pois é a oportunidade de compararmos aquilo que previmos no papel com o que realmente ocorreu. Este cuidado tem de ser redobrado quando se trata de travessias de pedestres em meio de quadra. Sempre é bom avaliar se é o caso de providenciarmos orientadores de travessia para garantir a segurança das primeiras semanas após a implantação. As crianças,

particularmente, merecem atenção especial, não só por serem mais frágeis, mas porque ainda têm a ingenuidade de confiar cegamente na sinalização.

Retirada de semáforos

Vamos falar um pouco sobre retirada de semáforos. Todos nós, que trabalhamos na área, sabemos quão difícil é tirar um semáforo existente. Algum dia, esperamos contar com um conjunto de critérios não só para acrescentar semáforos, mas também para eliminá-los. Infelizmente, não é possível utilizar as mesmas regras para os dois casos, pois os critérios dependem de medições locais de desempenho. Por enquanto, o que podemos opinar é que não devemos ignorar o assunto e deixar operando sinalizações flagrantemente sem sentido. Muitas vezes, o técnico fica com receio de questionamentos da população que pode estar sentindo aquele semáforo como "direito adquirido". Pode, até com mais razão, temer que no dia seguinte à retirada ocorra um acidente grave. Mas nossa opinião é que se pinta o diabo mais feio do que ele é realmente. Até agora nunca tivemos problema nenhum com os projetos em que eliminamos semáforos.

Uma sugestão para balizar a decisão e, mesmo, justificá-la perante possíveis questionamentos é comparar as características relevantes do local, em termos de decisão semaforizada, tais como distância de visibilidade, fluxos de veículos e pedestres, porcentagem de veículos pesados, largura das travessias, etc. com outras interseções não semaforizadas e que operam muito bem desta forma. Se pudermos mostrar que existem outras interseções semelhantes e que trabalham muito bem sem semáforo, tanto em termos de tempo de espera como de periculosidade, teremos uma boa justificativa tanto perante nossa indecisão como diante dos usuários.

Limitação da velocidade

A idéia do manual argentino de garantir que a velocidade em todo o trecho de via que se aproximar de um semáforo não ultrapasse determinado valor é interessante e merece ser aproveitada. Existem avenidas com características de vias expressas e que, em algum instante, vão encontrar seu primeiro semáforo, gerando uma situação de alto risco. Muitas vezes, se aproximam com velocidade de 80 km/h, o que, ao nosso entender, configura uma situação excessivamente perigosa. Nestes casos, ou a instalação não deve ser feita, ou a velocidade máxima deve ser limitada, com suficiente antecedência, para um valor correto no trecho de chegada.

O assunto é tão grave que merece ser oficializado nos manuais e não deixado simplesmente para a escolha do projetista. Na Argentina adotou-se o valor de 60 km/h. Um valor brasileiro teria de ser acordado, mas, provavelmente, seria algo entre 60 e 70 km/h.

Busca de outras soluções

Vamos encerrar este item aproveitando para repetir, à exaustão, um procedimento que já sublinhamos em outras partes deste texto e que todos os manuais professam. O semáforo tem de ser encarado, sempre, como uma segunda opção. Quando temos de resolver algum problema numa interseção, seja de segurança seja de espera excessiva, devemos tentar resolvê-lo com outras medidas, que além de serem normalmente mais baratas, são muito mais eficazes, principalmente se estamos falando de acidentes. Precisamos ficar atentos a não cair na tentação de

instalar o semáforo só porque exige um projeto muito mais simples do que, por exemplo, uma reconfiguração geométrica.

Estabelecimento de critérios

Entendemos que a divisão que a CET de São Paulo faz, identificando três possíveis aspectos motivadores é bastante adequada. Assim, vamos tratar do assunto em três esferas:

- a) Aspecto segurança viária;
- b) Aspecto fluidez dos veículos;
- c) Aspecto travessia de pedestres.

Antes de entrar propriamente em cada um dos três aspectos, vale lembrar que é necessário respeitar a um requisito que é comum a todos eles.

