

SP 01/11/86

NT 112/86

## **Algumas Considerações Sobre Travessias e Brechas no Fluxo Veicular.**

**Jaques Mendel Rechter**

### Introdução

O problema da brecha no fluxo veicular, que possibilita a travessia da via pelo pedestre, não vem tendo a merecida atenção dos envolvidos com as questões de engenharia de tráfego.

Um estudo mais conclusivo sobre essa temática absorveria tempo e esforço consideráveis e seria necessário ponderar sobre a formação da brecha, sua relação com a composição do fluxo, os volumes veiculares, as condições da via, e, principalmente as causas psicológicas e fisiológicas que determinam o uso da brecha pelo pedestre. A intenção desta Nota Técnica é constituir-se em um primeiro passo nessa direção e servir de referência ao projetista interessado.

### Definições conceituais

Brecha - é o espaço existente em determinado instante entre dois veículos, considerando-se que ambos se movimentem na mesma direção e faixa de tráfego. Sua duração é mensurada a partir do instante de passagem da extremidade traseira de um veículo, em um ponto determinado da via, e o início da passagem da extremidade dianteira do próximo veículo pelo mesmo ponto.

Espera de Ocorrência de uma Determinada Brecha - é o tempo médio decorrido entre o término de uma brecha, de determinada duração, e o início de outra com a duração da primeira.

Esse é um dado importante para ser levado em conta pelos projetistas, quando se trata da travessia de pedestres, pois a demora excessiva do aparecimento da brecha pode levá-los a assumir maiores riscos pela diminuição da tolerância da margem de erros de avaliação.

A indagação bastante comum é: a partir de que momento, após qual tempo de espera por uma brecha adequada para travessia o pedestre passa a assumir maiores riscos de atropelamento? Esta pergunta só poderá ser convenientemente respondida quando da elaboração e execução de pesquisas de comportamento. Estas pesquisas poderão revelar dados muito interessantes, relacionados a algumas variáveis que influenciam o comportamento, tais como: distância de travessia, composição do tráfego, horário, tipo de viagem, destino, densidade de ocupação e uso do solo, classificação da via, época do ano e clima, idade e aptidão do pedestre.

Brecha Mínima Segura para Travessia - é a brecha cuja duração permite ao pedestre promover a travessia de uma área de conflito com os veículos, com nível satisfatório de segurança.

### Fases de Travessia

Para o entendimento do que vem a ser uma travessia com segurança é preciso conhecer melhor as tarefas implícitas nesse ato do pedestre. Segundo alguns autores, o processo pode ser dividido em duas fases, a pré-travessia e a travessia propriamente dita. A pré-travessia dividi-se em cinco estágios: seleção do local, observação, percepção, julgamento e decisão.

Na prática alguns desses estágios podem ser omitidos, combinados ou repetidos sucessivamente até que a tarefa seja concluída. Embora essas etapas possam ser completadas rapidamente, é nesta fase que pode ocorrer o fator final responsável pelo atropelamento.

Um estudo em Hampshire (5) constatou que 70% dos adultos atropelados não tinham visto o veículo que os atropelou. Entre as crianças o mesmo fato se repetiu em 60% dos casos, sendo que 39% delas não olharam direito para atravessar. Esse estudo revelou que a maior parte das falhas ocorrem em fase de observação e percepção.

Para a determinação do tempo necessário para a execução da travessia, a divisão em pré-travessia e travessia efetiva oferece melhores condições de análise. O tempo da pré-travessia é diminuto, excetuando-se a etapa seleção do local, pois a quantificação do tempo necessário para essa etapa seria extremamente complexa, além do que, neste momento, não é fundamental para a aplicação prática do estudo de brechas para travessia.

### Valores Usuais de Medida de Tempo de Percepção e Reação

Para a determinação do tempo de pré-travessia, foram adotados os mesmos valores usuais de medidas de tempo de percepção e reação, perdidos pelo motorista para início da frenagem do veículo, assim que o semáforo fecha. Esses valores situam-se entre 0,8 e 1,2 segundo.

Um estudo (6) do tempo normalmente perdido pelo motorista, ao se aproximar de um cruzamento para observar se o caminho está livre, serviu como base esta adoção. Nesse estudo estabeleceu-se que são necessários de 0,1 a 0,3 segundos para movimentar os olhos para a direita e 0,3 segundos para focalizar; 0,1 a 0,3 segundos para movimentar os olhos para a esquerda e novamente 0,3 segundos para focalizar. No total do processo tem-se entre 0,8 e 1,2 segundos, se forem tomados os valores mínimo e máximo.

### Velocidade do Pedestre

Seria fundamental que se dispusesse das velocidades médias dos mais variados tipos de pedestres como crianças, gestantes, adultos, idosos e deficientes em diferentes vias e situações urbanas, empreendendo viagens por diversos motivos, tais como: trabalho, lazer ou compras. Não deverão ser esquecidos os casos como os de pedestres levando crianças pela mão ou no colo, ou empurrando carrinho de bebê ou de feira.

