

Procedimento do U.S.HCM/2010

- ⇒ procedimento para interseção com PARE simples (não DÊ PREFERÊNCIA) recomendações específicas para PARE múltiplo e para rotatórias.
- ⇒ enfoque multimodal (auto=veículos, pedestres, ciclistas) tem maior ênfase:
 - pedestres tratados de forma integrada (como no HCM/97-2000);
 - novo procedimento: efeito de cessão de preferência de condutores aos pedestres;
 - ciclistas mencionados especificamente; procedimentos e dados incipientes.
- ⇒ critério de nível de serviço é o atraso (de controle) médio (fórmula dinâmica mas ...) com recomendações específicas para veículos (do HCM/97-2000) ou pedestres; para veículos: critério complementar de capacidade ($Q/C > 100\%$ NS sempre F)
Ver Tabela 19-1 e 19-2
- ⇒ mantém avaliação da fila máxima esperada (percentil 95%) do HCM/97-2000
- ⇒ valores básicos de brecha crítica e intervalo de seguimento revisados inclui retornos e manobras em etapas (ao invés de ajustes anteriores)
Ver Tabela 19-10 e 11
- ⇒ ajustes de brecha crítica e intervalo de seguimento do HCM/97-2000 em função da composição de tráfego e declividade na via secundária sem considerar fatores locais (curvatura, visibilidade, população)
- ⇒ critério explícito de identificação de volumes conflitantes do HCM/97 mas fatores ponderadores (equivalentes) específicos para os diferentes fluxos prioritários.
Ver Figura 19-5,6,7,8,9
- ⇒ fórmula tradicional (poissoniana, discreta) de capacidade potencial (igual ao HCM/97-2000, fluxos secundários e capacidades em veículos/hora!)
- ⇒ capacidade real/efetiva: considera efeito adicional de interferências em função de hierarquia de prioridade dos movimentos, da razão Q/C dos movimentos interferentes e do efeito da interação de interferências (similar ao HCM97-2000).
- ⇒ procedimentos preliminares (do HCM/97-2000) para avaliar efeito da existência de aproximações alargadas (de comprimento reduzido, revisado) ou canteiros centrais que permitem manobras em etapas (mantido).
- ⇒ efeito de pelotões gerados por semáforos adjacentes: sugere uso de simulação ...
- ⇒ efeito de interferência dos pedestres: retirado do procedimento básico (suplementar ...)
- ⇒ análise simplificada para pedestres (não há método para ciclistas) integrada (similar ao procedimento utilizado nos capítulos separados do HCM97-2000) ... com avaliação do efeito de cessão de preferência de condutores aos pedestres.

TABELA 19-1. Nível de Serviço para Interseções com Sinalização de Prioridade (TWSC) para Modo Auto - HCM/2010

Atraso de Controle Médio (seg/v)	Nível de Serviço para Q/C≤1	Nível de Serviço para Q/C>1
≤10	A	F
>10 e ≤15	B	F
>15 e ≤25	C	F
>25 e ≤35	D	F
>35 e ≤50	E	F
>50	F	F

$d_c = d_r + d_s$, $d_r = \frac{3600}{\tilde{C}_m} + 5\text{seg}$ por manobra ou $d_a = \frac{3600}{\tilde{C}_a} + 5\text{seg}$ média na aproximação (ambos incluindo $d_{ba} = 5\text{ seg}$ de aceleração/desaceleração)

$$e d_s = \frac{T_p}{4} \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{8 \cdot k \cdot X}{\tilde{C} \cdot T_p}} \right] \text{ (sobre-atraso)}$$

no HCM/2000: $k = 1,0$ e $T_p = 900\text{seg}$ (15min) para $X \leq 0,90$ (ou o período saturado)

utilizando-se d_s calculado por manobra com $X_m = \frac{\tilde{Q}_m}{\tilde{C}_m}$

mas ... melhor: d_Q comum com $X = \frac{\tilde{Q}}{\tilde{C}_s}$ ($\tilde{Q} = \sum \tilde{Q}_m$ e $\bar{d}_a = \sum p_m \cdot \bar{d}_m$) e $d_{ba} = f[V]$

filas do percentil 95: $n_{95} = \frac{\tilde{C} \cdot T_p}{4} \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{24 \cdot X}{\tilde{C} \cdot T_p}} \right]$ (não superada 95% do tempo)

TABELA 19-2. Nível de Serviço para Interseções com Sinalização de Prioridade (TWSC) para Modo Pedestre - HCM/2010

Atraso de Controle Médio (seg/p)	Nível de Serviço	Comentário
≤5	A	Usualmente, sem fluxos conflitantes
>5 e ≤10	B	Atrasos ocasionais devidos aos fluxos conflitantes
>10 e ≤20	C	Atrasos percebidos pelos pedestres, mas não inconvenientes
>20 e ≤30	D	Atrasos percebidos e incômodos, aceitação de risco aumenta
>30 e ≤45	E	Atrasos próximos do limite tolerável, aceitação de risco é comportamento provável
>45	F	Atrasos além do limite tolerável, aceitação de risco é altamente provável

