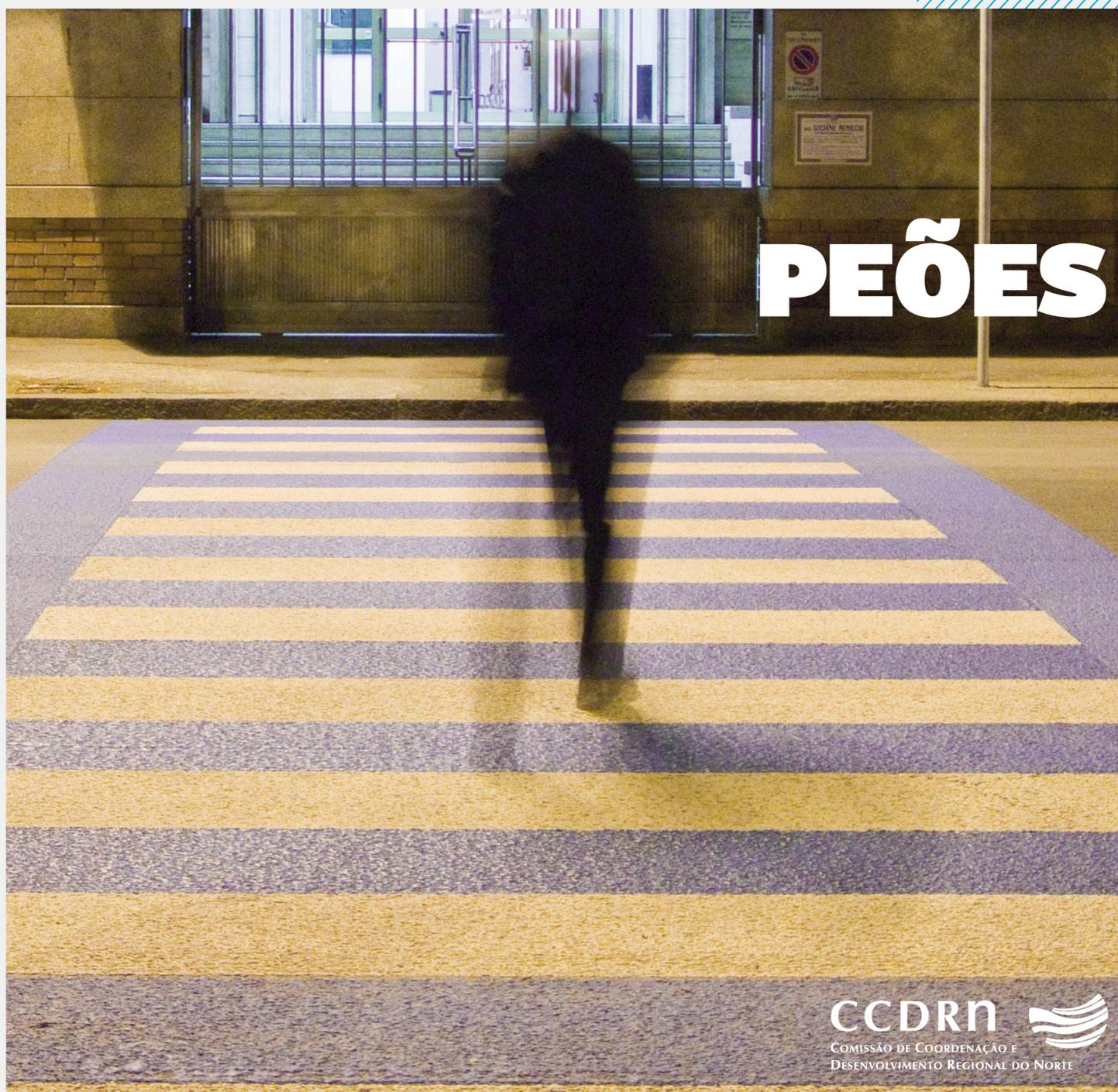


MANUAL
DE PLANEAMENTO
DAS ACESSIBILIDADES
E DA GESTÃO VIÁRIA

08



PEÕES

MANUAL
DE PLANEAMENTO
DAS ACESSIBILIDADES
E DA GESTÃO VIÁRIA

08

PEÕES

Álvaro Jorge da Maia Seco

Professor Associado da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra

Joaquim Miguel Gonçalves Macedo

Assistente Convidado do Departamento de
Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Américo Henrique Pires da Costa

Professor Associado da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

– Dezembro de 2008

Ficha técnica

COLECTÂNEA EDITORIAL

Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária
(13 volumes)

EDIÇÃO

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N)
Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território

COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Júlio Pereira (Director de Serviços de Desenvolvimento Regional/
CCDR-N)

Mário Neves (CCDR-N)

Ricardo Sousa (CCDR-N)

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Américo Henrique Pires da Costa (Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto)

Álvaro Jorge Maia Seco (Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra)

ACOMPANHAMENTO

Composição da Comissão de Acompanhamento: CCDR-N, Gabinete de Coordenação dos Serviços de Apoio Local, Gabinete de Apoio Técnico do Vale do Lima, Gabinete de Apoio Técnico do Vale do Douro Superior, Gabinete de Apoio Técnico de Entre Douro e Vouga, Coordenador Regional da Medida 3.15 - Acessibilidades e Transportes do ON - Operação Norte, Direcção de Estradas do Porto do Instituto das Estradas de Portugal, Direcção Regional de Viação do Norte, Direcção Regional de Transportes Terrestres do Norte, Município de Matosinhos, Município de Vila Real, Município de Sernancelhe, Transportes Urbanos de Braga

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Gabinete de Marketing e Comunicação da CCDR-N

DESIGN E PAGINAÇÃO

PRODUÇÃO

ISBN

DEPÓSITO LEGAL

DATA

*Os conteúdos expressos neste documento são da estrita
responsabilidade dos seus autores*



Apresentação

A presente colecção editorial intitulada “Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária”, promovida pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N) no seu Programa de Estudos no domínio das Políticas Públicas Locais “Análise de Casos e Elaboração de Guias de Boas Práticas em Sectores Prioritários”, tem a responsabilidade técnica de uma parceria entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

O carácter eminentemente técnico desta colecção, traduzido num conjunto de linhas de orientação e recomendações das melhores práticas, baseadas em experiências nacionais e estrangeiras, contribuirá, estamos certos, para que se afirme como um elemento essencial na adopção das soluções mais adequadas.

Ciente da importância desta matéria para o desenvolvimento do Norte de Portugal, a CCDR-N promoveu o envolvimento dos potenciais destinatários, convidando um amplo conjunto de entidades a integrar uma Comissão de Acompanhamento que emitiu os seus contributos e, nomeadamente, através da participação em três sessões de trabalho temáticas (Acessibilidades e Elementos de Tráfego; Cruzamentos e Sinalização e Mobilidade Urbana), onde se procedeu a uma apreciação global positiva do trabalho apresentado, antes de uma última revisão técnica da responsabilidade dos autores.

Não podemos deixar de subscrever o então sublinhado pelos membros da Comissão de Acompanhamento em relação à importância de novos contributos como este que permitam colmatar aquela que tem sido uma das fragilidades da intervenção em matéria de infra-estruturas e serviços de transporte - a carência em legislação específica, quer ao nível municipal, quer na articulação entre as redes municipais e as redes nacionais.

Esta colecção editorial não pretende constituir-se como um conjunto de normativos ou disposições legais mas, ao facilitar uma racionalização e harmonização das intervenções e promover o diálogo entre os diferentes intervenientes (responsáveis políticos, técnicos das diversas valências, comunidades locais), representa um importante contributo para um processo de decisão informado e um referencial de “Boas Práticas” na adopção de melhores soluções.

O InIR - Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias, I. P., tem como principal missão fiscalizar e supervisionar a gestão e exploração da rede rodoviária, controlando o cumprimento das leis e regulamentos e dos contratos de concessão e subconcessão, de modo a assegurar a realização do Plano Rodoviário Nacional e a garantir a eficiência, equidade, qualidade e a segurança das Infra-estruturas, bem como os direitos dos utentes.