Por mais perigosa, ou problemática, que seja a operação numa interseção, deve haver um número mínimo de usuários para que se justifique a intervenção. Não se pode defender a implantação, operação e manutenção da sinalização semafórica se um número por demais reduzido de pessoas for utilizar efetivamente o recurso. Neste caso, outras soluções de Engenharia de Trânsito têm de ser buscadas e implementadas.

A melhor maneira de lidar com esta questão, no nosso entendimento, é seguir a filosofia da limitação do número de ciclos "vazios", como fez a CET no aspecto da fluidez veicular. Este conceito poderia ser utilizado também dentro do aspecto da travessia de pedestres.

Aspecto segurança viária

Quando lembramos que o aspecto da segurança viária é o responsável pela maioria das implantações dos semáforos, verificamos quão nociva é a carência de uma metodologia comprovadamente confiável.

A proposta do manual CET de se utilizar o método de análise de conflitos é interessante. Como existe uma relação direta comprovada entre os "quase acidentes" e os "acidentes", concentrar-se nos primeiros traz a vantagem de contar com uma amostra bastante expandida. O obstáculo principal que impediu, até agora, que este caminho fosse a solução definitiva foi que não dispomos, ainda, de um valor que possa ser adotado como limite, a partir do qual seja recomendada a implantação semafórica. É necessário que seja feito um trabalho intenso de aplicação do método a uma série representativa de locais, seguido da análise dos resultados coletados para que possamos obter, algum dia, os tais valores limite. Fica aqui a sugestão para eventuais entidades interessadas.

Existe ainda um outro caminho para tratar do assunto e que, até onde sabemos, nunca foi tentado. A ocorrência de acidentes é função de alguns fatores conhecidos e identificáveis, tais como distância de visibilidade, fluxos e tipos de veículos e pedestres, largura da via a ser vencida, distribuição de velocidades, circulação, etc. Poderia ser estabelecida uma correspondência entre estes fatores e o índice de acidentes existente, através da aplicação de tratamento matemático do tipo regressão paramétrica múltipla, a uma quantidade estatisticamente representativa de interseções e travessias de pedestres. Uma vez obtida a expressão analítica que retratasse o fenômeno, poderíamos classificar os locais em uma lista de periculosidade priorizada. O próximo passo seria estabelecer um ponto de corte,

abaixo do qual não se justificaria a implantação. A escolha deste ponto de corte envolveria, ainda, fatores subjetivos, mas teríamos alcançado o enorme ganho de poder aplicar os recursos de forma mais justa.

Um possível empecilho que teremos de enfrentar, caso se resolva tentar construir essa metodologia, é a questão dos "cruzamentos traiçoeiros". Há interseções que são potencialmente perigosas, mas cujo risco não é percebido pelos usuários das transversais. Isso ocorre, por exemplo, em locais onde é dúbio de quem deve ser a preferencial (mesmo que estejam devidamente sinalizadas com placa R-1). Nestes cruzamentos a mera medida dos tempos de espera pode não refletir adequadamente o perigo existente e não conseguimos enxergar qual seria a característica relevante, passível de ser mensurada, capaz de traduzir adequadamente o risco escondido.

Em resumo, sugerimos as seguintes medidas:

- a) Abandonar a idéia de se estabelecer critérios em função do registro de acidentes no local analisado;
- b) Aplicar o método da Análise de Conflitos a um conjunto estatisticamente representativo de locais, a fim de definir índices que sirvam de referencial no futuro. Estabelecer critérios fundamentados em tais índices;
- c) Pesquisar o caminho de criar um modelo matemático que correlacione o número de acidentes com características relevantes de cada local, tomando especial cuidado com os "cruzamentos traiçoeiros".

Aspecto fluidez dos veículos

Neste terreno, os indicadores tradicionais têm sido os fluxos horários da via preferencial e da aproximação mais carregada das vias não preferenciais. A CET SP inovou ao trabalhar com a comparação dos atrasos.