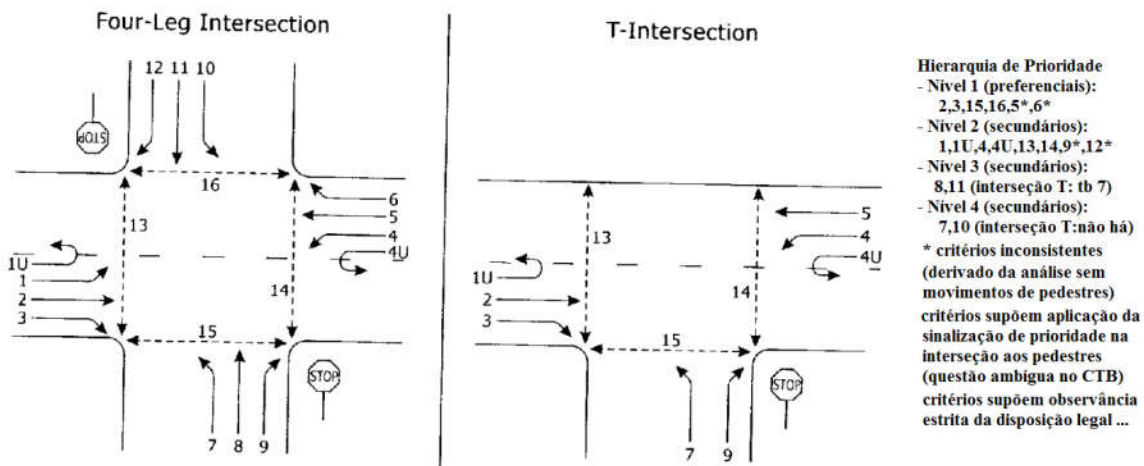
Obs: Atraso por pedestre ou por grupo de pedestres; pode manifestar-se como risco frequente.

Parâmetros que Afetam Operação em Interseções com Sinalização de Prioridade

Símbolo	Definição
C_m	capacidade (efetiva) para a manobra m, em veq/h (c_m)
$C_{p,m}$	capacidade potencial para a manobra m, em veq/h ($c_{p,x}$)
f_m	fator de ajustamento da capacidade (impedância) para a manobra m, $C_m = f_m \cdot C_{p,m}$
C	capacidade de uma faixa com uso compartilhado, em veq/h (c_{SH})
$p_{0,n}$	probabilidade ausência de fila em um movimento interferente ($p_{0,x}$)
$C_{I,m}$	capacidade potencial da etapa I para a manobra m, em veq/h ($c_{I,x}$)
$C_{II,m}$	capacidade potencial da etapa II para a manobra m, em veq/h ($c_{II,x}$)
$C_{T,m}$	capacidade potencial efetiva para a manobra m em etapas, em veq/h ($c_{T,x}$)
VH_m	volume (demanda) para a manobra m, em veq/h, (V_x)
q_m	fluxo (demanda) para a manobra m, em veq/h, (v_x)
Q	fluxo total na faixa com uso compartilhado (v_{SH})
$VH_{0,m}$	volume conflitante para a manobra m, em v/h ($V_{c,x}$)
i	índice de uma manobra de ordem de prioridade 1
j	índice de uma manobra de ordem de prioridade 2
k	índice de uma manobra de ordem de prioridade 3
l	índice de uma manobra de ordem de prioridade 4
d_m	atraso médio para a manobra m, em seg. (d_x)
D	atraso médio para a faixa com uso compartilhado, em seg. (d_{SH})
N	fila média para a faixa com uso compartilhado, em seg. (Q_{SH})

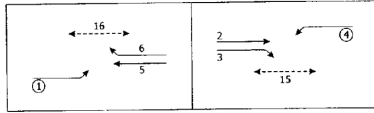
Obs: Na notação do HCM/2010, o fluxo q é v

Figura 19-3. Movimentos Veiculares e de Pedestres na Interseção com Sinalização de Prioridade (TWSC) – HCM/2010



Definição do Fluxo Oposto em Interseção com Sinalização de Prioridade (TWSC)

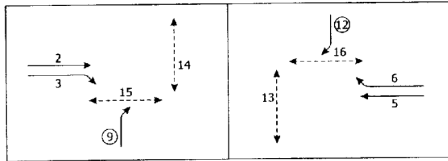
Figura 19-5. Conversão à Esquerda na Via Principal (1,4) – HCM/2010



$$v_{c,1} = v_5 + v_6 + v_{16}$$

$$v_{c,4} = v_2 + v_3 + v_{15}$$

Figura 19-6. Conversão à Direita na Via Secundária (9,12) – HCM/2010



Two-lane major streets: $v_{c,9} = v_2 + 0.5v_3 + v_{14} + v_{15}$

$$v_{c,12} = v_5 + 0.5v_6 + v_{13} + v_{16}$$

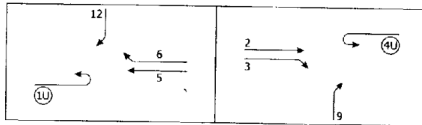
Four-lane major streets: $v_{c,9} = 0.5v_2 + 0.5v_3 + v_{14} + v_{15}$

$$v_{c,12} = 0.5v_5 + 0.5v_6 + v_{13} + v_{16}$$

Six-lane major streets: $v_{c,9} = 0.5v_2 + 0.5v_3 + v_{14} + v_{15}$

$$v_{c,12} = 0.5v_5 + 0.5v_6 + v_{13} + v_{16}$$

Figura 19-7. Retorno na Via Principal (1U,4U) – HCM/2010



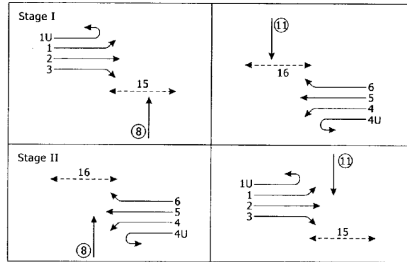
Four-lane major streets: $v_{c,1U} = v_5 + v_6$

$$v_{c,4U} = v_2 + v_3$$

Six-lane major streets: $v_{c,1U} = 0.73v_5 + 0.73v_6$

$$v_{c,4U} = 0.73v_2 + 0.73v_3$$

Figura 19-8. Cruzamento na Via Secundária (8,11) – HCM/2010



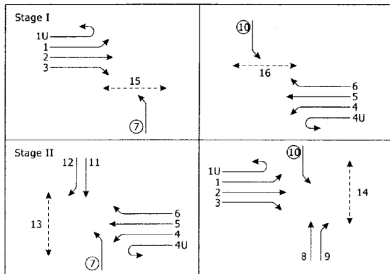
$$v_{c,1,8} = 2(v_1 + v_{1U}) + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$$

