

Procedimento do U.S.HCM/6thEd (2016)

- ⇒ **Recomendações:** fluxo de pedestres e de ciclistas (exclusivo ou compartilhado) (mesmos procedimentos e critérios recomendados pelo HCM/2010)

- ⇒ **Facilidades para pedestres e ciclistas:** em fluxo contínuo (ou ininterrupto)
 - caminhos e calçadas: exclusivos para pedestres (inclui escadas e terminais)
 - caminhos compartilhados: para pedestres, ciclistas e outros não-motorizados
 - caminhos cruzados de pedestres, sem controle de fluxo (entrelaçados)
 - ciclovias: vias exclusivas para ciclistas, segregadas do tráfego motorizado
 - ciclovias compartilhadas: para ciclistas, pedestres e outros não-motorizados
 - ciclofaixas: faixas designadas para ciclistas em vias com tráfego motorizado (interseções com tráfego veicular são tratadas nos capítulos correspondentes) (tráfego compartilhado com veículos é tratado nos capítulos correspondentes)

- ⇒ **Pedestres:** análise em fluxo aberto na área designada (sem disciplina de faixas)
 - fluxo por largura (ped/h/m ou p/min/m) e densidade por área (ped/m² ou p/m²)
 - repete critérios clássicos de Pushkarev, Zupan, Fruin (sem ajustar aos locais)
 - não supõe classificação do fluxo em tipos de pedestres (adultos, idosos, ...)
 - não distingue composição por motivo de viagem (embora considere relevante)
 - distingue facilidades pelo tipo e apenas pela largura efetiva e uso predominante (pode ocorrer compartilhamento com ciclistas na área designada aos pedestres)

- ⇒ **Ciclistas:** análise em fluxo ordenado na área designada (com disciplina de faixas)
 - fluxo por faixa (bic/h/fx ...); mínimo de 1,2m (2,4 unidirecional; 3,0 bidirecional);
 - assume aclive de -3% a +3%; ausência de obstruções e invasões de veículos;
 - adotou método holandês: nível de serviço por usuário, pela %de interferências
 - novo método para vias exclusivas e vias compartilhadas (5 grupos de usuários)
 - não considera outros veículos não-motorizados explicitamente (triciclos, ...)
 - não distingue composição por motivo de viagem (embora considere relevante)
 - distingue facilidades pelo tipo e apenas pela largura efetiva e uso predominante (pode ocorrer compartilhamento com pedestres na área designada aos ciclistas)

Parâmetros Básicos para Pedestres:

⇒ Velocidade de caminhada:

em caminhos de pedestres: $V_{ped} = 4,0\text{ft/s}(1,2\text{m/s})$ para 20% ou menos idosos

$V_{ped} = 3,3\text{ft/s}(1,0\text{m/s})$ para mais de 20% de idosos (65 anos ou mais), em nível

(motivo de viagem é relevante para determinar a velocidade)

efeito do aclive: menos $0,3\text{ft/s}(0,1\text{m/s})$ para cada 10% de aclive

em calçadas, ao longo da via: velocidade maior $V_{ped} = 5,0\text{ft/s}(1,5\text{m/s})$

⇒ Capacidade para pedestres: circulação

Valores básicos: fluxo de pedestre por largura efetiva (sem delinear faixas ...)

Caminhos: 23ped/min/ft (75ped/min/m ou 4500ped/h/m), fluxo aleatório

18ped/min/ft (60ped/min/m ou 3600ped/h/m), pelotão (5min)

Áreas com Caminhos Cruzados: 23ped/min/ft (75ped/min/m), ambas direções

Escadas (ascendente): 15ped/min/ft (50ped/min/m); descendente=caminho
(pode ser utilizado também para caminhos muito íngremes, >5%)

Antes de atingir a capacidade, pedestres transbordam para as áreas adjacentes

Caminho: segregação vertical ou distância maior que 10,5m (senão calçada)
(ambíguo sobre aplicabilidade a calçadas; não há método alternativo ...)
(há método complementar da análise multimodal em vias urbanas ...)

Aplicável a áreas de praças e zonas de pedestres (com largura útil à circulação)

⇒ Capacidade para pedestres: acumulação

Valor Básico: $3a6\text{ft}^2/\text{ped}$ ($0,3a0,6\text{m}^2/\text{ped}$) em calçadas (esperando atravessar)

limite: $2a3\text{ft}^2/\text{ped}$ ($0,2a0,3\text{m}^2/\text{ped}$) somente em locais mais lotados ...

Critérios fornecidos apenas para as condições básicas (ignora condições locais)

admite-se que prevalece o critério de espaço (m^2/ped)

admite-se velocidade proporcional a velocidade de fluxo livre local

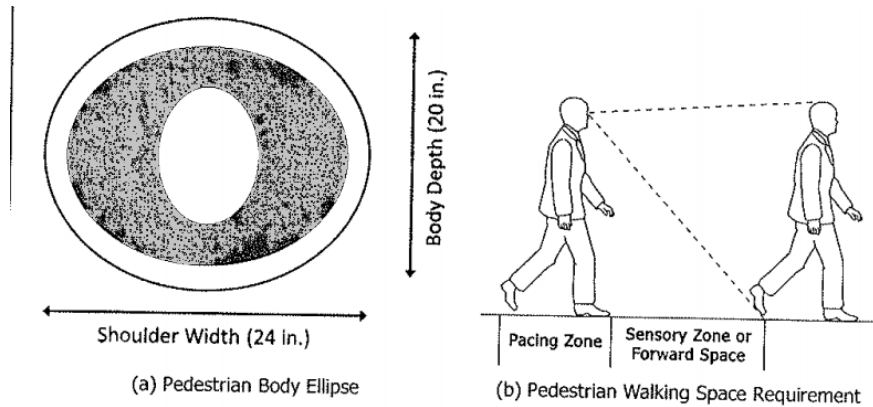
eventualmente admite-se relação fundamental linear