Da mesma maneira que hoje adota-se um veículo de projeto para a elaboração de projetos geométricos, futuramente deverão ser escolhidas as características típicas e a velocidade dos pedestres usuais do local, como parâmetro de cálculo.

O tempo para promover uma travessia em si varia de acordo com a velocidade do pedestre. Essa velocidade ainda não foi objeto de um estudo mais completo, apesar de sua importância. As próprias tabelas e suas fontes, apresentadas a seguir, demonstram uma pormenorização insatisfatória.

Trajetos domicílio/trabalho, circulação em sentido único e/ou tráfego por motivo profissional	1,2 a 1,6 m/s
Tráfego misto	1,0 a 1,4 m/s
Tráfego em áreas comerciais e de lazer e/ou com forte circulação em sentido oposto	0,8 a 1,2 m/s

Gonçalves, José Ernesto Lima. Área de pedestres, S. Paulo, CET, 1978. (Boletim Técnico da CET) p.21.

Interseções Centrais (08:00 - 14:00)	1,44 m/s
Meio de Quadra (08:00 - 14:00)	1,46 m/s

CET, Velocidade de pedestres em faixas de travessia semaforizadas e calçadas. S.Paulo, CET, 1983.

Estação de Transporte Público	1,34 m/s
-------------------------------	----------

CET, Velocidade de pedestres em faixas de travessia semaforizadas e calçadas, S.Paulo, CET, 1983.

Vias Principais*	1,39 m/s ( $\pm 0,24$ )
Vias Secundárias*	1,30 m/s ( $\pm 0,29$ )
Calçada	1,35 m/s ( $\pm 0,24$ )

\* Travessia de pedestre com fase e foco

CET, Velocidade de pedestres em faixas de travessia semaforizadas e calçadas, São Paulo, CET, 1983.

Deficiente Físico	0,45 m/s
Deficiente Visual	1,00 m/s

Boucinhas, Maria da Penha N. da C. , Projeto Piloto - deficientes físicos e visuais, S. Paulo, CET, 1980. (Boletim Técnico da CET) p. 25.

#### Determinação dos Tempos Mínimos de Duração da Brecha para uma Travessia Segura

A travessia em si é a transposição pelo pedestre do espaço de conflito com o automóvel. Esse espaço de conflito deve ser considerado como espaço total, a ser percorrido pelo pedestre, entre dois pontos onde ele possa permanecer em segurança. No caso da travessia de uma via, a distância total a ser percorrida é a largura desta (se não existir canteiro central ou refúgio), acrescida das distâncias dos pontos de permanência do pedestre no passeio, até a borda do mesmo.

Após as considerações sobre brechas seguras para travessia, uma vez analisadas as tarefas implícitas, já pode ser entendida a maior parte da expressão:

$$T_{bst} = P_{tr} + \frac{L + 2E_s}{V_P} + \frac{DC}{V_mV}$$

Onde:

$T_{bst}$  = Tempo de duração de uma brecha considerada mínima e segura para a travessia (segundo)

$P_{tr}$  = Tempo de pré-travessia (segundo)

$L$  = Largura da via (metro)

$E_s$  = Distância do ponto de permanência segura do pedestre até a borda do passeio (metro)

$V_P$  = Velocidade do pedestre (metro/segundo)

$V_mV$  = Velocidade veicular média da via (metro/segundo)

$DC$  = Distância crítica de acidente (metro)

#### Distância Crítica de Acidentes - DC

Existe uma distância mínima entre o pedestre e o veículo que, quando atingida, indica a iminência de um atropelamento, caso não haja mudança no trajeto ou na velocidade do veículo ou do pedestre. Essa distância varia muito, principalmente em função da velocidade do veículo. Observou-se que em vias com velocidade aproximada de 40 Km/h, essa distância crítica situa-se em cerca de duas vezes o comprimento do veículo.

A inclusão deste item na expressão brecha mínima visa propiciar ao pedestre uma pequena margem de segurança, caso ele comece a travessia depois de iniciada a brecha, pois dessa forma ele disporá de algum tempo para concluir sua tarefa sem risco iminente, quando estiver finalizando a travessia. No caso de uma via cuja velocidade média situa-se em torno de 40Km/h e com uma distância crítica pouco maior que duas vezes o comprimento do veículo, tem-se a favor do pedestre, segundo a parcela da expressão, cerca de 1 segundo.

$$\frac{DC}{V_{mV}} = \frac{12m}{40Km/h} \cong 1,08 \text{ segundos}$$

#### Distância do Ponto de Permanência Segura para o Pedestre até a Borda do Passeio - ES

Pode parecer estranha a multiplicação por 2 do ES na primeira expressão citada, mas como foi mencionada anteriormente, o espaço de conflito é considerado como o espaço total a ser percorrido pelo pedestre. Dentro deste raciocínio conta-se, também, com o espaço necessário para o pedestre dar o último passo, atingindo o passeio em um ponto considerado seguro, que é estimado situar-se à mesma distância do ES inicial da travessia.