$$v_{c,1,11} = 2(v_4 + v_{4U}) + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

$$v_{c,11,8} = 2(v_4 + v_{4U}) + v_5 + v_6 + v_{16}$$

$$v_{c,11,11} = 2(v_1 + v_{1U}) + v_2 + v_3 + v_{15}$$

Figura 19-9. Conversão à Esquerda na Via Secundária (7,10) – HCM/2010



Two-lane major streets: $v_{c,1,7} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$

$$v_{c,1,10} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

$$v_{c,11,7} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6 + 0.5v_{12} + 0.5v_{11} + v_{13}$$

$$v_{c,11,10} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3 + 0.5v_9 + 0.5v_8 + v_{14}$$

Four-lane major streets: $v_{c,1,7} = 2(v_1 + v_{1U}) + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$

$$v_{c,1,10} = 2(v_4 + v_{4U}) + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

$$v_{c,11,7} = 2(v_4 + v_{4U}) + 0.5v_5 + 0.5v_{11} + v_{13}$$

$$v_{c,11,10} = 2(v_1 + v_{1U}) + 0.5v_2 + 0.5v_3 + v_{14}$$

Six-lane major streets: $v_{c,1,7} = 2(v_1 + v_{1U}) + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$

$$v_{c,1,10} = 2(v_4 + v_{4U}) + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

$$v_{c,11,7} = 2(v_4 + v_{4U}) + 0.4v_5 + 0.5v_{11} + v_{13}$$

$$v_{c,11,10} = 2(v_1 + v_{1U}) + 0.4v_2 + 0.5v_8 + v_{14}$$

Obs: Na notação do HCM/2010, o fluxo q é representado por V

- a- se existir uma faixa de conversão à direita na via principal, q_3 ou q_6 não precisam ser considerado;
- b- se existir mais de uma faixa na via principal, o fluxo conflitante inclui somente o volume na faixa à direita, assumido como q_2/N ou q_3/N , onde N é o número de faixas diretas; pode ser especificado um valor distinto segundo a distribuição do fluxo entre faixas notado em campo;
- c- se a conversão à direita da via principal é separada por uma ilha de tráfego triangular e controlada por sinal PARE/DÊ PREFERÊNCIA, pode-se eliminar q_3 e q_6 do fluxo conflitante;
- d- se a conversão à direita da via principal é separada por uma ilha de tráfego triangular e controlada por sinal PARE/DÊ PREFERÊNCIA, deve-se eliminar q_9 e q_{12} do fluxo conflitante;
- e- omitir q_9 ou q_{12} se a via principal tem múltiplas faixas ou usar metade se a conversão à direita da via secundária é alargada;
- f- omitir a conversão à direita mais afastada q_3 para o movimento 10 e q_6 para o movimento 7 se a via principal tem múltiplas faixas. .

TABELA 19-10. Valores Básicos de Brecha Crítica \tilde{t}_c em Interseções com Sinalização de Prioridade (TWSC)-HCM/2010

Tipo de Manobra	Brecha Crítica α (t_c) Básica, seg.		
	Via principal de 2 faixas (1 por sentido)	Via principal de 4 faixas (2 por sentido)	Via principal de 6 faixas (3 por sentido)
Conversão à esquerda (LT), Via Principal	4,1	4,1	5,3
Retorno (UT), na Via Principal	n.d.	6,4 (canteiro largo) 6,9 (canteiro estreito)	5,6
Conversão à direita (RT), na Via Secundária	6,2	6,9	7,1
Cruzamento (TH), Via Secundária	6,5 (uma etapa) etapa 1: 5,5; etapa 2: 5,5	6,5 (uma etapa) etapa 1: 5,5; etapa 2: 5,5	6,5 (uma etapa) etapa 1: 5,5*; etapa 2: 5,5*
Conversão à esquerda (LT), Via Secundária	7,1 (uma etapa) etapa 1: 6,1; etapa 2: 6,1	7,5 (uma etapa) etapa 1: 6,5; etapa 2: 6,5	6,4 (uma etapa) etapa 1: 7,3; etapa 2: 6,7

TWSC - controle de prioridade com PARE apenas nas aproximações de uma das vias (via secundária); * valores estimados (usar com cuidado).

TABELA 19-11. Valores Básicos de Tempo de Seguimento \tilde{t}_f em Interseções com Sinalização de Prioridade (TWSC)-HCM/2010

Tipo de Manobra	Tempo de Seguimento β (t_f) Básico, seg.		
	Via principal de 2 faixas (1 por sentido)	Via principal de 4 faixas (2 por sentido)	Via principal de 6 faixas (2 por sentido)
Conversão à esquerda (LT), Via Principal	2,2	2,2	3,1
Retorno (UT), na Via Principal	n.d.	2,5 (canteiro largo) 3,1 (canteiro estreito)	2,3
Conversão à direita (RT), na Via Secundária	3,3	3,3	3,9
Cruzamento (TH), Via Secundária	4,0	4,0	4,0
Conversão à esquerda (LT), Via Secundária	3,5	3,5	3,8

TWSC - controle de prioridade com PARE apenas nas aproximações de uma das vias (via secundária).