⇒ **Necessidade de espaço:**

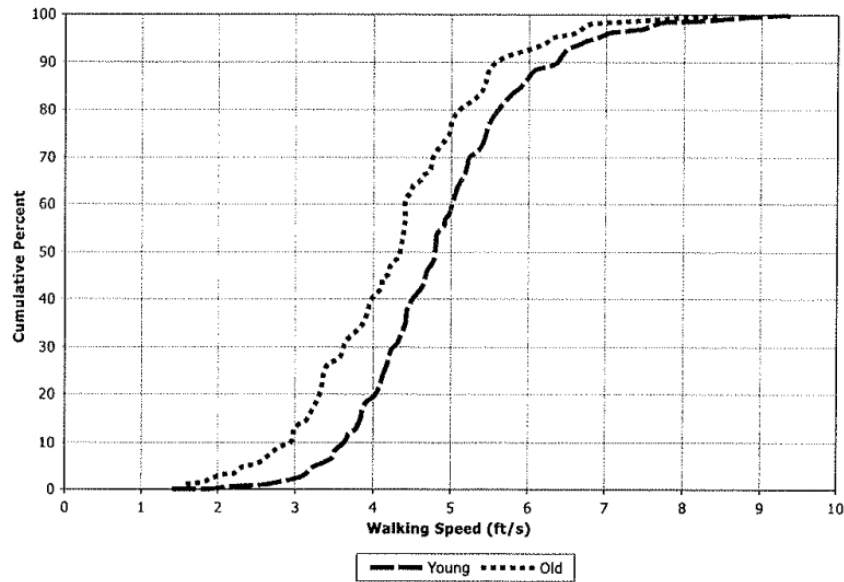
Elipse corporal: 1,5ft(0,50m)x2ft(0,60m) ou 3ft²(0,30 m²) por pessoa parada com área de separação (buffer zone): 8ft²(0,75 m²) por pessoa parada

Pedestre caminhando: necessidade de espaço adiante (zona sensorial) determina a velocidade de caminhada e o fluxo de pedestres

Não cita mas mantém os critérios tradicionais de Fruin (mesmos do HCM2000)



Sources: Adapted from Fruin (10) and *TCRP Report 165: Transit Capacity and Quality of Service Manual*, 3rd edition (11).

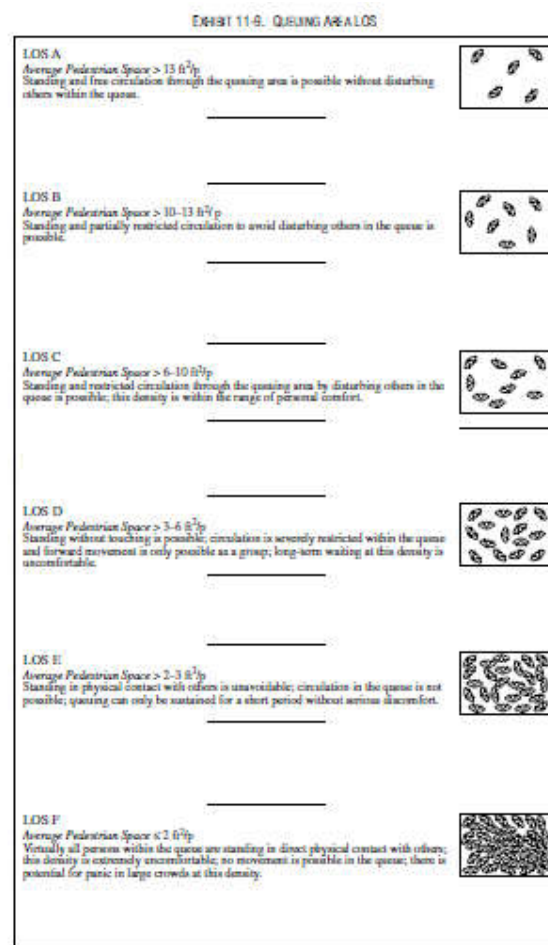
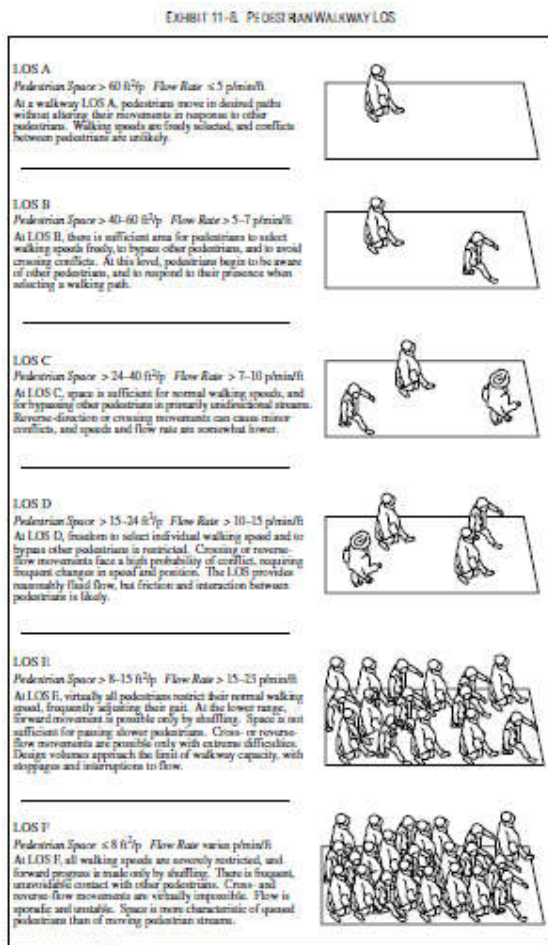


Source: Adapted from *TCRP Report 112/NCHRP Report 562* (12).

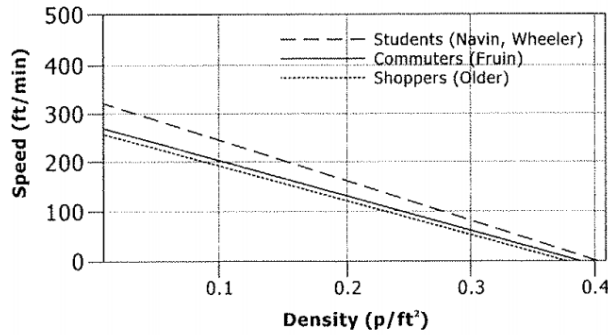
TABELA 18-3. Nível de Serviço para Pedestres em Caminhos e Calçadas – HCM/2000