No âmbito das suas atribuições cabe exclusivamente ao InIR, I.P., a competência para o exercício de funções de Autoridade de Normalização em matéria de infra-estruturas rodoviárias, para a Rede Rodoviária Nacional, onde se incluem as Auto-estradas, Itinerários Principais e Complementares e a rede de Estradas Nacionais.

O InIR, I.P. tem vindo, nesse papel, a promover a elaboração de documentos normativos nacionais, necessários à boa execução, conservação, operação e manutenção das infra-estruturas rodoviárias. Um primeiro lote de documentos produzido encontra-se disponível para consulta no site oficial do InIR, I.P., na sua versão de Documento Base. Uma vez terminada a fase de análise e recolha de contributos aos documentos, dar-se-á início à produção da respectiva versão final, a publicar oportunamente.

Sublinhe-se que, sem prejuízo da qualidade e relevância da iniciativa, matérias contidas no Manual das Acessibilidades e Gestão Viária e versando temáticas relacionadas com as Estradas do Plano Rodoviário Nacional são da estrita responsabilidade técnica dos seus autores e editores, e não constituem matéria normativa para o Sector. Nesse domínio deve atender-se à documentação específica, produzida e divulgada pelo InIR - Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias, I. P., através do site www.inir.pt.

PEÕES

1. INTRODUÇÃO	9
2. CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO PEDONAL	10
2.1 Grupos especiais de peões	11
2.2 Espaço vital para o peão	12
2.3 Velocidade de circulação dos peões	13
2.4 Extensão das deslocações pedonais	14
2.5 Flexibilidade	14
2.6 Grandezas base e suas relações	14
2.6.1 Relação Velocidade-Concentração	15
2.6.2 Relação Débito-Concentração	16
2.6.3 Relação Velocidade-Débito	16
2.6.4 Relação Velocidade-Área ocupada por peão	17
2.7 Conceito de Nível de Serviço	17
3. AS INFRA-ESTRUTURAS PEDONAIS	18
3.1 Componentes principais do sistema pedonal	18
3.2 Princípios gerais de organização sistémica	18
3.3 O projecto de espaços para a circulação de peões	19
3.3.1 Largura bruta e útil dos passeios	20
3.3.2 Largura mínima dos passeios	21
3.3.3 Soluções tipo	22
3.3.4 Pormenores	23
3.3.5 Zonas pedonais	24
3.4 Travessias Pedonais	24
3.4.1 Tipologias das travessias pedonais	25
3.4.1.1 <i>Travessias pedonais de nível</i>	25
3.4.1.2 <i>Travessias pedonais desniveladas</i>	27
3.4.2 Critérios de escolha das travessias pedonais	28
3.4.3 Soluções de apoio ao peão	31
3.4.3.1 <i>Redução do raio das curvas (curvas de raios múltiplos)</i>	31
3.4.3.2 <i>Prolongamento do Passeio</i>	32
3.4.3.3 <i>Tratamento/Sobreelevação das superfícies de atravessamento</i>	32
3.4.3.4 <i>Refúgio de peões</i>	33
3.4.3.5 <i>Pormenores construtivos de protecção aos peões</i>	33
3.4.4 Passadeiras de nível tipo "Zebra"	34
3.4.5 Travessias reguladas por sinais luminosos	35

3.4.5.1 Travessias pedonais fora dos cruzamentos	35
3.4.5.1.1 Atravessamentos do tipo "Pelican"	36
3.4.5.1.2 Atravessamentos do tipo "Puffin"	38
3.4.5.1.3 Atravessamentos do tipo "Toucan"	39
3.4.5.2 Travessias em cruzamentos semaforizados	41
3.4.5.3 Detecção de peões	44
3.4.5.4 Plano de regulação integrando informação pedonal em tempo real	44
3.4.6 Travessias desniveladas	45
3.5 Zonas de Espera	46
4. NÍVEIS DE SERVIÇO	46
4.1 Níveis de Serviço para peões em movimento	46
4.2 Níveis de Serviço para peões parados	49
4.3 Determinação do Nível de Serviço	50
4.3.1 Passeios e vias pedonais	50
4.3.2 Travessias semaforizadas	52
4.3.3 Travessias sem regulação	52
4.3.4 Zonas de espera	54
4.3.5 Trajecto em zona urbana	54
Bibliografia	56

PEÕES

1. INTRODUÇÃO

As viagens resultam das necessidades de mobilidade de pessoas e bens resultantes das diversas actividades humanas, tais como, actividades económicas, sociais ou de lazer.

Em qualquer viagem existe sempre pelo menos uma componente pedonal, podendo esta acontecer no início, meio e ou fim da viagem. Deste modo as viagens a pé, principalmente as de curta distância, constituem uma parte muito significativa do total de viagens, tornando-se assim necessário prever um conjunto de infra-estruturas que permitam aos peões a realização dessas viagens em condições de segurança, comodidade e rapidez. O conjunto dessas infra-estruturas designa-se por rede pedonal.

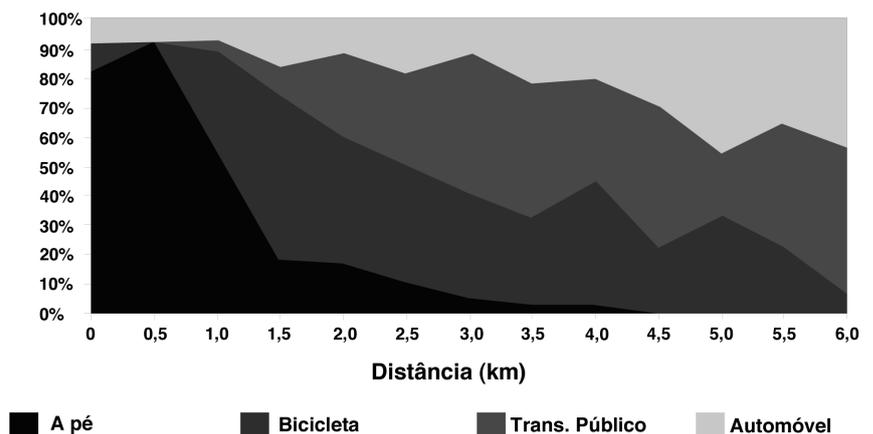


Figura 1 - Repartição modal típica em função do comprimento da viagem (Fonte: Pita, 2002)

A rede pedonal para além de garantir a circulação dos peões tem também que assegurar a existência de um espaço vital mínimo que permita a realização de todo um conjunto de actividades sociais e de lazer que não implicam necessariamente deslocação.

No passado a importância do modo pedonal foi muitas vezes desprezada, tendo-se dado mais ênfase às necessidades dos veículos motorizados, o que se traduziu em deficiências ao nível da segurança e comodidade dos espaços dedicados aos peões. Mais recentemente, com o aumento das preocupações relacionadas com os problemas ambientais e de sustentabilidade criados pelo crescimento muitas vezes descontrolado do tráfego motorizado, o modo pedonal, de per si ou coordenado com o transporte colectivo, passou a ser tido em conta como uma verdadeira alternativa ao uso do automóvel, nomeadamente em trajectos curtos, conforme se ilustra no esquema apresentado na Figura 1, tendo portanto reforçado a importância de dotar a rede pedonal de características que a tornem atractiva e segura.

Acresce que os peões são, de todos os utentes das estradas, os mais vulneráveis pois não possuem qualquer tipo de protecção exterior, o que origina conse-

quências de maior gravidade sempre que ocorre uma colisão com veículos. O aumento da velocidade do veículo de 30 km/h para 60 km/h corresponde tendencialmente a um acréscimo na percentagem de peões mortos de 5% para 80%, sendo que, mesmo a velocidades reduzidas, as colisões entre veículos e peões resultam quase sempre em ferimentos (mais ou menos graves) ou em morte.

Em 2007 morreram 137 peões em Portugal, o que representa cerca de 16.0% do total de mortos nas estradas Portuguesas (ANSR, 2008). Ainda com base nestes dados verifica-se que o grupo etário mais atingido é o dos idosos (≥ 65 anos), que representam cerca de 50.4% (69 peões) do total de peões mortos (Figura 2). De todos os peões mortos, 13 (cerca de 9,5%) ocorreram em travessias para peões devidamente sinalizadas.