ajuste: $\alpha(t_c) = \tilde{t}_c + \delta_{c,VP} \cdot p_{VP} + \delta_{c,i} \cdot i - \delta_{c,ET}$ e $\beta(t_f) = \tilde{t}_f + \delta_{f,VP} \cdot p_{VP}$, onde
 $\delta_{c,VP} = 1,0$ seg. para via de 2 fxs (1/sentido) e 2,0 seg. para via de 4 ou 6 fxs (2 ou 3/sentido)
 $\delta_{c,i} = 0,1$ seg. para movimentos 9 e 12 e 0,2 seg. para movimentos 7, 8, 10 e 11
 $\delta_{c,ET} = 0,7$ seg. (redução) para movimento 7 ou 10 em interseção em T
 $\delta_{f,VP} = 0,9$ seg. para via de 2 fxs (1/sentido) e 1,0 seg. para via de 4 fxs (2/sentido)
 p_{VP} é a proporção de veículos pesados e i é a declividade da via (+ é active)

Capacidade potencial: $C_{p,m} = \frac{e^{-t_c \cdot q_{0,m}}}{1 - e^{-t_f \cdot q_{0,m}}} \cdot q_{0,m}$ para cada manobra m com placa de PARE

curvas de capacidade para os valores básicos (potencial, sem interferências) ...

DÊ PREFERÊNCIA: ajustar valores de brechas críticas e intervalos de segmento ...

Figura 32-1. Capacidade Potencial – Via Principal de 2 Faixas (1/1) – HCM/2010

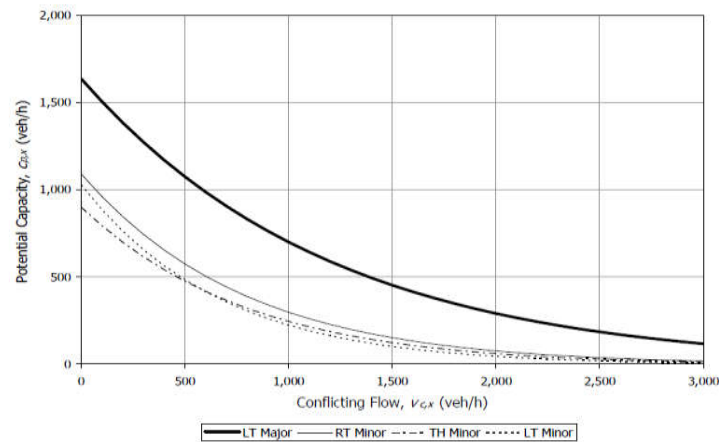


Figura 32-2. Capacidade Potencial – Via Principal de 4 Faixas (2/2) – HCM/2010

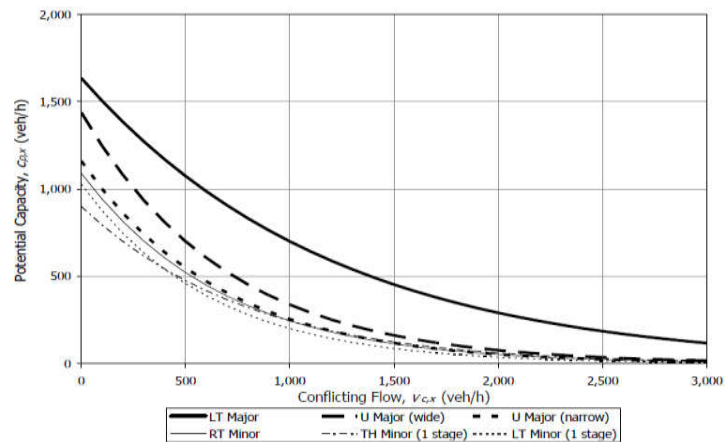
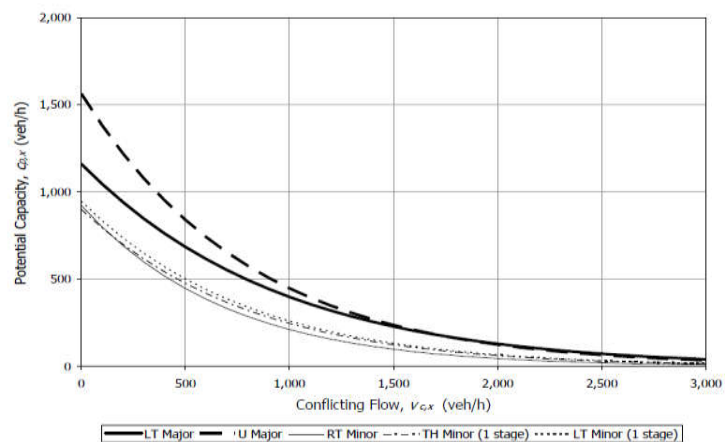


Figura 32-3. Capacidade Potencial – Via Principal de 6 Faixas (3/3) – HCM/2010



Obs: Na notação do HCM/2000, o fluxo oposto q_{om} é $v_{c,x}$, a brecha crítica α é t_{cr} e a capacidade potencial $\tilde{C}_{p,i}$ é $c_{p,i}$.

Interferências entre movimentos secundários (Impedância):

- interferência com os movimentos principais (revisado): baía com n_L vagas

$$\tilde{C}_i = f_j \cdot \tilde{S}, p_{0,j} = 1 - X_L, f_j = p_{0,j}^* = 1 - \left(1 - p_{0,j}\right) \left(\frac{y_{T,L} + y_{R,L}}{1 - y_{T,L} - y_{R,L}}\right)^{1/nL} \quad (\text{faixa L esquerda})$$

$p/L = 1: T = 2; R = 3; p/L = 4: T = 5, R = 6; p/T, R, \tilde{C}_i \cong \tilde{S}$ sem interferências