NS	Mínimo Espaço*	Máximo Fluxo*	Velocidade *	Razão Q/C*
A	>60ft ² /ped(5,6m ² /ped)	5ped/min/ft(16ped/min/m)	>4,25ft/s(1,3m/s)	Até 0,21
B	>40-60ft ² /ped(3,7-5,6m ² /ped)	5-7ped/min/ft(16-23 ped/min/m)	>4,17-4,25ft/s(1,27-1,3m/s)	>0,21 – 0,31
C	>24-40ft ² /ped(2,2-3,7m ² /ped)	7-10ped/min/ft(23-33 ped/min/m)	>4,00-4,17ft/s(1,22-1,27m/s)	>0,31 – 0,44
D	>15-24ft ² /ped(1,4-2,2 ² /ped)	10-15ped/min/ft(33-49ped/min/m)	>3,75-4,00ft/s(1,14-1,22m/s)	>0,44 – 0,65
E	>8-15ft ² /ped(0,75-1,4m ² /ped)	15-23ped/min/ft(49-75ped/min/m)	>2,50-3,75ft/s(0,75-1,14m/s)	>0,65-1,0
F	8ft ² /ped(0,75m ² /ped) ou menos	Variável	2,50ft/s(0,75m/s) ou menos	Variável

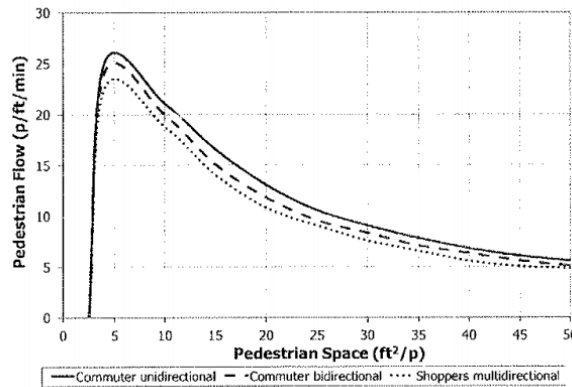
* Calculado admitindo capacidade de 23 ped/min/ft(75 ped/min/m) na largura efetiva !



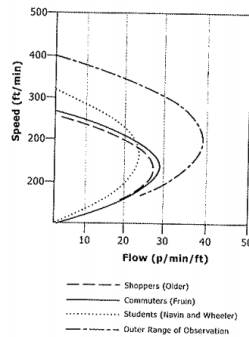
Curvas Típicas para Fluxo Contínuo de Pedestres:



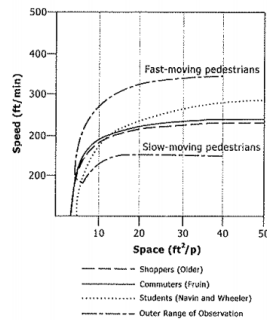
Source: Adapted from Pushkarev and Zupan (14).



Source: Fruin (10).



Source: Adapted from Pushkarev and Zupan (14).



Source: Adapted from Pushkarev and Zupan (14).


TABELA 24-1. Nível de Serviço para Pedestres em Caminhos – HCM/6thEd (2016)

NS	Mínimo Espaço*	Máximo Fluxo*	Velocidade *	Razão Q/C**
A	>60ft ² /ped(5,6m ² /ped)	5ped/min/ft(16ped/min/m)	>4,25ft/s(1,3m/s)	Até 0,21
B	>40-60ft ² /ped(3,7-5,6m ² /ped)	5-7ped/min/ft(16-23 ped/min/m)	>4,17-4,25ft/s(1,27-1,3m/s)	>0,21 – 0,31
C	>24-40ft ² /ped(2,2-3,7m ² /ped)	7-10ped/min/ft(23-33 ped/min/m)	>4,00-4,17ft/s(1,22-1,27m/s)	>0,31 – 0,44
D	>15-24ft ² /ped(1,4-2,2m ² /ped)	10-15ped/min/ft(33-49ped/min/m)	>3,75-4,00ft/s(1,14-1,22m/s)	>0,44 – 0,65
E	>8-15ft ² /ped(0,75-1,4m ² /ped)	15-23ped/min/ft(49-75ped/min/m)	>2,50-3,75ft/s(0,75-1,14m/s)	>0,65-1,0
F	8***ft ² /ped(0,75m ² /ped) ou menos	Variável	2,50ft/s(0,75m/s) ou menos	Variável

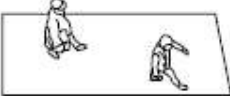
* Calculado com base na largura efetiva ! **Calculado admitindo capacidade de 23 ped/min/ft(75 ped/min/m). Baseado no espaço médio por pedestre. ***Com movimentos cruzados, limite é 13ft²/ped(1,2m²/ped)

HCM2000


LOS A
Pedestrian Space > 5.6 m²/p. Flow Rate ≤ 16 p/min/m
 At a walkway LOS A, pedestrians move in desired path without altering their movements in response to other pedestrians. Walking speeds are finely selected, and conflicts between pedestrians are unlikely.



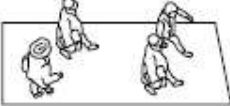
LOS B
Pedestrian Space > 3.7-5.6 m²/p. Flow Rate > 16-23 p/min/m
 At LOS B, there is sufficient area for pedestrians to select walking speeds freely, to bypass other pedestrians, and to avoid crossing conflicts. At this level, pedestrians begin to be aware of other pedestrians, and to respond to their presence when selecting a walking path.



LOS C
Pedestrian Space > 2.2-3.7 m²/p. Flow Rate > 23-33 p/min/m
 At LOS C, space is sufficient for normal walking speeds, and for bypassing other pedestrians in primarily unidirectional streams. Reverse-direction or crossing movements can cause minor conflicts, and speeds and flow rate are somewhat lower.



LOS D
Pedestrian Space > 1.4-2.2 m²/p. Flow Rate > 33-49 p/min/m
 At LOS D, freedom to select individual walking speed and to bypass other pedestrians is restricted. Crossing or reverse-flow movements face a high probability of conflict, requiring frequent changes in speed and position. The LOS provides reasonably fluid flow, but friction and interaction between pedestrians is likely.