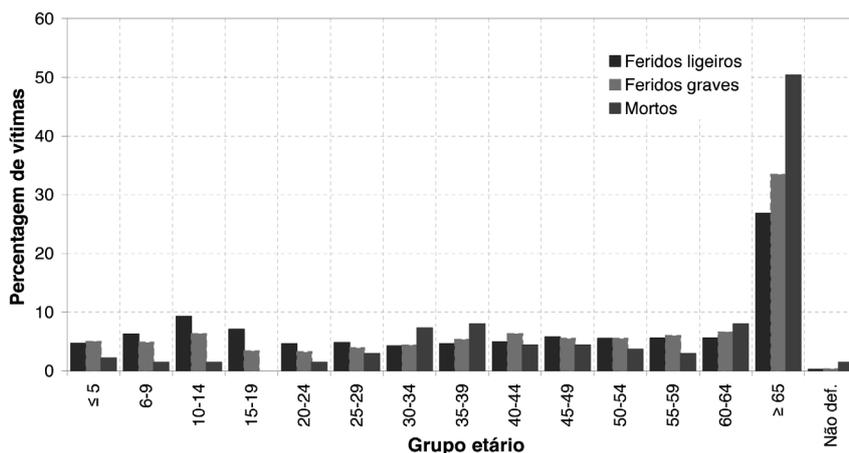


Figura 2 – Peões vítimas em 2003 segundo grupo etário (DGV, 2003)

No presente documento é apresentado um conjunto de regras de organização sistémica das redes pedonais e de projecto geométrico e funcional dos seus principais elementos constitutivos que permitem a criação de infra-estruturas de qualidade capazes de garantir boas e competitivas condições de mobilidade pedonal em espaços urbanos.

2. Caracterização do Tráfego Pedonal

O correcto dimensionamento de qualquer componente do sistema pedonal requer o conhecimento e compreensão das características e capacidades fundamentais do ser humano. A dimensão do corpo humano determina, por exemplo, quais são as altura e largura mínimas livres necessárias à circulação das pessoas, bem como influencia a capacidade prática das várias componentes do sistema pedonal (passeios, travessias, rampas, escadas, ...). O facto de as pessoas tentarem anular o contacto físico entre si determina qual o espaço necessário para cada pessoa em zonas de espera ou em zonas com elevada ocupação pedonal.

O conhecimento de outras características do peão, tais como a velocidade de circulação e a extensão dos percursos pedonais, são importantes na resolução de determinadas situações, como por exemplo na determinação do tempo de limpeza a dar aos peões em passadeiras semaforizadas ou na determinação do número de paragens de autocarro e respectivas localizações.

As características dos peões são muito dependentes da respectiva idade, sexo e condição física. No entanto, outros factores como o motivo da deslocação, a

hora do dia, as condições climatéricas e da envolvente, também influenciam o comportamento dos peões.

2.1 GRUPOS ESPECIAIS DE PEÕES

Os peões não são um grupo homogéneo, existindo pessoas cujos atributos físicos e psicológicos alteram o modo como se deslocam, orientam e avaliam os riscos, tornando-os particularmente vulneráveis em termos de segurança. Como grupos especiais destacam-se as crianças, os idosos e os peões com mobilidade reduzida. Os peões que constituem estes grupos não têm o mesmo comportamento e desempenho dos outros peões ditos normais, tendo limitações acrescidas em termos de integração no ambiente rodoviário, o que leva a que seja necessário ter especial atenção à sua protecção e segurança.

As crianças desenvolvem-se gradualmente tanto psíquica como fisicamente e apenas a partir dos 11-12 anos adquirem condições semelhantes às dos adultos para dominar as diferentes situações de tráfego.

Em particular as crianças com menos de 9 anos não têm as capacidades sensoriais e cognitivas suficientemente desenvolvidas para lidar com a complexidade do tráfego rodoviário. Têm uma reduzida capacidade de usar a informação do campo visual periférico e de interpretar as impressões auditivas, o que se traduz em dificuldades na determinação da direcção dos sons, necessitando de mais tempo para reagir do que um adulto e não sendo capazes de avaliar e determinar a velocidade e a distância de um veículo em aproximação.

De um modo geral as crianças não são capazes de distribuir a sua atenção, concentrando-se apenas numa coisa de cada vez. Distraem-se com facilidade e respondem a estímulos externos de uma forma impulsiva, o que torna o seu comportamento imprevisível.

A reduzida estatura faz com que facilmente fiquem escondidas atrás de obstáculos (p.e. mobiliário urbano ou veículos estacionados), dificultando deste modo a sua detecção por parte dos condutores.

Em relação aos idosos, o seu número tem aumentado consideravelmente, principalmente devido ao aumento da esperança média de vida. O facto de a taxa de natalidade ter diminuído muito consideravelmente nas últimas décadas, faz com que este grupo de peões tenha cada vez mais importância.

Os idosos (geralmente considerados os indivíduos com idade superior aos 65 anos) caracterizam-se fundamentalmente pela perda de capacidades físicas, associadas ao normal processo de envelhecimento, que se traduzem em locomoção mais lenta, com piores reflexos e em maiores tempos de decisão e reacção. Com o avanço da idade também a visão e a audição ficam enfraquecidas o que, aliado à perda de memória e das capacidades de raciocínio, dificulta a compreensão do ambiente rodoviário.

Finalmente, o grupo dos peões de mobilidade reduzida onde estão incluídas não só as pessoas, que independentemente da idade, possuem deficiências físicas, mentais ou sensoriais, mas também todos os que, por qualquer razão, têm dificuldade em movimentar-se. Algumas destas pessoas necessitam mesmo de equipamentos, como por exemplo cadeiras de rodas, para efectuarem as suas deslocações. Em Portugal cerca de 6.1% da população possui deficiência, sendo que 1.6% são portadores de deficiência visual e 1.5% de deficiência física (INE, 2002).

A velocidade de marcha destas pessoas é inferior à velocidade das pessoas sem qualquer deficiência e os problemas sensoriais, como a falta de visão e de audição, limitam a capacidade de percepção da envolvente. Precisam ainda, em muitos casos, de mais espaço ou que este possua características especiais

para que as suas deslocações sejam, não apenas possíveis, mas também minimamente seguras e confortáveis.

Torna-se, assim, necessário adaptar as infra-estruturas pedonais às necessidades específicas destas pessoas, de modo a melhorar a sua mobilidade.

2.2 - ESPAÇO VITAL PARA O PEÃO

Qualquer peão, esteja parado ou em movimento, ocupa um determinado espaço em cada instante. Trajectos com 80 cm de largura por peão, são considerados como os necessários para que dois peões se possam cruzar sem interferência mútua, enquanto que para o caso de os mesmos dois peões se conhecerem e caminharem lado a lado (aceitando-se portanto a existência de contacto físico ocasional) apenas é necessária uma largura de 70 cm (HCM, 2000).

O corpo de um adulto, visto em planta, ocupa uma área de cerca de 0,14 m². No entanto, para efeito de cálculos de capacidade, tendo em conta o facto de que alguns peões transportam artigos pessoais e, por outro lado, se se procurar soluções onde não ocorra contacto físico entre peões, considera-se que o espaço ocupado por um peão é representado por uma elipse de 0,50 m x 0,60 m, cuja área total é 0,30 m² (Figura 3).

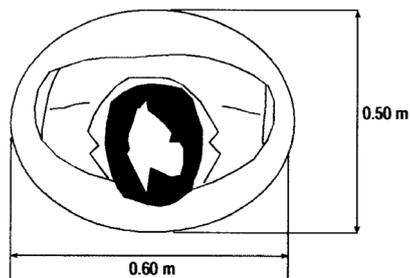


Figura 3 - Espaço ocupado por um peão (Fonte: HCM, 2000)

Para as pessoas com mobilidade condicionada é necessário garantir um espaço mínimo maior, apresentando-se nas Figuras 4 e 5 as dimensões a ter em conta para que seja possível a circulação deste tipo de pessoas.