$X = \frac{\tilde{Q}}{\tilde{C}}, y = \frac{\tilde{Q}}{\tilde{S}}$; direto: $\tilde{C}_T = \tilde{S}_T \cong 1800\text{v/h}$; para conv.direita: $\tilde{C}_R = \tilde{S}_R \cong 1500\text{v/h}$

atraso $d_i = (1 - p_{0,j}^*) \cdot d_L$, para $N = 1$, ou $\frac{(1 - p_{0,j}^*)}{N} \cdot d_L \cdot \frac{q_{T,L}}{q_{T,L} + q_{R,L}}$, $N > 1$

- interferência entre movimentos secundários:níveis 2 (j), 3(k) e 4 (l)

$$\tilde{C}_{m,j} = f_j \cdot \tilde{C}_{p,j} \quad f_j = \prod_p p_{0,p} \quad j = 1, 4, 9, 12 \text{ (sem interferência veicular)}$$

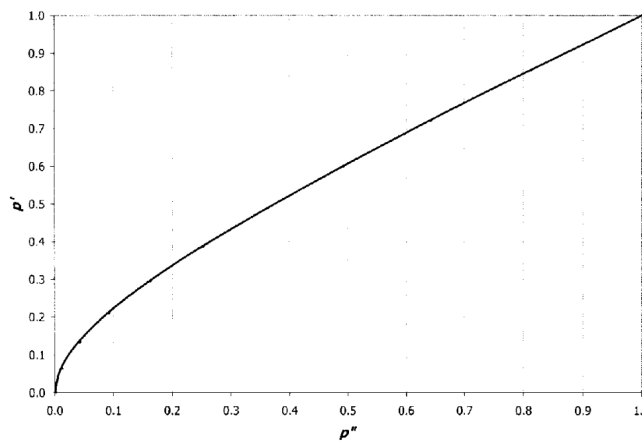
$p/j=1, p=16, p/j=4, p=15, p/j=9, p=15,14, p/j=12, p=16,13$

$$\tilde{C}_{m,k} = f_k \cdot \tilde{C}_{p,k}, \quad f_k = \prod_j p_{0,j} \cdot \prod_p p_{0,p} \quad \text{com } p_{0,j} = 1 - \frac{\tilde{q}_j}{\tilde{C}_{mj}}$$

$p/k=8,11, j=1,4 \text{ e } p=15,16 \text{ (p/ ambos)}$

$$\tilde{C}_{m,l} = f_l \cdot \tilde{C}_{p,l}, \quad f_l = p_{0,j} \cdot p'_k \cdot \prod_p p_{0,p}, \quad p' = 0,65 \cdot p'' - \frac{p''}{p'' + 3} + 0,6 \cdot \sqrt{p''}, \quad p'' = p_{0,k} \cdot f_k$$

$p/l=7, k=11, j=12 \text{ e } p=15,13$
 $p/l=10, k=8; j=9 \text{ e } p=16,14$



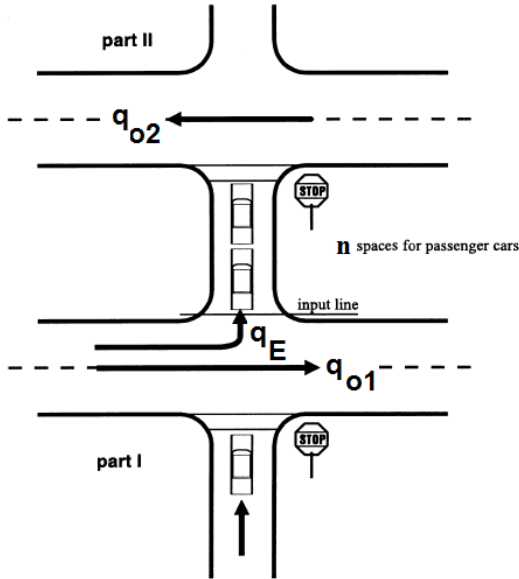
- também interferência de pedestres: tempo de travessia $t_p = \ell / V_p$ (ℓ largura de faixa)

impedância $p_{0,p} = \prod_i \left(1 - t_{pi} \cdot \frac{N_{pi}}{3600}\right) \Rightarrow$ adicional às impedâncias veiculares

N_p número de grupos de pedestres (fluxo em pelotões/hora seria melhor)
 (não afeta fluxos da via principal; novo procedimento para cessão de preferência)

Casos Especiais:

- manobras realizadas em 2 etapas:



$$C_T = \frac{a}{y^{n+1} - 1} \cdot (y \cdot (y^n - 1) \cdot (C_{II} - q_E) + (y - 1) \cdot C_m) \cdot$$

ou $C_T = \frac{a}{n + 1} \cdot (n \cdot (C_{II} - q_E) + C_m)$ se $y = 1$

onde $a = 1 - 0,32 \cdot e^{-1,3 \cdot \sqrt{n}}$ (ajuste)

e $y = \frac{C_I - C_m}{C_{II} - q_E - C_m}$ (interação)

n é o número de posições no canteiro

C_T é a capacidade potencial, em 2 etapas

C_m é a capacidade potencial em 1 etapa

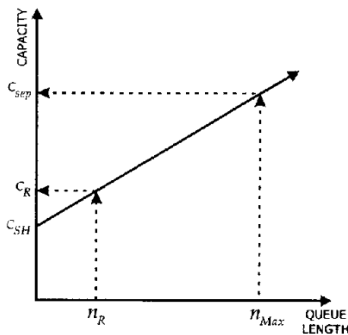
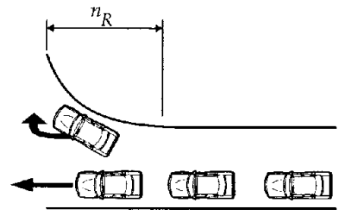
(=manobras simultâneas nas etapas)

C_I é a capacidade potencial da etapa I

C_{II} é a capacidade potencial da etapa II

(avaliação por manobra m)