HCM2010,2016

Ability to move in desired path, no need to alter movements

Occasional need to adjust path to avoid conflicts

Frequent need to adjust path to avoid conflicts

Speed and ability to pass slower pedestrians restricted

Speed restricted, very limited ability to pass slower pedestrians

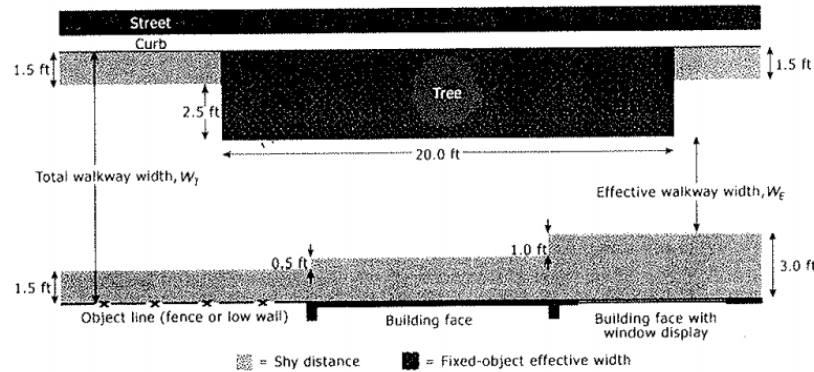
Speeds severely restricted, frequent contact with other users

Source: Adapted from Fruin (2).

Largura Efetiva do Caminho ou da Calçada:

Largura efetiva: $W_E = W_T - W_O$ (largura total menos obstruções)

extensão da obstrução efetiva: cerca de 5 vezes a largura efetiva



Fixed Object	Effective Width (ft)
<i>Street Furniture</i>	
Light pole	2.5–3.5
Traffic signal poles and boxes	3.0–4.0
Fire alarm boxes	2.5–3.5
Fire hydrants	2.5–3.0
Traffic signs	2.0–2.5
Parking meters	2.0
Mail boxes (1.7 ft × 1.7 ft)	3.2–3.7
Telephone booths (2.7 ft × 2.7 ft)	4.0
Trash cans (1.8 ft diameter)	3.0
Benches	5.0
Bus shelters (on sidewalk)	6.0–7.0
<i>Public Underground Access</i>	
Subway stairs	5.5–7.0
Subway ventilation gratings (raised)	6.0+
Transformer vault ventilation gratings (raised)	6.0+
<i>Landscaping</i>	
Trees	3.0–4.0
Planter boxes	5.0
<i>Commercial Uses</i>	
Newsstands	4.0–13.0
Vending stands	Variable
Advertising and store displays	Variable
Sidewalk cafés (two rows of tables)	7.0
<i>Building Protrusions</i>	
Columns	2.5–3.0
Stoops	2.0–6.0
Cellar doors	5.0–7.0
Standpipe connections	1.0
Awning poles	2.5
Truck docks (trucks protruding)	Variable
Garage entrance/exit	Variable
Driveways	Variable

Source: Pushkarev and Zupan (9).

Procedimento para Caminho/Calçadas Exclusivas para Pedestres:

⇒ Procedimentos de análise:

$$\text{Fluxo de pedestre: } q_{\text{ped}} = \frac{VPed_{15}}{15 \cdot W_E} \text{ (pedestres/minuto/largura efetiva) por sentido}$$

$$\text{Volume de pedestres no período de pico de 15 min ou } VPed_{15} = \frac{VHPed}{4.FHP}$$

Aplicável para aclives até 5% (acima, recomenda usar critério para escadas)

Aplicável para circulação em praças e zonas de pedestres (com largura útil)

TABELA 24-1. Nível de Serviço para Pedestres em Caminhos – HCM/6thEd (2016)

NS	Mínimo Espaço*	Máximo Fluxo*	Velocidade *	Razão Q/C**
A	>60ft ² /ped(5,6m ² /ped)	5ped/min/ft(16ped/min/m)	>4,25ft/s(1,3m/s)	Até 0,21
B	>40-60ft ² /ped(3,7-5,6m ² /ped)	5-7ped/min/ft(16-23 ped/min/m)	>4,17-4,25ft/s(1,27-1,3m/s)	>0,21 – 0,31
C	>24-40ft ² /ped(2,2-3,7m ² /ped)	7-10ped/min/ft(23-33 ped/min/m)	>4,00-4,17ft/s(1,22-1,27m/s)	>0,31 – 0,44
D	>15-24ft ² /ped(1,4-2,2m ² /ped)	10-15ped/min/ft(33-49ped/min/m)	>3,75-4,00ft/s(1,14-1,22m/s)	>0,44 – 0,65
E	>8-15ft ² /ped(0,75-1,4m ² /ped)	15-23ped/min/ft(49-75ped/min/m)	>2,50-3,75ft/s(0,75-1,14m/s)	>0,65-1,0
F	8***ft ² /ped(0,75m ² /ped) ou menos	Variável	2,50ft/s(0,75m/s) ou menos	Variável

* Calculado com base na largura efetiva ! ""Calculado admitindo capacidade de 23 ped/min/ft(75 ped/min/m). Baseado no espaço médio por pedestre. ***Com movimentos cruzados, limite é 13ft²/ped(1,2m²/ped)

Ajustamento para pelotões: quando há efeito de semáforo, transporte coletivo, ...
(não há critério explícito; deve ser baseado na observação/julgamento)

TABELA 24-2. Nível de Serviço para Pedestres em Caminhos Ajustado para Pelotões – HCM/6thEd (2016)

NS	Mínimo Espaço*	Máximo Fluxo*	Comentário
A	>530ft ² /ped(49,2m ² /ped)	0,5ped/min/ft(1,6ped/min/m)	Ability to move in desired path, no need to alter movements
B	>90-530ft ² /ped(8,4-49,2m ² /ped)	0,5-3ped/min/ft(1,6-9,8ped/min/m)	Occasional need to adjust path to avoid conflicts
C	>40-90ft ² /ped(3,7-8,4m ² /ped)	3-6ped/min/ft(9,8-19,7ped/min/m)	Frequent need to adjust path to avoid conflicts
D	>23-40ft ² /ped(2,1-3,7m ² /ped)	6-11ped/min/ft(19,7-36ped/min/m)	Speed and ability to pass slower pedestrians restricted
E	>11-23ft ² /ped(1,0-2,1m ² /ped)	11-18ped/min/ft(36-59ped/min/m)	Speed restricted, very limited ability to pass slower pedestrians
F	11**ft ² /ped(1,0m ² /ped) ou menos	Variável	Speeds severely restricted, frequent contact with other users

* Calculado com base na largura efetiva para fluxo médio no pico de 5 minutos ! ""Com movimentos cruzados, limite é 13ft²/ped(1,2m²/ped)

Procedimento para Caminhos Cruzados de Pedestres:

- Capacidade reduzida: 23ped/min/ft (75ped/min/m), ambas direções
- mesmo procedimento para fluxo de pedestres total (maior + menor)
 - abandonou dados específicos sobre velocidade (e densidade) do HCM2000...