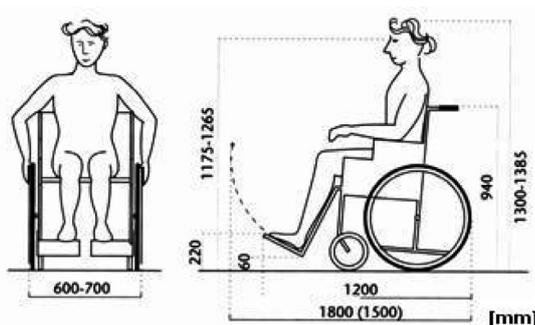


Figura 4 - Dimensões de uma cadeira de rodas (Fonte: CROW, 1998)

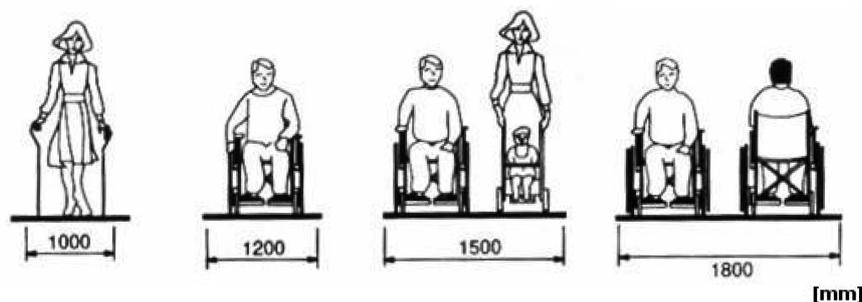


Figura 5 - Larguras mínimas necessárias para a circulação de pessoas com mobilidade condicionada (Fonte: Austroads, 1988)

Outro aspecto importante no caso das pessoas com mobilidade condicionada é a manobrabilidade, nomeadamente das pessoas que se deslocam em cadeiras de rodas. Assim, uma pessoa que se desloque em cadeira de rodas necessita de espaço para realizar manobras, como por exemplo, mudar de direcção ou inverter o sentido do seu movimento. O espaço mínimo necessário é dado por uma circunferência de raio 800mm quando rodam as duas rodas em sentidos opostos, e uma circunferência de raio 915mm quando roda em torno de uma das rodas (Figura 6).

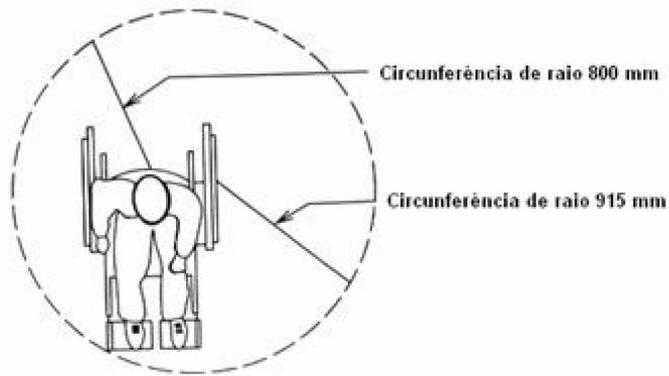


Figura 6 - Espaço mínimo para manobrar uma cadeira de rodas (Fonte: Austroads, 1988)

2.3 - VELOCIDADE DE CIRCULAÇÃO DOS PEÕES

Um peão que se desloque livremente tem, em geral, uma velocidade que pode variar desde um mínimo de aproximadamente 0.75 m/s até um máximo de cerca de 2.4 m/s (Austroads, 1988), considerando-se 1,2 m/s o valor normalmente apresentado para a velocidade média (Austroads, 1988; HCM, 2000). Esta variação deve-se a um vasto conjunto de factores, que vão desde características intrínsecas ao próprio peão, como a idade, sexo e robustez física, até factores exteriores, como a hora do dia, o estado do tempo, o motivo da viagem (casa-trabalho, lazer, etc.), o tipo e características da infra-estrutura (passeio, atravessamento viário ou zona pedonal). A velocidade pedonal depende também das condições de circulação (livre, condicionada ou congestionada).

A velocidade média de circulação dos peões é, por exemplo, altamente dependente da percentagem de peões idosos (≥ 65 anos) e ou com dificuldades de mobilidade existentes na população pedonal. De acordo com o HCM Americano (HCM, 2000), se a percentagem de pessoas idosas se situar entre os 0 e os 20%, a velocidade de circulação média mantém-se em 1,2 m/s, diminuindo para 1 m/s no caso da percentagem de peões idosos ser superior a 20%.

Também uma rampa com uma inclinação igual ou superior a 10% tende a provocar uma diminuição de 0,1 m/s na velocidade pedonal.

Na Figura 7 apresentam-se duas distribuições de velocidades de circulação de peões consideradas representativas (apresentado em HCM, 2000 baseado em Fruin, 1987).

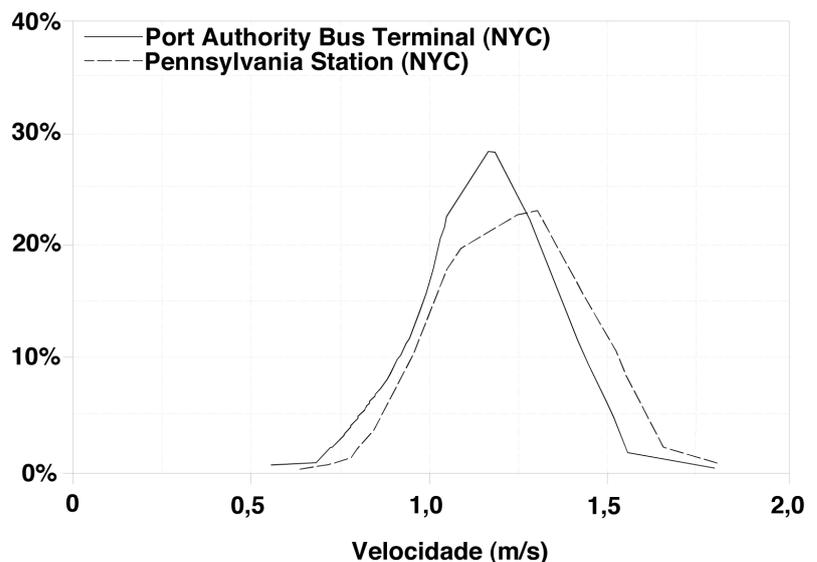


Figura 7 - Distribuições de velocidades de circulação de peões (Fonte: HCM, 2000)

Para a velocidade média de circulação dos peões pode-se tomar como valor de referência 1.2 m/s.

2.4 - EXTENSÃO DAS DESLOCAÇÕES PEDONAIS

A extensão das deslocações pedonais é um dos aspectos a ter em conta quando se dimensiona uma infra-estrutura pedonal, adoptando-se na prática um limite máximo da ordem dos 1500 m, quando o peão se desloca para o emprego e uma extensão de 800 m para os percursos até às paragens de autocarro.

De referir que o apresentado acima se refere a extensões de percurso normais para pessoas sem qualquer limitação física. Porém a facilidade com que um idoso ou uma pessoa com mobilidade condicionada anda a pé é significativamente menor. Essas limitações têm influência quer na circulação ao longo de uma via pedonal, quer na movimentação dentro de uma área pedonal. Por este facto, alguns autores defendem que o dimensionamento de uma determinada infra-estrutura pedonal deve ser baseado na satisfação das necessidades de 80% dos peões pertencentes a determinado grupo de pessoas com mobilidade condicionada. Se isto for aceite, as distâncias máximas recomendadas, sem haver pausas durante o percurso, para determinado grupo com mobilidade condicionada são as apresentadas na Quadro 1.

Quadro 1 - Distâncias máximas recomendadas para grupos especiais

Grupo com mobilidade condicionada	Distância limite recomendada sem haver pausas (m)
Utilizadores de cadeiras de rodas	150
Invisuais	150
Utilizadores de bengalas/muletas	50
Pessoas em ambulatório	100

Há, no entanto, ainda que realçar a relação entre a distância de deslocação admissível e o grau de “penosidade” do trajecto, estando este habitualmente associado ao seu declive. Assim, a presença de escadas e de rampas reduz os valores apresentados.