- aproximações alargadas (revisado):



$$C_T = C_1 + (C_2 - C_1) \cdot \frac{n}{n_{max}} \text{ onde}$$

n é o número de posições no trecho com alargamento (fora da faixa)

n_{max} é número de posições que permite a eficiência máxima, calculado pela fila (média)

formada no alargamento:

$$n_{max} = \max \left\{ \left\lfloor \frac{q}{3600 \cdot d} \right\rfloor + 1 \right\} \text{ para os}$$

fluxos secundários

C_1 é a capacidade na faixa normal

C_2 a capacidade com alargamento

$$C_2 = \min \left\{ C_R \cdot \left(1 + \frac{Q_O}{Q_R} \right); C_O \cdot \left(1 + \frac{Q_R}{Q_O} \right) \right\}$$

(Q_R : fluxo conversão; Q_O : fluxo outros)

- efeito dos pelotões (integrado com a análise de corredores arteriais)

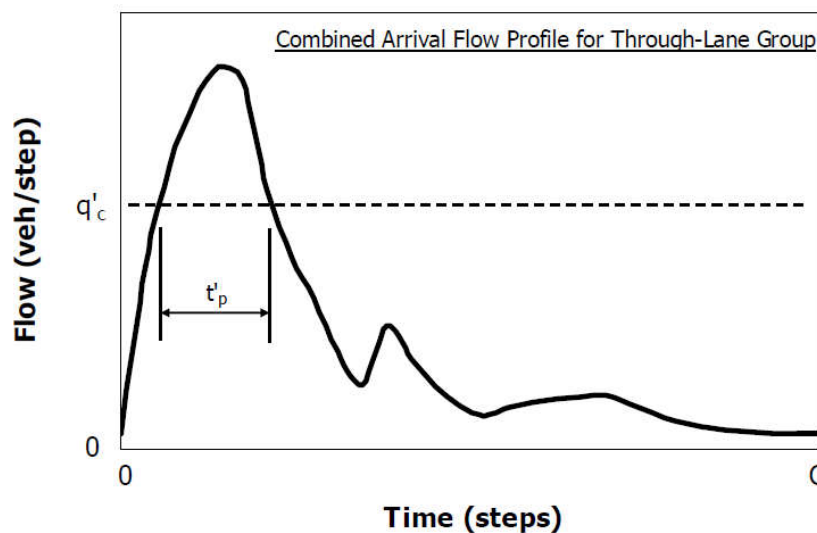
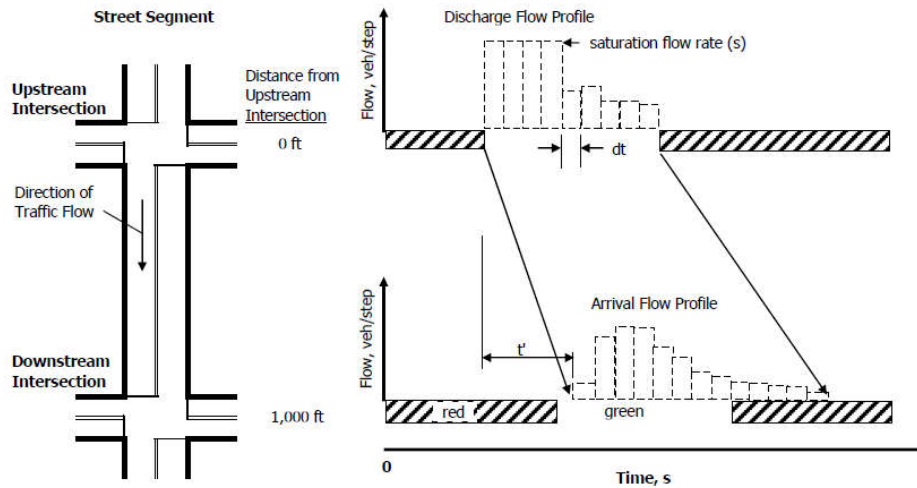
. recomenda determinar a proporção de tempo bloqueado p_b por simulação (construir perfis cíclicos de tráfego baseados no modelo de Robertson, com

$$\delta_t = 1s, t_{\min} = \bar{t}_R - \frac{1}{F} + 1,25, F = \frac{1}{1 + 0,138 \cdot \bar{t}_R + 0,315 / \delta_t}, q_p = \frac{N}{\alpha(t_c)}, \alpha(t_c) = \text{brechacrítica}$$

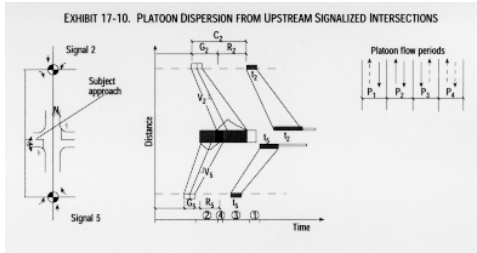
e $q_i^B = F \cdot q_{i-t_{\min}}^A + (1-F) \cdot q_{i-1}^A$; q_i^A, q_i^B : fluxo de entrada e chegada final no link AB;
 \bar{t}_R : tempo médio de viagem, obtido da análise do corredor arterial)

. assume $q_p = 1000 \cdot N_o, q_{on} = \frac{q_o - 1,5 \cdot q_{\min} \cdot p_b}{p_b}$ se $q_o > 1,5 \cdot q_{\min} \cdot p_b$ (senão $q_{on} = 0$)

$$\text{então } C_{on} = \frac{e^{-q_{on} t_c / 3600}}{1 - e^{-q_{on} t_f / 3600}} q_{on} \text{ (ou } C_{on} = \frac{1}{t_f} \text{ se } q_{on} = 0) \text{ e } C_p = p_a \cdot C_{on}, p_a = (1 - p_b)$$



- efeito dos pelotões (alternativa analítica do HCM2000):