Procedimento para Escadas:

- Capacidade (ascendente): 15ped/min/ft (50ped/min/m); descendente=caminho
- abandonou dados específicos sobre velocidade (horizontal) do HCM2000...

TABELA 24-3. Nível de Serviço para Pedestres em Escadas – HCM/6thEd (2016)

NS	Mínimo Espaço*	Máximo Fluxo*	Razão Q/C**	Comentário
A	>20ft ² /ped(1,9m ² /ped)	5ped/min/ft(16ped/min/m)	Até 0,33	No need to alter movements
B	>17-20ft ² /ped(1,6-1,9m ² /ped)	5-6ped/min/ft(16-20 ped/min/m)	>0,33 – 0,41	Occasional need to adjust path to avoid conflicts
C	>12-17ft ² /ped(1,1-1,6m ² /ped)	6-8ped/min/ft(20-26 ped/min/m)	>0,41 – 0,53	Frequent need to adjust path to avoid conflicts
D	>8-12ft ² /ped(0,45-1,1m ² /ped)	8-11ped/min/ft(26-36ped/min/m)	>0,53 – 0,73	Limited ability to pass slower pedestrians
E	>5-8ft ² /ped(0,45-0,75m ² /ped)	11-15ped/min/ft(36-49ped/min/m)	>0,73-1,0	Very limited ability to pass slower pedestrians
F	5ft ² /ped(0,45m ² /ped) ou menos	Variável	Variável	Speeds severely restricted, frequent contact with other users

* Calculado com base na largura efetiva para fluxo médio no pico de 5 minutos! **Baseado no espaço médio por pedestre.

Aplicável também para caminhos muito íngremes (>5%) ajustando velocidade ...
reflete menor espaço decorrente da menor velocidade para mesmo fluxo
(menciona redução de velocidade de 30% para aclive de 12% ...)
aclive: efeito pequeno na capacidade; proporcional na velocidade (>5%)

Procedimento para Caminhos Compartilhados com Ciclistas:

⇒ **Para fluxo de pedestre:** impedimentos ou interferências (método holandês)

- fluxo de bicicletas no mesmo sentido: $F_p = \frac{Q_{s,bic}}{FHP} \cdot \left(1 - \frac{V_{ped}}{V_{s,biv}} \right)$ (passagens/h)

- fluxo de bicicletas no sentido oposto: $F_m = \frac{Q_{o,bic}}{FHP} \cdot \left(1 + \frac{V_{ped}}{V_{o,biv}} \right)$ (encontros/h)

- frequência de eventos (interferências) ponderada: $F = F_p + 0,5 \cdot F_m$

(na ausência de dados, usar $V_{ped} = 3,4 \text{mi/h} = 1,5 \text{m/s}$ e $V_{bic} = 12,8 \text{mi/h} = 5,7 \text{m/s}$)

para fluxo contínuo de bicicletas, $FHP = 0,70$ a $0,99$ (valor médio $FHP = 0,85$)

TABELA 24-4. Nível de Serviço para Pedestres em Caminhos Compartilhados com Ciclistas – HCM/6thEd (2016)

NS	Taxa Ponderada de Eventos*	Fluxo de Bicicletas/Sentido**	Comentário
* A	Até 38evp/h	<28bic/h	Optimum conditions, conflicts with bicycles rare
B	>38-60evp/h	28-44bic/h	Good conditions, few conflicts with bicycles
C	>60-103evp/h	44-75bic/h	Difficult to walk two abreast
D	>103-144evp/h	75-105bic/h	Frequent conflicts with cyclists
E	>144-180evp/h	105-131bic/h	Conflicts with cyclists frequent and disruptive
F	>180evp/h	>131bic/h	Significant user conflicts, diminished experience

* Evento: passagem de uma bicicleta ou cruzar com bicicleta (peso ½) ! **Fluxo de bicicletas para composição direcional 50/50 (critério de nível de serviço aplica-se para qualquer composição direcional do fluxo de bicicletas)

Parâmetros Básicos para Ciclistas:

⇒ **Velocidade de percurso:** pode-se adotar 12,8mi/h (20 km/h) como valor básico

⇒ **Capacidade de tráfego:** pode-se admitir disciplina de operação em faixas

- número de faixas efetivo deve ser determinado em campo;
- na impossibilidade de observar em campo, assumir 4ft(1,2m) por faixa efetiva;

TABELA 24-14. Largura e No.Efetivo de Faixas para Bicicletas - HCM/6thEd (2016)

Largura do Caminho	No.Faixas Efetivo
8,0-10,5ft (2,4-3,2m)	2
10,5-14,5ft (3,2-4,4m)	3
14,5-20,0ft (4,4-6,0m)	4

Fonte: Hummer et al. (2006) – Relatório FHWA-HRT-05-137.

- capacidade é raramente atingida (operação é muito ruim)
- valores básicos: 1600 bic/h/fx (bidirecional) ou 3200 bic/h/fx (unidirecional)
- capacidade relevante apenas em semáforos (fluxo de saturação: 2000bic/h/fx)

⇒ **Qualidade da operação:** Nota de Nível de Serviço (qualidade percebida pelo usuário)

pode ser relacionada com a frequência de eventos de interferência mas ...
incorpora outros aspectos relacionados com a qualidade percebida pelo usuário

TABELA 24-5. Nível de Serviço para Bicicletas em Vias Exclusivas (Ciclovias) ou Vias Compartilhadas com Pedestres - HCM/6thEd (2016)

NS*	Nota de Nível de Serviço	Comentário
A	>4,0	Optimum conditions, ample ability to absorb more riders
B	>3,5-4,0	Good conditions, some ability to absorb more riders
C	>3,0-3,5	Meets current demand, marginal ability to absorb more riders
D	>2,5-3,0	Many conflicts, some reduction in bicycle travel speed
E	>2,0-2,5	Very crowded, with significantly reduced bicycle travel speed
F	Até 2,0	Significant user conflicts and diminished experience

*Ajuste para vias estreitas (8ft ou 1,2m): sempre NS A para 5 ou menos e B para mais de 5 a 10 eventos ponderados por minuto;

método para vias exclusivas e vias compartilhadas (5 grupos de usuários)

substitui parcialmente o método holandês baseado em interferência (*hindrace*)

Valores assumidos para análise na ausência de dados específicos:

- distribuição entre modos não motorizados:

. ciclista	normal	55%
	infantil	5%
. pedestre	normal	20%
	corredor	10%
. skatista		10%

- velocidade (+/-desvio padrão) por modo:

. ciclista	normal	12,8mi/h(20,5km/h)+/-3,4mi/h(5,4km/h)
	infantil	7,9mi/h(12,6km/h)+/-1,9mi/h(3,0km/h)
. pedestre	normal	3,4mi/h(5,4km/h)+/-0,6mi/h(1,0km/h)
	corredor	6,5mi/h(10,4km/h)+/-1,2mi/h(1,9km/h)
. skatista		10,1mi/h(16,2km/h)+/-2,7mi/h(4,3km/h)

- proporção de bloqueios de 2 faixas:

. ciclista	normal	5%
	infantil	1%
. pedestre	normal	36%
	Corredor	12%
. skatista		8%

- fator de hora-pico (geral): 0,85

- fator de composição direcional (geral): 0,50

TABELA 24-15. Valores Básicos para Distância de Passagem com Bicicletas – HCM/6thEd (2016)

Modo Ultrapassando	Modo Ultrapassado	Distância de Visibilidade Requerida
Ciclista normal	Ciclista normal	100ft(30m)
Ciclista normal	Ciclista infantil	70ft(21m)
Ciclista normal	Pedestre normal	60ft(18m)
Ciclista normal	Pedestre corredor	70ft(21m)
Ciclista normal	Skatista	70ft(21m)

Fonte: Hummer et al. (2006) – Relatório FHWA-HRT-05-137.

TABELA 24-16. Porcentagem de Chegadas (Bloqueios) Lado a Lado para Ciclistas em Vias Segregadas Largas (3 ou 4 faixas) – HCM/6thEd (2016)

Modo Ultrapassando	Frequência de Bloqueio
Ciclista normal	5%
Ciclista infantil	1%
Pedestre normal	36%
Pedestre corredor	12%
Skatista	8%

Fonte: Hummer et al. (2006) – Relatório FHWA-HRT-05-137.

Procedimento para Vias Exclusivas/Compartilhadas para Ciclistas:

⇒ **Para fluxo de ciclistas:** 5 grupos de usuários – velocidade: média μ_i ; variância σ_i^2

- dada a participação no fluxo de usuários p_i : $q_i = \frac{p_i \cdot VH}{FHP}$ (por direção)

com distribuição de velocidades aproximadamente normal $N[\mu_i, \sigma_i^2]$

- para ciclista médio: velocidade $U = 12,8 \text{mi/h} \cong 20 \text{km/h}$; tempo de viagem $t = L/U$ (min)

considerando a densidade $k_i = \frac{q_i}{\mu_i}$ dos tipos de usuários i (mais lentos), tem-se

dividindo o trecho $L = \sum_k \delta_k$ ($\delta \sim 10 \text{a} 20 \text{m}$) em L (cada δ_ℓ é de $[x_{\ell-1}; x_\ell]$)

. passagens (no sentido, ativas: $V_i < U$ maior): $A_i = 1/t \cdot \sum_\ell P_{i\ell}^s \cdot k_i^s \cdot \delta_\ell$ (passagens/min)

. encontros (sentido oposto): $M_{1i} = 1/t \cdot \sum_\ell k_i^o \cdot \delta_\ell = 1/t \cdot k_i^o \cdot L$ inicial em L ($M_1 = k_T^o \cdot U/60$)

dividindo o trecho externo $L^* = \sum_\ell \delta_\ell$ ($\delta \sim 10 \text{a} 20 \text{m}$, até poucos encontros em t)

. encontros (sentido oposto):: $M_{2i} = 1/t \cdot \sum_\ell P_{i\ell}^o \cdot k_i^o \cdot \delta_\ell$ (encontros/min) até $P_{i\ell}^o < 0,5\%$

$$P_{i\ell}^s = \Pr\left[\frac{L}{U} < \frac{L - x_\ell}{V}\right] = \Pr\left[V < U\left(1 - \frac{x_\ell}{L}\right)\right], \quad P_{i\ell}^o = \Pr\left[\frac{L}{U} > \frac{x_\ell}{V_o}\right] = \Pr\left[V_o > x_\ell \frac{U}{L}\right]$$

- frequência de eventos: $A_T = \sum_i A_i = \frac{F_p}{60}$, $M_T = \sum_i M_{1i} + \sum_i M_{2i} = \frac{F_m}{60}$ por minuto

- análise das passagens com restrição (atraso): formulação obscura e criticável ...
obtem probabilidade de ser atrasado nas passagens $P_{Td} = 1 - \prod_m (1 - P_{dm}^s)$??

- frequência de passagens com atraso: $D_p = A_T \cdot P_{Td}$ e $\bar{D}_p = D_p \cdot FHP$ por minuto ...

⇒ **Estimativa do índice de qualidade percebida pelos ciclistas:** vias segregadas

$$BLOS = \beta_0 - \beta_E \cdot E - \beta_{RW} \cdot R_w - \beta_{CL} \cdot C_L - \beta_{DP} \cdot \bar{D}_p$$

onde $\beta_0 = 5,446$ (intercepto),

$\beta_E = 0,00809$ (efeito dos eventos interferentes ponderados)

com $E = M_T + 10 \cdot A_T$ em eventos ponderados por minuto

$\beta_{RW} = 15,86 \text{ft} = 4,83 \text{m}$ (efeito da largura da via)

com $R_w = 1/W$ (inverso da largura da via)

$\beta_{CL} = 0,287$ (efeito da sinalização com linha divisória central)

com $C_L = 1$ se tem linha divisória central (senão 0)

$\beta_{DP} = 0,5$ (efeito das passagens com atraso)

com \bar{D}_p passagens com atraso por minuto ...

⇒ **Passagens com restrição (atraso):** com formulação do FHWA-HRT-05-137

- ciclista médio: velocidade $U = 12,8\text{mi/h} \cong 20\text{km/h}$; tempo de viagem $t = L/U$

- tipos de usuários i : densidade $k_i = \frac{q_i}{\mu_i}$; distribuição de velocidades $N[\mu_i, \sigma_i^2]$

- duas faixas (ambos os sentidos): P_{dsi} por tipo de usuário (melhor que P_{dsij})

. distância requerida para passar: x_{pi} (**Tabela 24-15**), i adiante do ciclista

. probabilidade de bloqueio (mesmo sentido): $P_{nsi} = 1 - P_{si}$, $P_{si} = e^{-k_i \cdot x_{pi}}$ (poissoniano)

. probabilidade de bloqueio (sentido oposto): $P_{noij} = 1 - e^{-k_j^o \cdot x_{pi}}$ ($P_{noi} = 1 - e^{-k_T^o \cdot x_{pi}}$!?)