Um indicador possível para o grau de penosidade de um trajecto é o “consumo de oxigénio”, já que é um bom indicador do esforço despendido pelo peão quando se desloca. Assim, sabendo-se que por unidade de distância percorrida este aumenta linearmente com o declive, existindo um consumo aproximadamente duplo perante um declive de 10% relativamente a um declive de 0%, é possível utilizar esta relação na quantificação de “distâncias equivalentes”.

2.5 - FLEXIBILIDADE

Os peões, pela sua natureza, possuem uma grande flexibilidade, pois possuem uma grande liberdade de movimentos e podem ocupar com relativa facilidade diferentes posições na infra-estrutura rodoviária. Esta característica é uma das vantagens deste modo de transporte, uma vez que o peão não está limitado à utilização de um determinado espaço restrito, representando, no entanto, também um dos principais potenciais problemas em termos de segurança rodoviária.

2.6 - GRANDEZAS BASE E SUAS RELAÇÕES

As grandezas base que caracterizam o movimento pedonal são as seguintes:

- Velocidade pedonal, é a velocidade de marcha média à qual os peões se deslocam, geralmente expressa em metros por segundo;

- Débito pedonal, é o número de peões que passam um determinado ponto (linha imaginária perpendicular à via pedonal) por unidade de tempo, expresso em peões por 15 minutos ou peões por minuto;
- Débito por unidade de largura, é o débito médio pedonal por unidade de largura útil, exprimindo-se em peões por minuto por metro (p/min/m);
- Concentração pedonal, ou densidade, é o número médio de peões por unidade de área existentes numa via pedonal ou numa zona de espera num determinado momento, expresso em peões por metro quadrado (peões/m²).
- Área ocupada por um peão, é o inverso da concentração, dada em m²/peão.

Nas correntes de tráfego de peões mantém-se válida a relação fundamental entre variáveis macroscópicas observada para as correntes de tráfego de veículos, isto é:

$$v_{ped} = S_{ped} \times D_{ped}$$

onde:

- v_{ped} - Débito (p/min/m)
- S_{ped} - Velocidade pedonal (m/min)
- D_{ped} - Concentração pedonal (p/m²)

A variável débito utilizada nesta expressão é o débito por unidade de largura, definida atrás. Uma alternativa ao uso dessa expressão é utilizar a área ocupada por um peão (inverso da concentração), o que resulta:

$$v_{ped} = S_{ped} / M$$

onde:

- M - área ocupada por um peão (m²/p)

15

2.6.1 - RELAÇÃO VELOCIDADE-CONCENTRAÇÃO

A Figura 8 apresenta a relação entre velocidade e concentração para três tipos diferentes de peões, verificando-se que a velocidade diminui a uma taxa constante com o aumento da concentração, isto é, a um cada vez maior número de veículos presentes num dado espaço corresponderá uma redução da velocidade.

A velocidade média máxima corresponde a um valor próximo dos 90 m/min (1,5 m/s) e atinge-se quando a concentração se aproxima do zero. Na extremidade oposta a concentração máxima é de cerca de 1,2 peões/m² e observa-se quando a velocidade é nula.

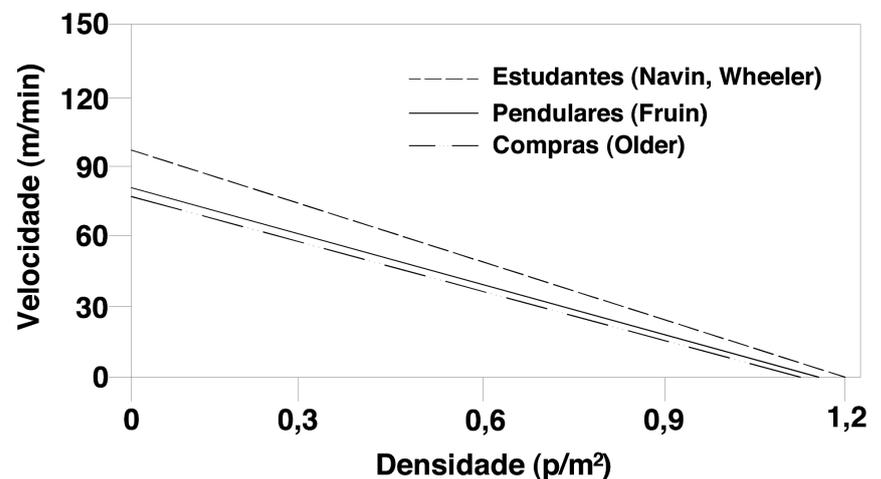


Figura 8 - Relação entre velocidade e concentração pedonal (Fonte: HCM, 2000)

2.6.2 - RELAÇÃO DÉBITO-CONCENTRAÇÃO

A relação básica entre débito e área ocupada por um peão encontra-se representada na Figura 9.

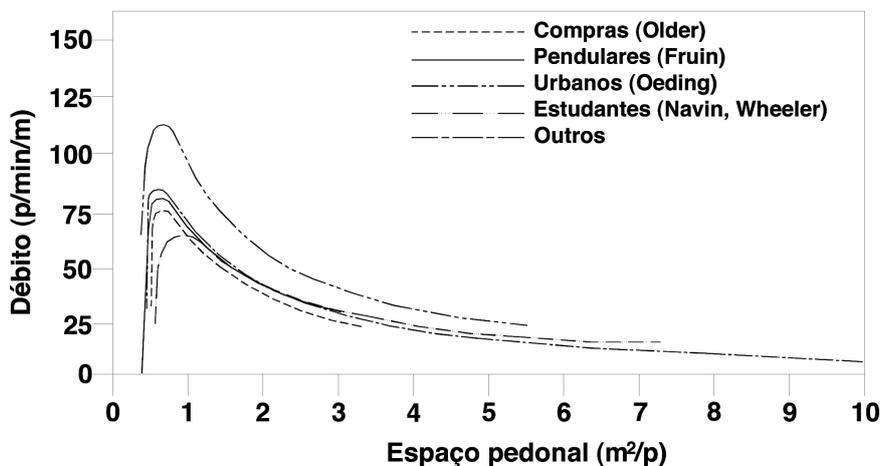


Figura 9 - Relação entre débito e espaço pedonal (Fonte: HCM, 2000)

As condições para as quais o débito é máximo representam a capacidade do elemento da infra-estrutura pedonal. A capacidade máxima corresponde a um débito próximo de 100 p/min/m, sendo que a velocidade de circulação dos peões quando se atinge a capacidade é da ordem dos 0,75 m/s.

Da análise da Figura 9 ressalta que para todas as observações o valor máximo do débito se situa num pequeno intervalo de concentração, em que a área ocupada por peão varia entre 0,4 e 0,9 m²/p. Para valores inferiores à área crítica ocupada por peão, a qual ocorre quando a capacidade é atingida, o débito diminui rapidamente até valores da concentração da ordem de 2,5 peões/m². É de assinalar que os valores extremos do débito (capacidade e débito nulo) ocorrem para valores não muito diferentes de concentração. Tal significa que, atingida a capacidade, um ligeiro aumento da concentração de peões dá origem ao congestionamento total com todos os peões parados.

2.6.3 - RELAÇÃO VELOCIDADE-DÉBITO

A Figura 10 ilustra a relação entre velocidade de circulação pedonal e débito pedonal. Como se pode verificar as curvas representadas são muito semelhantes às curvas observadas para o movimento de veículos. As curvas mostram que, quando existem poucos peões a circular na via pedonal (isto é, o valor do débito é baixo), existe espaço disponível para a escolha de velocidades de circulação mais elevadas por parte dos peões. Quando o débito aumenta, a velocidade diminui, pois passa a haver uma maior proximidade entre os peões. Numa situação crítica de congestionamento pedonal, o movimento torna-se mais difícil e instável, o que leva à diminuição do débito e da velocidade. Mais uma vez se observa que a capacidade se atinge para débitos próximos dos 100 p/min/m, sendo a correspondente velocidade crítica aproximadamente 1 m/s.