- progressão no fluxo principal i:

$$f_{pr,i} = \frac{q_{pr}}{q_u} \text{ (direto e/ou conversão esquerda em estágio exclusivo)}$$

- tempo de dissipação da fila (anterior):

$$g_s = \frac{q_u \cdot r}{S_u - q_u} \text{ (ou } g = g_{sr} + g_{sg} \text{)}$$

- fator de dispersão de pelotões:

$$F = \frac{1}{1 + \beta \cdot \gamma \cdot \bar{t}}, \beta = \frac{1}{1 + \gamma}, \bar{t} = \frac{L}{V_{pr}}$$

com γ da Tabela 17-13

- fluxo no pelotão (na interseção):

$$q_{max} = f_{pr} \cdot S_u \cdot (1 - (1 - F)^{g_s}) \text{ e}$$

$$q_{min} \geq \frac{N}{\alpha(t_c)} \approx 1000 \cdot N \text{ v/h}$$

- tempo bloqueado pelo pelotão:

se $f_{pr} \cdot S_u \leq q_{min}$ ou $q_{max} \leq q_{min}$, $t_p = 0$

senão, se $f_{pr} \cdot q_u \cdot R_p \geq q_{min}$, $t_p = t_c \cdot \frac{q_{pr}}{q_{max}}$

senão $t_p = g_s - \delta$, com

$$\delta = \frac{\ln \left(\left(1 - \frac{q_u}{f_{pr} \cdot S_u} \right) \left(\frac{q_{max} - f_{pr} \cdot q_u \cdot R_p}{q_{min} - f_{pr} \cdot q_u \cdot R_p} \right) \right)}{\ln(1 - F)}$$

- proporção do tempo bloqueado i:

$$p_{bi} = \frac{t_{pT} + t_{pL}}{t_c} \text{ (direto e conversão)}$$

- capacidade ajustada por manobra m:

$$q_{0a} = \frac{q_0 - (1 - p_a) \cdot S_b}{p_a} \geq 0, C_a = p_a \cdot C[q_{0a}]$$

Tabela 17-13. Fator de Dispersão de Pelotão (γ)

tipo de Divisão	no.de faixas diretas		
	N=1	N=2	N=3
sem divisão	0,55	0,50	0,40
Canteiro	0,45	0,40	0,35
TWLTL(*)	0,40	0,35	0,30

*TWLTL: faixa de conversão à esquerda nos 2 sentidos

Tabela 17-15. Proporção do Tempo por Regime

	normal*	Restringido
P ₁	$1 - (p_{dom} + p_{sub}/2)$	0
P ₂	$(p_{dom} - p_{sub}/2)$	$1 - p_{sub}$
P ₃	$p_{sub}/2$	$1 - p_{dom}$
P ₄	$p_{sub}/2$	$p_{dom} + p_{sub} - 1$

Tabela 17-16. Proporção bloqueada por manobra

	n o r m a l *	Restringido
pa ₁	$1 - p_5$	$1 - p_5$
pa ₄	$1 - p_2$	$1 - p_2$
pa ₇	$1 - (p_{dom} + p_{sub}/2)$	0
pa ₈	$1 - (p_{dom} + p_{sub}/2)$	0
pa ₉	$1 - p_2$	$1 - p_2$
pa ₁₀	$1 - (p_{dom} + p_{sub}/2)$	0
pa ₁₁	$1 - (p_{dom} + p_{sub}/2)$	0
pa ₁₂	$1 - p_5$	$1 - p_5$

* operação normal se $p_{dom} + p_{sub}/2 \leq 1$
(caso contrário, operação restringida)

$$p_{dom} = \max\{p_2, p_5\}, p_{sub} = \min\{p_2, p_5\}$$

Procedimento para Ciclistas em Interseções Não-SemafORIZADAS:

- capacidade: recomenda fórmula poissoniana mas não fornece brechas críticas
alguns valores (sumários) nos estudos referidos
exemplo: brecha crítica de 3,2 seg. na travessia de 2 faixas, sentido único
(menor que a observada para movimentos veiculares)
- atraso: recomenda usar as mesmas expressões adotadas para veículos
 - . adverte que ciclistas não formam fila nas aproximações;
(fora de interseções, assume 1,2m como largura da faixa “efetiva”)
 - . recomenda desprezar atrasos nas conversões à direita;
 - . adverte sobre as manobras com entrelaçamento com veículos.
 - . recomenda usar critério de nível de serviço de interseção semafORIZADA.

Procedimento para Travessias de Pedestres Não-Semaforizadas:

- baseado no atraso médio por pedestre com chegadas uniformes:

$$d_{\text{ped}} = \frac{1}{q_o} \left(e^{q_o \cdot t_{\text{ped}}} - q_o \cdot t_{\text{ped}} - 1 \right) \text{ e } d_{\text{pedp}} = \frac{d_{\text{ped}}}{P_{\text{pedp}}}, P_{\text{pedp}} = 1 - \left(1 - P_{\text{bped}} \right)^N$$

com brecha requerida baseada em tempo requerido (não comportamental)

$$t_{\text{ped}} = t_d + (N_p - 1)t_f, \text{ com } t_d = \frac{L_{\text{ped}}}{V_{\text{ped}}} + t_s \text{ para travessia, e } P_{\text{bped}} = 1 - e^{-q_o \cdot t_{\text{ped}}/N}$$

onde t_s é o tempo de início e limpeza (3seg.) e t_f é o tempo em pelotão (2seg.)