. restrição à passagem (atraso):

$$P_{dsi} = P_{nsi} \cdot P_{noi} + (1 - P_{nsi}) \cdot P_{noi} \cdot (1 - P_{doi})$$

(ou $P_{dsi} = P_{nsi} \cdot P_{noi} + (1 - P_{nsi}) \cdot P_{noi} \cdot P_{doi}$!?)

. considerando ambos os sentidos:

$$P_{dsi} = \frac{P_{nsi} \cdot P_{noi} + (1 - P_{nsi})^2 \cdot P_{noi}}{1 - P_{nsi} \cdot P_{noi} \cdot (1 - P_{nsi}) \cdot (1 - P_{noi})} ??$$

- três faixas (ambos os sentidos):

. probabilidade chegada dupla: P_{2i} (**Tabela 24-16**) ... empírico, constante ??

. probabilidade de bloqueio duplo/simples:

$$P_{bsi} = (1 - P_{si}) P_{2si} \text{ e } P_{nsi} = 1 - P_{si} - P_{bsi}$$

(P_{boij} , P_{noij} ou P_{boi} , P_{noi} comum !?)

. restrição à passagem (atraso):

$$P_{dsi} = P_{nsi} \cdot (P_{boi} + P_{noi} \cdot (1 - P_{doi})) + P_{bsi}$$

(ou $P_{dsi} = P_{nsi} \cdot (P_{boi} + P_{noi} \cdot P_{doi}) + P_{bsi}$!?)

. considerando ambos os sentidos:

$$P_{dsi} = P_{nsi} \cdot (P_{boi} + P_{noi} \cdot (1 + D) + P_{bsi}) / (1 + P_{nsi} \cdot P_{noi})$$

$$D = ((P_{bsi} - P_{boi}) + (P_{nsi} \cdot P_{boi} - P_{bsi} \cdot P_{noi})) / (1 - P_{nsi} \cdot P_{noi})$$

- quatro faixas (duas por sentido):

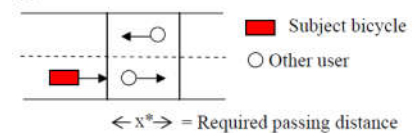
. restrição à passagem (atraso):

$$P_{dsi} = P_{bsi} = P_{nsi} \cdot P_{2si}$$

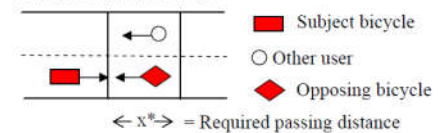
(sentidos independentes)

- agregação: $D_p = A_T \cdot P_{Tds}$ com $P_{Tds} = 1 - \prod_m (1 - P_{dsm})$ ($m=ij?$ seria melhor $D_p = \sum_i A_i \cdot P_{dsi}$)

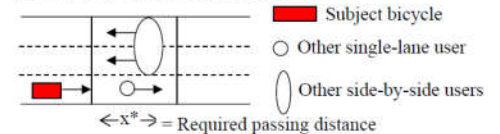
(a) Traffic in both directions.



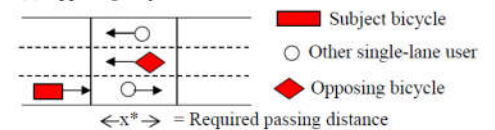
(b) Opposing traffic only.



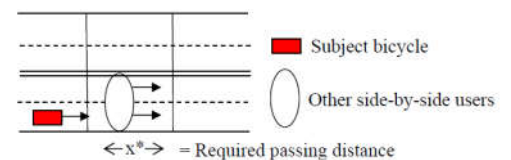
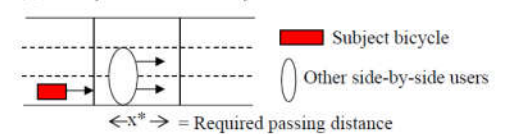
(a) Impeding traffic in both directions.



(b) Opposing bicycle in middle lane.



(c) Side-by-side traffic in subject direction.



Procedimento para Ciclofaixas: exclusivas, demarcadas por linhas longitudinais
situação intermediária entre a via segregada e a circulação no tráfego geral
também para o uso dos acostamentos pavimentados por ciclistas (poucos peds)

Larguras de ciclofaixa com mais de 1,80m permitem ter 2 faixas efetivas pela possibilidade de parcialmente usar a faixa de tráfego adjacente, exceto quando a presença de veículos pesados, a prática de altas velocidades ou a existência de defeitos/detrimentos na pista de tráfego é relevante e suficiente para desestimular os ciclistas a usar parte da ciclofaixa

Larguras de faixas de tráfego (especialmente à direita) com mais de 3,60m permitem ter espaços similares à ciclofaixas efetivas (preferencialmente 4,0m a 4,5m quando a presença de veículos pesados, a prática de altas velocidades ou a existência de defeitos/detrimentos na pista é relevante)

Não há proposta de um método de análise validado ou embasado teoricamente
O método proposto para análise em (rodo)vias comuns é uma opção aplicável ...

Procedimento para Uso das (Rodo)vias pelos Ciclistas: com ajustes

⇒ **Qualidade de serviço para os ciclistas:** mesma elemento mas avaliação distinta ...