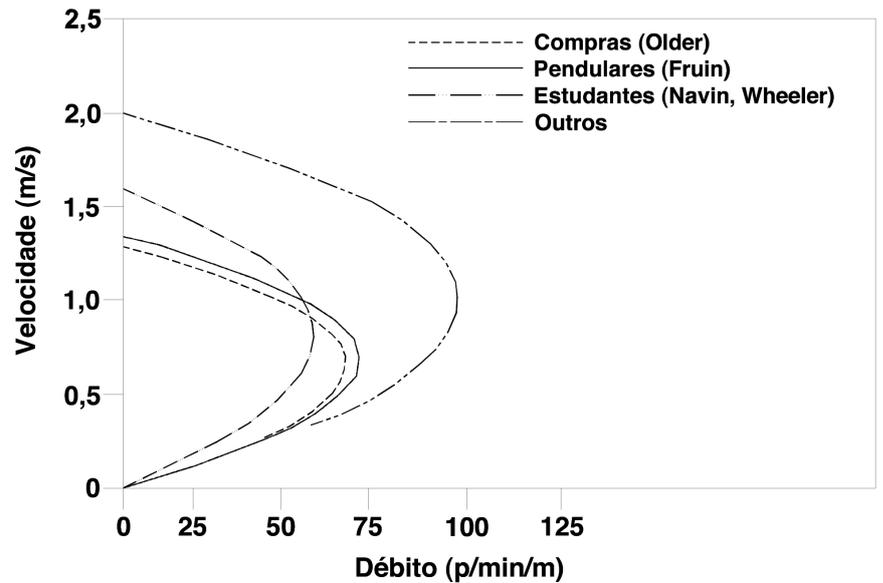


Figura 10 - Relação entre velocidade e débito pedonal (Fonte: HCM, 2000)

2.6.4 - RELAÇÃO VELOCIDADE-ÁREA OCUPADA POR PEÃO

A relação entre área ocupada por peão e velocidade encontra-se apresentada na Figura 11. Como se pode verificar o aumento da área ocupada por peão a partir de $0,4 \text{ m}^2/\text{peão}$ conduz também a um aumento da velocidade média de circulação, não sendo, contudo, esta relação linear. Acima de $2 \text{ m}^2/\text{peão}$ qualquer aumento do espaço disponível para o peão não corresponderá um aumento da velocidade.

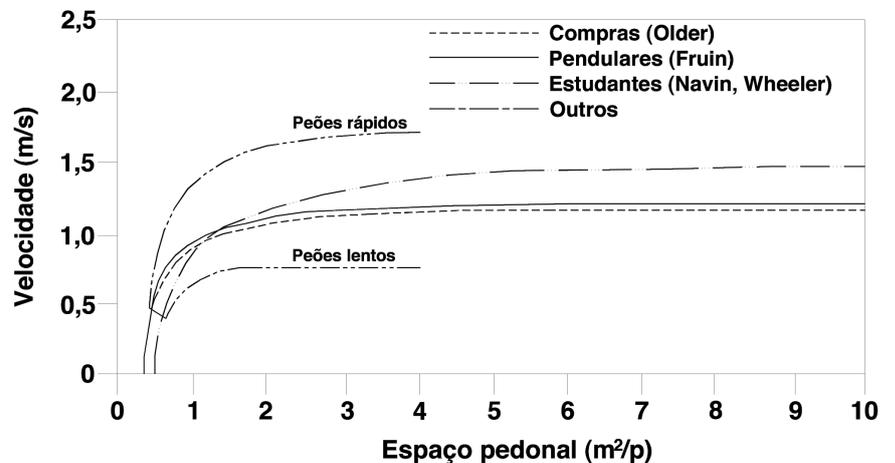


Figura 11 - Relação entre velocidade e espaço (Fonte: HCM, 2000)

2.7 CONCEITO DE NÍVEL DE SERVIÇO

De modo a caracterizar a maior ou menor qualidade do serviço oferecido, quer para o peão em circulação quer para o parado foi definida uma classificação baseada no conceito de nível de serviço, proposta no HCM 2000.

No caso dos peões em movimento, os parâmetros de caracterização e avaliação do nível de serviço são a liberdade de escolha da velocidade de circulação, a facilidade de ultrapassar e o grau de ocorrência de conflitos com os outros peões, que variam em função dos valores de débito e concentração do tráfego pedonal tal como foi apresentado acima.

Também para os peões parados é possível definir um conjunto de níveis de conforto/qualidade do serviço que dependem da concentração pedonal existente, ou seja, depende do espaço disponível para cada peão.

3. AS INFRA-ESTRUTURAS PEDONAIS

3.1 - COMPONENTES PRINCIPAIS DO SISTEMA PEDONAL

Para que o modo pedonal possa funcionar adequadamente como um modo de transporte é necessário que haja um conjunto de infra-estruturas que possibilite a circulação dos peões com condições mínimas de segurança, comodidade e rapidez. Essas infra-estruturas constituem o sistema pedonal e basicamente podem ser divididas em três componentes principais:

- Espaços reservados exclusivamente a peões (passeios, zonas pedestrianizadas);
- Atravessamentos da rede viária;
- Zonas de interface modal (peão/transporte colectivo; trans. colectivo/trans. colectivo; peão/transp. Individual)

De todos os componentes do sistema pedonal os atravessamentos da rede viária são os que suscitam maiores preocupações, principalmente em termos de segurança do peão, mas também em termos de fluidez/capacidade do tráfego motorizado. Torna-se pois necessário em cada local identificar quais os níveis de prioridade relativa entre os sistemas pedonal e viário em função da hierarquização viária aí assumida. É, no entanto, essencial não esquecer que a segurança dos peões deve ser sempre uma preocupação básica pois, como atrás foi referido, os peões são os utentes mais vulneráveis do sistema de transporte.

Em relação aos espaços reservados exclusivamente a peões, nomeadamente nos passeios, os objectivos a atingir prendem-se com a garantia de níveis mínimos de qualidade de circulação que podem ser medidos por critérios de mobilidade (velocidade de circulação) e conforto (concentração de peões) que dependem dos débitos de peões. Outro aspecto a ter em conta é o facto de esses espaços serem utilizados por diferentes tipos de peões, com necessidades e objectivos diferentes (por exemplo o motivo de viagem, casa-trabalho, compras, lazer, convívio, ...), algumas das quais não implicam necessidades de deslocação, mas antes de "estar", que terão que ser adequada e conjuntamente acomodadas.

Nas zonas pedestrianizadas os problemas relacionados com a mobilidade são muitas vezes secundários, sendo que os aspectos mais importantes passam a ser os problemas relacionados com a segurança pessoal, particularmente em locais isolados. Porém, em zonas parcialmente pedestrianizadas, em que circulam transportes colectivos e/ou veículos de residentes e de mercadorias, a segurança rodoviária poderá ter uma importância significativa.

Finalmente as zonas de interface poderão, devido às suas dimensões, ser de grande complexidade (por exemplo aeroportos, gares de caminho de ferro, ...), devendo a estratégia de gestão a adoptar ser orientada pelos objectivos genéricos de segurança, rapidez e comodidade. Parte das regras de projecto aplicáveis são comuns às usadas nos restantes espaços pedonais, havendo no entanto situações particulares cuja abordagem extravasa o âmbito do presente texto.

3.2 - PRINCÍPIOS GERAIS DE ORGANIZAÇÃO SISTÉMICA

A concepção, implementação e gestão do sistema pedonal deve ser realizada de modo a que seja possível atingir os seguintes objectivos gerais:

- Segurança;
- Comodidade;
- Rapidez;
- Coerência;
- Atractividade.