Nossa sugestão é que a questão da fluidez seja abordada de forma semelhante à que a CET utiliza para a travessia de pedestres. Acreditamos que é possível estabelecer um conjunto de critérios que se fundamentem no tempo de espera que os veículos mais "lentos" das vias não preferenciais precisam para cruzar a preferencial. Tal solução teria a grande vantagem de ser de fácil aplicação prática, pois envolveria pesquisas relativamente simples. Além disso, é um conceito que traz inerente não só o aspecto fluidez, mas também o da segurança viária.

Se a idéia do tempo crítico de espera não vingar, acreditamos que é preferível adotar o método da CET: comparar os atrasos nas alternativas de colocar, ou não, o novo semáforo.

A utilização de tabelas de fluxo, nos moldes MUTCD, não é, a nosso ver, uma solução adequada para tratar o problema devido às deficiências que já apontamos em outras partes deste artigo.

Aspecto Travessia de Pedestres

Recomendamos fortemente que se adote o método da CET de São Paulo. Sua aplicação prática mostrou-se inteiramente consistente e julgamos que pode trazer benefícios também para outras cidades.

Sugerimos que, antes de oficializar esta metodologia se confirme se o valor paulistano de 25 segundos é também adequado para a cidade em questão.

Repetimos aqui um comentário já feito anteriormente. Quando um semáforo é instalado, numa interseção, por causa dos pedestres e não dos veículos, é preferível não projetar, de imediato, o estágio exclusivo dos pedestres. Na quase totalidade das vezes, o controle veicular já vai ser suficiente para eliminar as dificuldades das travessias de pedestres. Acompanhamento posterior pode indicar alguma exceção, onde caiba também o estágio exclusivo, o que pode ser providenciado no futuro, sem maiores prejuízos.

Tratamento de curto prazo

Vamos continuar adotando a classificação das possíveis causas que exigem a sinalização semafórica nos três grupos apreciados dentro do item **Estabelecimento de critérios.**

Aspecto segurança viária

Enquanto não dispomos de uma metodologia adequada, nossa sugestão, a curto prazo, para os técnicos que precisam decidir se o semáforo será implantado devido ao aspecto de segurança viária, é que não sigam nenhum manual, mas se apoiem na análise das informações colhidas através dos seguintes expedientes:

- a) Registro de colisões com vítimas, atropelamentos e colisões sem vítimas;
- b) Aplicação do método da análise de conflitos;
- c) Vistorias realizadas em vários horários do dia;
- d) Entrevista a moradores e usuários do local;
- e) Verificação de vestígios de acidentes no entorno do local estudado;
- f) Levantamento da distância de visibilidade entre usuários conflitantes.

Com base nas informações colhidas e na sua experiência profissional, caberá ao técnico decidir pela implantação, ou não, do semáforo. É uma atitude subjetiva, mas é preferível assumi-la do que recorrer a critérios cuja objetividade é bastante questionável.

Aspecto fluidez dos veículos

Enquanto não dispomos de uma alternativa melhor, sugerimos que se adote a metodologia usada pela CET de São Paulo. Sabemos das dificuldades práticas que muitos órgãos terão de superar para conseguir simular as situações de redes coordenadas, mas não atinamos com outro caminho mais simples.

No Aspecto segurança viária, ainda propomos recorrer à experiência profissional para balizar a decisão. Acreditamos que na esfera da segurança, decisões subjetivas de técnicos experientes ainda são válidas. Entretanto, isso já não ocorre quando falamos de fluidez. Como foi demonstrado anteriormente, o atraso veicular será sempre maior com semáforo do que sem semáforo. A comparação entre ambas as alternativas tem de ser mais refinada, como é feito nos critérios da CET, e não há como avaliá-la subjetivamente, por mais experiente que seja o técnico responsável.

Aspecto Travessia de Pedestres

Sentimo-nos bastante à vontade, neste aspecto, para recomendar a utilização da abordagem da CET. Já se mostrou plenamente confiável e é bastante simples de aplicar. O único ponto a confirmar é se o valor de 25 segundos é adequado para a cidade onde o trabalho está sendo realizado, mas isso deve ser relativamente fácil de resolver, pois eventuais diferenças serão bastante pequenas.

** Luis Vilanova é especialista em controle e monitoração de trânsito e trabalha atualmente na Gerência de Desenvolvimento Tecnológico da CET / SP.*