#### Tempos Semafóricos para Pedestres.

Pode-se ter uma expressão semelhante a do Tbst para tratar da duração do verde para pedestres em fase e com foco próprio, ou em semáforo de pedestre com funcionamento contínuo ou atuado. No caso do semáforo, em função da reação do pedestre ser praticamente instantânea quando surge o boneco verde, o Ptr desaparece. Entretanto o pedestre perde uma parcela do tempo de verde a ele dirigido para confirmar a parada ou intenção de parada dos motoristas, após o fechamento do semáforo.

Esse tempo varia segundo muitos fatores, entre os quais pode-se citar: largura e tipo da via, volume de pedestres que vai atravessar, velocidade dos veículos na via, uso do solo, horário, etc.

Infelizmente quer devido à desobediência ao semáforo, quer devido ao desrespeito a faixa de pedestre ou mesmo a falhas dos motoristas, este fator existe e deve ser levado em consideração no cálculo.

A correta medição desse tempo só poderá ser satisfatoriamente empreendida após futuras pesquisas. Para uso prático, sugere-se o emprego de uma estimativa baseada em observações sem deixar de checar posteriormente o acerto desta estimativa, procedendo, se for o caso, a calibragem do semáforo.

Segue, de forma semelhante ao cálculo de Tbst, a expressão que determina o tempo de verde mínimo para a travessia:

$$TvP = T_{cp} + \frac{L + 2Es}{VP}$$

TvP = Tempo mínimo de verde para o pedestre (segundo)

Tcp = Tempo de confirmação de parada (segundo)

Não se deve esquecer que nas travessias semaforizadas que apresentam grandes volumes de pedestres, a tendência dos mesmos, após a ocupação de determinada largura, é a de formar filas em linha, em um processo bastante parecido com as filas de veículos em semáforos.

Os últimos pedestres a chegarem, ainda deverão aguardar a destruição da fila à sua frente para iniciarem a marcha, após a abertura do semáforo. Com relação a estes, estar-se-á embutido na parcela o tempo aproximado de destruição da fila, pois na expressão, o Es é contado duas vezes,

uma no início da travessia e outra no fim. Como o Es de finalização da travessia é o mesmo para o primeiro e último pedestre da fila, a diferença do segundo Es, que entrará na equação com idêntico valor do Es do último pedestre, compensará o tempo perdido na destruição da fila.

O tempo de vermelho piscante para o pedestre, bem como o próprio fato de se usar o vermelho e não o verde piscante, são questões que requerem muita reflexão e análise. Apesar de ser necessário um estudo amplo e detalhado sobre o assunto, a seguir serão apresentados dois parâmetros que podem ser adotados para o dimensionamento do tempo de vermelho piscante.

O primeiro parâmetro é baseado na crença de que o vermelho piscante deve dar ao pedestre que se encontra no meio da travessia, o tempo necessário para atingir seu objetivo sem alterar sua velocidade. Outra corrente, mais radical, baseia-se na crença de que o vermelho piscante deve dar ao pedestre que inicia a travessia o tempo necessário para atingir seu objetivo, sem alterar sua velocidade, o que nos fornece o segundo parâmetro.

Assim, pode-se determinar o tempo de vermelho piscante de duas maneiras:

$$T_p = \frac{L + 2E_s}{VP} \quad \text{ou} \quad TP = 0,5 \frac{L + 2E_s}{VP}$$

$T_p$  = Tempo de piscante para o pedestre

A opção por uma das formas de cálculo caberá ao técnico, enquanto o assunto não for devidamente normatizado.

Acredito que com estas notas, as discussões sobre os temas aqui abordados ganharão impulso e resultarão em sugestões e novos conceitos que, confrontados e aplicados aos futuros resultados das pesquisas propostas, levarão ao aprimoramento do conhecimento técnico, em benefício de toda a comunidade.

#### Referências Bibliográficas:

1. Boucinhas, Maria da Penha Nobre da Costa, *Projeto piloto - deficientes físicos e visuais*, S.Paulo, CET, 1980. 99p., il. (Boletim Técnico da CET, 23).
2. Companhia de Engenharia de Tráfego, *Velocidade de pedestres em faixas de travessia semaforizadas e calçadas*, S.Paulo, CET, 1983, 13p., il.
3. Gonçalves, José Ernesto Lima, *Área de pedestres*, S.Paulo, CET, 1978, 97p., il. (boletim Técnico da CET,17).
4. Older, S. J. & Grayson, G. B., *A percepção e a decisão na tarefa de pedestre* (Perception and decision in the pedestrian task). Tradução de Maria Cristina G. Arányi, Crowthorne, TRRL, 1974. 11p., il. (Supplementary Report, 49 UC).
5. *Accidents of elderly pedestrians*. Crowthorne, TRRL, 1972. (Leaflet, 323).
6. Cal Y Mayor, Rafael. *Ingenieria de transito*. México, Representaciones y Servicios de Ingenieria, 1972. 286p.il.

-----

Arquiteto Jaques Mendel Rechter - STR/SNT