Para que tal seja possível é essencial que seja adoptado um conjunto de princípios metodológicos capaz de garantir uma adequada coerência sistémica que se traduzirá na criação de verdadeiras redes infra-estruturais e não apenas de somatórios casuísticos de elementos isolados. Estes são:

- Procura de uma tendencial separação entre o sistema viário e pedonal, de modo a garantir a máxima segurança possível e, eventualmente, também rapidez e comodidade;
- Garantia de uma interligação coerente com a hierarquização viária. Normalmente não é possível atingir a segregação total entre os sistemas viário e pedonal, pelo que se torna necessário definir níveis de prioridade relativa a atribuir em cada caso, a cada sistema. As soluções a utilizar em cada situação devem ser o mais “padronizadas” possível;
- Criação de redes pedonais integradas e completas capazes de ligar com qualidade todos os principais pontos de geração e atracção de deslocações pedonais. Note-se que a continuidade necessária da generalidade dos circuitos pedonais a oferecer é particularmente importante à escala da dimensão habitual das deslocações ou seja à escala dos 1000-1500 metros;
- Garantia da melhor interligação possível com outros modos de transporte, prestando particular atenção à ligação com a rede de transportes colectivos;
- Minimização do número de situações em que a distância de percurso seja muito grande relativamente à distância em linha recta, pois este é um factor crítico na obtenção de bons níveis de comodidade e de rapidez. Para além disso, percursos menos extensos tornam-se mais atractivos para os peões;
- As soluções projectadas devem ter em consideração as necessidades específicas dos utentes mais vulneráveis (crianças, idosos e peões de mobilidade reduzida), devem ser infra-estruturalmente de boa qualidade e adequadamente mantidas.

3.3 - O PROJECTO DE ESPAÇOS PARA A CIRCULAÇÃO DE PEÕES

Os espaços para circulação pedonal constituem os “arruamentos” destinados aos peões, pelo que devem permitir a estes a realização dos percursos em condições de segurança rodoviária e pessoal, rapidez e conforto.

O conjunto de passeios e vias pedonais deve formar um sistema homogéneo e articulado, de modo a que, para realizar um determinado percurso, não seja necessário ao peão recorrer à faixa de rodagem destinada aos veículos motorizados, a não ser em locais próprios para o atravessamento das vias.

Em meio urbano, onde se desenrolam a grande maioria das actividades humanas, é fundamental a existência de passeios com características adequadas aos débitos existentes, para que não surjam problemas de circulação e seja possível a realização dessas actividades. Por outro lado, deve ser dada especial importância à articulação entre a rede pedonal e a rede de transportes públicos, pelo que os passeios e as travessias pedonais devem permitir aos peões que utilizam os transportes públicos deslocarem-se com facilidade a pé entre as paragens e os locais de origem ou destino.

Em função da classe da estrada considerando a classificação funcional, os passeios devem ladear sempre as vias distribuidoras locais, uma vez que nestes tipos de vias os movimentos pedonais são muito importantes e o conflito potencial com os veículos motorizados não é desprezável. Nas vias de acesso local poderão justificar-se passeios ladeando os arruamentos, mas em muitos casos, poderá recorrer-se a soluções do tipo “via partilhada”. Nas vias distribuidoras principais é, por maioria de razão, também essencial a existência de passeios adjacentes a estas vias, devendo no entanto ter-se a preocupação de apenas se permitir os atravessamentos pedonais em locais específicos para o efeito. Nas vias colectoras é, normalmente, indesejável a existência de passeios ladeando

os arruamentos, já que tal tenderá a induzir a existência de situações de cruzamento pedonal de nível destas vias criando problemas potencialmente graves de insegurança rodoviária.

3.3.1 - LARGURA BRUTA E ÚTIL DOS PASSEIOS

Na concepção de qualquer espaço pedonal há que procurar adequar a área disponível às suas diferentes utilizações, sejam elas de circulação ou espera, mas também para visualização de montras ou conversas em grupo.

Nas classificações atrás referidas, que baseadas no conceito de nível de serviço permitem avaliar a qualidade dos vários elementos do sistema pedonal, assume-se que todo o espaço considerado está inteiramente disponível para a utilização pretendida e que possui idêntica qualidade.

No entanto, em alguns espaços reservados a peões, nomeadamente nos passeios, existem variados obstáculos, tais como elementos de mobiliário urbano, vegetação, entre outros, que impedem, pelo menos localmente, a utilização pelos peões de todo o espaço disponível. Para além da existência destes obstáculos, os peões normalmente tendem a evitar circular muito próximo da berma dos passeios ou das fachadas dos edifícios, principalmente se estes tiverem montras.

Deste modo, é justificável a introdução do conceito de largura útil ou efectiva do passeio. Esta largura corresponde ao espaço efectivamente disponível para a deslocação e realização de actividades dos peões. É o valor da largura útil e não o da largura bruta, correspondente à largura total do passeio, que deve ser utilizado para a avaliação dos níveis de serviço em diversos troços da infra-estrutura (Figura 12).

De notar que a existência de um obstáculo isolado, apenas tem uma influência localizada, pelo que não afecta significativamente o funcionamento global de um passeio ou zona pedonal. No entanto, tal já não sucede se o obstáculo se repetir de forma periódica, como por exemplo no caso de haver fiadas de árvores, candeeiros ou parquímetros.

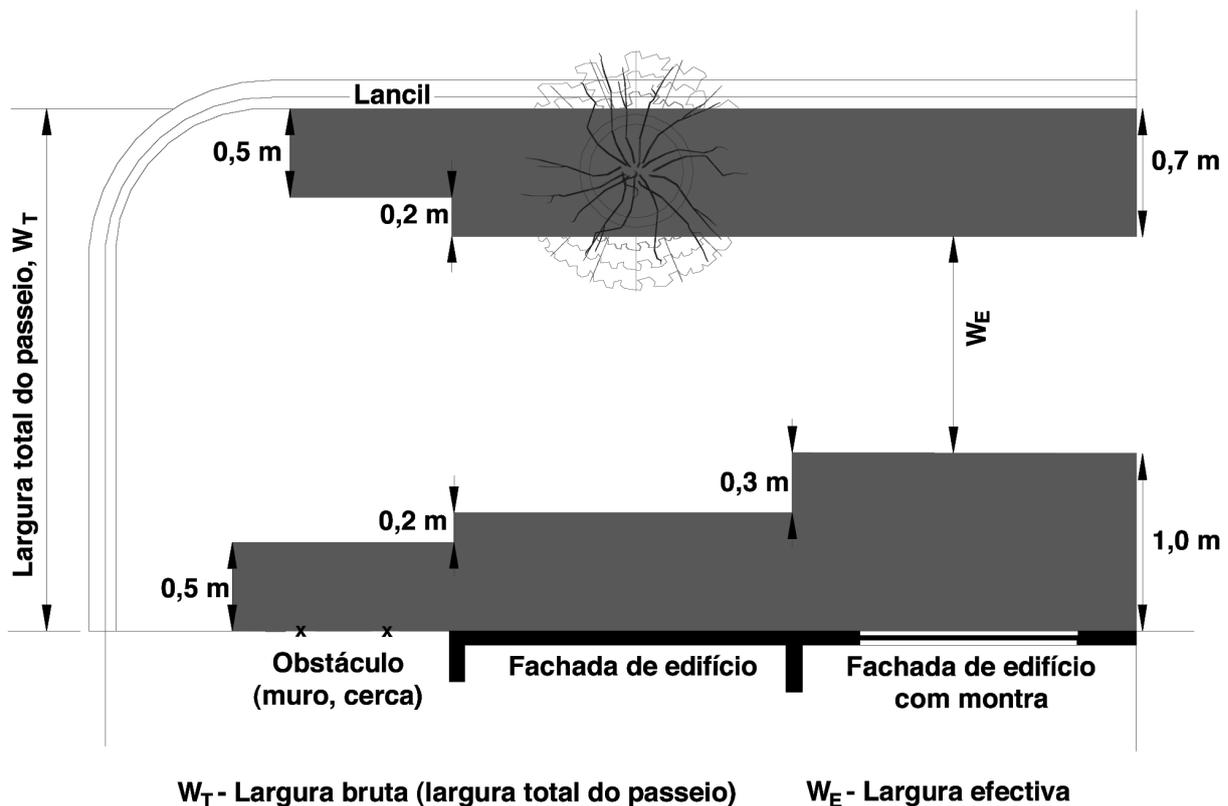


Figura 12 - Definição da largura útil de um passeio (Fonte: HCM, 2000)

No Quadro 2, apresentam-se alguns valores correspondentes à largura perdida devido à existência de certos tipos de obstáculos.