$$\text{com } N_{\text{ped}} = \frac{q_{\text{ped}} \cdot e^{q_{\text{ped}} \cdot t_d} + q_o \cdot e^{-q_o \cdot t_d}}{(q_{\text{ped}} + q_o) \cdot e^{(q_{\text{ped}} - q_o) \cdot t_d}} \text{ pedestres atravessando por brecha em}$$

$$N_p = \text{INT} \left[\frac{N_{\text{ped}} - 1}{W_E / 2,44} \right] + 1 \text{ linhas de pedestres em pelotão (fila) na travessia}$$

onde normalmente são considerados os pedestres de ambos os sentidos (pressupõe fluxo oposto veicular q_o com chegadas poissoniadas)

(passou a adotar largura efetiva de 2,44m (8ft) por fila bidirecional de pedestres)

(também deve ser analisado o espaço na área de espera das esquinas)

$$\text{Conceito de capacidade implícito: } C_{\text{ped}} = \frac{W_E}{2,44} \cdot \frac{e^{-q_o \cdot t_d}}{1 - e^{q_o \cdot t_f}} \cdot q_o \text{ (poissoniana)}$$

Efeito da Cessão da Preferência nas Travessias de Pedestres:

- HCM2010: nos EUA os motoristas não obedecem a preferência dos pedestres !
- modelo básico assume travessia de pedestres nas brechas (manobra secundária)
- efeito de cessão de preferência nas travessias de pedestres: redução do atraso ...

. procedimento numérico de estimativa: passos $n_h = \frac{d_{pedp}}{\delta_h}, \delta_h = \bar{h}_f = \frac{N}{q_t}$

$$d_{ped} = \sum_{i=1}^{n_h} \delta_h \cdot (i - 0,5) \cdot P[Y_i] + d_{pedp} \cdot P[nY], P[nY] = P_{pedp} - \sum_{i=0}^{n_h} P[Y_i]$$

$$P[Y_0] = 0, P[Y_{\geq i}] = \left(P_{pedp} - \sum_{j=0}^{i-1} P[Y_j] \right), P[Y_i] = P[Y_{\geq i}] \cdot \frac{P[G_i]}{P_{pedp}}$$

$$p/1fx : P[G_i] = P_{pedp} \cdot M_y, P[Y_i] = P[Y_{\geq i}] \cdot \frac{P[G_i]}{P_{pedp}} = P_{pedp} \cdot (1 - M_y)^{i-1} \cdot M_y,$$

$$p/2fxs : P[G_i] = 2 \cdot (1 - P_{bped}) \cdot (P_{bped} \cdot M_y) + (P_{bped} \cdot M_y)^2,$$

$$p/3fxs : P[G_i] = 3 \cdot (1 - P_{bped})^2 \cdot (P_{bped} \cdot M_y) + 3 \cdot (1 - P_{bped}) \cdot (P_{bped} \cdot M_y)^2 + (P_{bped} \cdot M_y)^3,$$

$$p/4fxs : P[G_i] = 4 \cdot (1 - P_{bped})^3 \cdot (P_{bped} \cdot M_y) + 6 \cdot (1 - P_{bped})^2 \cdot (P_{bped} \cdot M_y)^2 + 4 \cdot (1 - P_{bped}) \cdot (P_{bped} \cdot M_y)^3 + (P_{bped} \cdot M_y)^4, \dots$$

. taxa média de cessão de preferência aos pedestres: M_y

(proporção dos motoristas que cedem preferência, função da sinalização)

Crossing Treatment	Staged Pedestrians		Unstaged Pedestrians	
	Number of Sites	Mean Yield Rate, %	Number of Sites	Mean Yield Rate, %
Overhead flashing beacon (push button activation)	3	47	4	49
Overhead flashing beacon (passive activation)	3	31	3	67
Pedestrian crossing flags	6	65	4	74
In-street crossing signs (25–30 mi/h)	3	87	3	90
High-visibility signs and markings (35 mi/h)	2	17	2	20
High-visibility signs and markings (25 mi/h)	1	61	1	91
Rectangular rapid-flash beacon	N/A	N/A	17	81

Source: Fitzpatrick et al. (NCHRP R562) and Shurbutt et al. (JTRB 2140).

Obs.: pedestres treinados (staged pedestrians); população geral (unstaged pedestrians)

Comentários sobre o Procedimento do U.S.HCM2010

- ⇒ diferenças entre o HCM2010 e o HCM/97-2000 são muito pequenas;
- ⇒ HCM2010 mantém fórmula de capacidade poissoniana (mesma do HCM/97-2000);
- ⇒ movimentos conflitantes em fluxo ponderado (muito conservativo) do HCM/97-2000;
- ⇒ HCM2010 também despreza restrições de visibilidade, raio de giro...;
- ⇒ HCM2010 considera interação das interferências HCM/97-2000;
 método revisado para interação na via principal do HCM/97-2000;
- ⇒ HCM2010 usa método preliminar para interferência de pedestres (do HCM/2000)
 (retirado do procedimento básico; agora nos procedimentos suplementares);
- ⇒ HCM2010 usa métodos preliminares para manobras em etapas do HCM/97-2000;
 usa método preliminar para aproximações alargadas (revisado);
- ⇒ HCM2010 usa métodos preliminares para efeito de pelotões do HCM/97-2000;
 (mas recomenda avaliar tempo bloqueado por simulação)
- ⇒ HCM2010 usa critério direto de nível de serviço do HCM/97-2000;
- ⇒ HCM2010 calcula atraso de fila como atraso específico como o HCM/97-2000;
- ⇒ HCM2010 estima filas máximas (percentil 95%) como no HCM/97-2000;
- ⇒ procedimentos preliminares (etapas, alargamento, pelotões) ainda não validados;
- ⇒ também despreza relação entre brecha aceita e requerida (AASHTO/1984a1994);
- ⇒ procedimentos de avaliação da qualidade de serviço para pedestres e bicicletas;

VER EXERCÍCIO HCM2010-NÃO SEMAFORIZADA