- tendência de adotar uma visão multimodal (e promover sustentabilidade)
 - critério de qualidade de serviço (não nível de serviço) avaliado pelo usuário
- recomendado também para outras rodovias comuns: uso do acostamento ou faixa direita

⇒ **Estimativa do índice de qualidade percebido pelos ciclistas (BLOS):**

$$BLOS = \beta_0 + \beta_Q \cdot F_Q + \beta_{SH} \cdot F_S \cdot F_H + \beta_P \cdot F_P - \beta_W \cdot F_W$$

onde $\beta_0 = 0,057$ (intercepto),

$\beta_Q = 0,507$ (efeito do tráfego na faixa externa)

com $F_Q = \ln[q^0]$ e $q^0 = \frac{VH^d}{FPH^d \cdot N}$ (em v/h na faixa direita)

$\beta_{SH} = 0,1999$ (efeito do limite de velocidade e veículos pesados)

com $F_S = 1,1199 \cdot \ln\left[\frac{S_L - 32\text{km/h}}{1,6}\right] + 0,8103$, limite de velocidade: S_L em km/h

e $F_H = (1 + 0,1038 \cdot \%HV)^2$, veículos pesados em porcentagem: %HV
(se fluxo total Q até 200v/h então %HV deve ser limitado a 50%)

$\beta_P = 7,066$ (efeito da qualidade do pavimento) com $F_P = \left(\frac{1}{P}\right)^2$

P: condição do pavimento na escala do U.S.HPMS (0=péssimo a 5=ótimo)

$\beta_W = 0,005$ (efeito da largura de faixa efetiva) com $F_W = (3,28 \cdot W_e)^2$, W_e em metro

com $W_e = W_v + L_A - 0,03 \cdot \%OP$ se o acostamento tem $L_A \geq 2,4\text{m}(8\text{ft})$

? $W_e = W_v + L_A - 0,02 \cdot \%OP \cdot (L_A + 0,6\text{m})$ se $1,2\text{m}(4\text{ft}) \leq L_A < 2,4\text{m}(8\text{ft})$

? $W_e = W_v + 0,01 \cdot \%OP \cdot (L_A + 0,6\text{m})$ se o acostamento tem $L_A < 1,2\text{m}(4\text{ft})$

onde %OP é a porcentagem da extensão ocupada por estacionamento

e $W_v = L_o + L_A$ se fluxo total Q até 160v/h ou $W_v = (L_o + L_A)(2 - 0,005 \cdot Q)$

em caso contrário (L_o é a largura faixa externa, à direita)

(índice estimado por regressão linear, a partir de notas atribuídas por usuários/ciclistas)

⇒ **Nível de serviço para os ciclistas:** também definido, em função da qualidade de serviço

TABELA 15-4. Nível de Serviço p/Bicicletas em Rodovias de Pista Simples-HCM/6thEd (2016)
(critérios do HCM2010, também adotado em Rodovias de Múltiplas Faixas)

NÍVEL DE SERVIÇO	ÍNDICE DE QUALIDADE (BLOS)
A	≤1,5
B	>1,5 a 2,5
C	>2,5 a 3,5
D	>3,5 a 4,5
E	>4,5 a 5,5
F	>5,5

Procedimento para Ciclistas do HCM/2000: baseado no método holandês

Exclusiva: ciclistas $V_{bih} = 18,0\text{km/h}$, $\sigma_{bih}^V = 3,0\text{km/h}$ (ambos sentidos)

- fluxo de bicicletas no mesmo sentido: $F_p = 0,188.Q_{s,bic}$ (passagens/h)

- fluxo de bicicletas no sentido oposto: $F_m = 2.Q_{o,bic}$ (encontros/h)

- fluxo de bicicletas e interferências: $F = Q_{bic,2}(1 - 0,812.p)$

$Q_{bic,2}$ bidirecional para proporção direcional p no fluxo de bicicletas

TABELA 19-1. Nível de Serviço para Bicicletas em Ciclovias Exclusivas - HCM/2000

NS	Frequência de Eventos/hora Vias de 2 faixas com 2 sentidos*	Frequência de Eventos/hora Vias de 3 faixas com 2 sentidos**
A	≤ 40	≤ 90
B	$>40 - 60$	$>90 - 140$
C	$>60 - 100$	$>140 - 210$
D	$>100 - 150$	$>210 - 300$
E	$>150 - 195$	$>300 - 375$
F	>195	>375

* Para vias com 2,4m de largura; também para ciclofaixas

** Para vias com 3,0m de largura.

Compartilhada: ciclistas $V_{bih} = 18,0\text{km/h}$, $\sigma_{bih}^V = 3,0\text{km/h}$ e $V_{peh} = 4,5\text{km/h}$

- fluxos (ped, bic) no mesmo sentido: $F_p = 3.Q_{s,ped} + 0,188.Q_{s,bic}$ (passagens/h)

- fluxos (ped, bic) no sentido oposto: $F_m = 5.Q_{o,ped} + 2.Q_{o,bic}$ (encontros/h)

- fluxo de bicicletas/pedestres e interferências: $F = Q_{ped,2}(2,5 + 0,5.p_p) + Q_{bic,2}(1 - 0,812.p_b)$

$Q_{bic,2}$ bidirecional para proporção direcional p_b no fluxo de bicicletas

$Q_{ped,2}$ bidirecional para proporção direcional p_p no fluxo de pedestres

TABELA 19-2. Nível de Serviço para Bicicletas em Vias Compartilhadas - HCM/2000

NS	Frequência de Eventos/hora Vias de 2 faixas com 2 sentidos*	Frequência de Eventos/hora Vias de 3 faixas com 2 sentidos**
A	≤ 40	≤ 90
B	$>40 - 60$	$>90 - 140$
C	$>60 - 100$	$>140 - 210$
D	$>100 - 150$	$>210 - 300$
E	$>150 - 195$	$>300 - 375$
F	>195	>375

* Para vias com 2,4m de largura; ** Para vias com 3,0m de largura.

Comentários sobre o Procedimento do U.S.HCM/6thEd (2016)

- ⇒ mesmos procedimentos recomendados pelo HCM/2010 para pedestres e ciclistas
- ⇒ características comuns aos procedimentos anteriores do HCM para pedestres:
 - mantém os critérios inspirados nos trabalhos clássicos (Fruin, ...)
 - introduz variáveis operacionais e a interação com ciclistas (HCM2000, ...)
 - introduz critérios baseados na qualidade percebida pelos pedestres...
 - menos desenvolvidos que os métodos veiculares (apenas curvas básicas)
 - considera apenas pedestre médio (não diferencia tipos de pedestres)
- ⇒ deficiências comuns aos procedimentos anteriores do HCM para ciclistas:
 - mantém aspectos básicos do método holandês (HCM2000)
 - dados empíricos muito preliminares e básicos ...
 - introduz métodos mais detalhados (mas pouco justificados e validados) ...
 - aplica novo método apenas para ciclista padrão ($U=20\text{km/h}$) ...
 - análise de interação (passagens com atraso) obscura e criticável ...
 - introduz critérios baseados na qualidade percebida pelos ciclistas...
 - não analisa o contexto específico das ciclofaixas

VER EXERCÍCIO CALÇADA-HCM/2016

VER EXERCÍCIO CICLOVIA COMPARTILHADA-HCM/2016