Quadro 2 - Largura perdida em passeios devido a obstáculos (Fonte: HCM 2000)

Tipo de Obstáculo	Descrição	Largura Perdida (m)
Distâncias de Segurança	- Berma do passeio	0,30 - 0,50
	- Muro, sebe	0,30 - 0,50
	- Fachada de edifício	0,70
	- Montra	1,00
Mobiliário Urbano	- Postes de iluminação	0,80 - 1,10
	- Postes de semáforos	0,90 - 1,20
	- Sinalização vertical	0,60 - 0,80
	- Parquímetros	0,60
	- Cabines telefónicas	1,20
	- Caixotes do lixo	0,90
	- Marcos de incêndio	0,80 - 0,90
- Marcos do correio	1,00 - 1,10	
Vegetação	- Árvores	0,60 - 1,20
	- Pontos de vegetação/arbustos	1,50
Usos Comerciais	- Quiosques	1,20 - 4,00
	- Esplanadas de cafés (2 filas de mesas)	2,10

3.3.2 - LARGURAS DESEJÁVEL E MÍNIMA DOS PASSEIOS

O Decreto-Lei n.º 123/97, de 22 de Maio estabelecia no Anexo I, Capítulo I, ponto 1.2, uma largura mínima dos passeios em condições normais de 2,25 m. Entretanto, com a publicação do Decreto-Lei n.º 163/2006, de 8 de Agosto, e a consequente revogação do Decreto-Lei n.º 123/97, a definição da largura dos passeios passou a ser efectuada em termos de largura livre. Assim, os passeios que se encontrem adjacentes a vias principais e vias distribuidoras devem ter uma largura livre não inferior a 1,5 m, enquanto que os pequenos acessos pedonais no interior de áreas plantadas, cujo comprimento total não seja superior a 7 m, podem ter uma largura livre não inferior a 0,9 m.

No entanto também o Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (Decreto-Lei 555/99, de 16 de Dezembro alterado pela Lei n.º 13/2000, de 20 de Julho, Decreto-Lei n.º 177/2001 de 4 de Junho, Leis n.ºs 12/2002, de 22 de Fevereiro, 4-A/2003, de 19 de Fevereiro, Decreto-Lei n.º 157/2006, de 8 de Agosto e Lei n.º 60/2007, de 4 de Setembro) complementado pela Portaria n.º 216-B/2008, de 3 de Março apresentam regras a cumprir no âmbito do dimensionamento de espaços ou infra-estruturas viárias e equipamentos de utilização colectiva.

Em qualquer dos casos tendo em atenção os valores de referência atrás apresentados relativos aos conceitos de “espaço vital” de um peão e de “nível de serviço” associado à função de circulação pedonal é possível definir um conjunto de valores de referência para a “largura bruta” de passeios aplicáveis em diversas situações típicas. Estes valores estão indicados no Quadro 3.

Quadro 3 - Largura Mínima de Passeios

Tipo de Passeio	Largura Desejável (m)	Largura Aceitável (m)
- Passeio sem mobiliário urbano, árvores ou montras	2,00	1,50
- Passeio com fila de árvores ou montras	3,00	2,50
- Passeio com árvores e montras	4,00	3,50

Porém, quando não for possível garantir estes valores, o que acontece muitas vezes em processos de requalificação de espaços urbanos menos ordenados mas já consolidados, as larguras mínimas passíveis de utilização poderão, com propriedade, ser inferiores, já que nesses casos poderá ser necessário sobrevalorizar a segurança do peão em zonas particularmente perigosas ou, ainda, na competição pelo espaço canal disponível, poderá justificar-se a "cedência" de espaço para o estacionamento de veículos.

Nestes casos podem adoptar-se as larguras mínimas apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4- Largura Mínima Admissível de Passeios (m)

Tipo de Passeio	Largura Desejável (m)	Largura Aceitável (m)
- Passeio sem obstruções	1,20	1,00
- Troço < 10 m junto a obstrução	-	0,80

3.3.3 - SOLUÇÕES TIPO

Na Figura 13 apresenta-se um exemplo de uma solução tipo relativa ao ordenamento de um espaço canal, tipicamente de vias distribuidoras principais ou, eventualmente, locais.

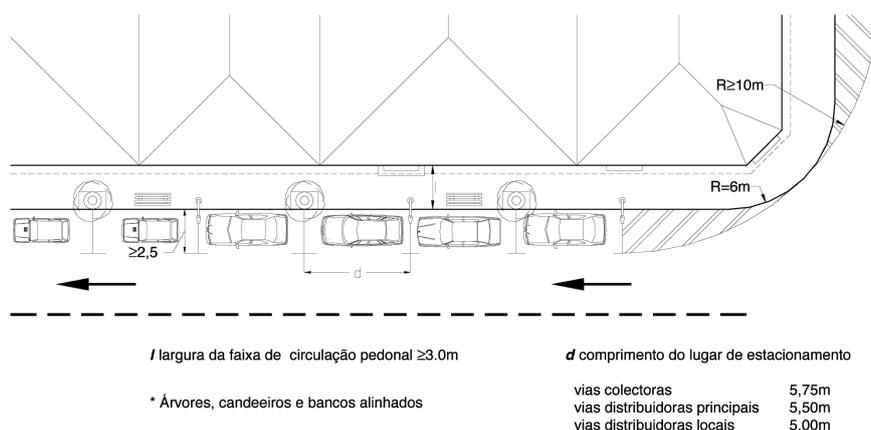


Figura 13 - Soluções Tipo de ordenamento do espaço canal

Note-se que se assumiu que o passeio, ao nível do mobiliário urbano, deverá acomodar uma fiada de candeeiros de iluminação pública, e que deverá ainda suportar a instalação de árvores.

Como é ilustrado, estes dois conjuntos de elementos deverão ser implantados ao nível de um mesmo alinhamento de modo a maximizar a largura útil disponível para a circulação pedonal, permitindo assim minimizar a sua largura bruta.

Note-se também que, como está exemplificado, os espaços entre árvores e candeeiros poderão ser utilizados para outras funções de suporte das actividades associadas à vivência urbana.

Na Figura 14 apresenta-se um outro exemplo de uma solução tipo relativa ao ordenamento de um espaço canal onde se assumiu que a largura total deste espaço era mais limitada sem que fosse desejável eliminar a função estacionamento ou deixar de introduzir os elementos de embelezamento vegetal.

Assim, apresenta-se uma solução em que as caldeiras das árvores são colocadas intercaladas com os espaços de estacionamento.

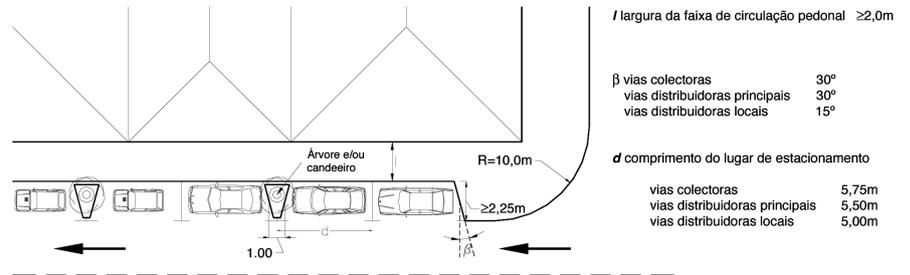


Figura 14 - Ordenamento de espaço canal com limitação de espaço

Note-se que, neste caso, a existência de elementos físicos entre os espaços de estacionamento aconselha fortemente a que nos extremos dos arruamentos se proceda ao alargamento dos passeios criando não apenas condições mais favoráveis à interligação com eventuais pontos de atravessamento da via, sempre desejável, mas criando também uma canalização do tráfego automóvel mais natural e segura.

Notem-se, finalmente, os pormenores construtivos associados à implantação das caldeiras, que se destinam por um lado a facilitar as manobras dos veículos e, por outro, a facilitar o processo de drenagem das águas pluviais de superfície.

23

3.3.4 - PORMENORES

Um dos problemas típicos dos circuitos pedonais é a sua falta de homogeneidade e continuidade que, de entre muitas outras razões, resultam muitas vezes do deficiente tratamento que é dado às transições entre zonas com diferentes perfis transversais do espaço canal.

Na Figura 15 apresenta-se um exemplo de uma transição adequada entre um perfil onde existe estacionamento ao longo para uma secção sem estacionamento.

Note-se a existência de uma continuidade na largura do espaço pedonal efectivamente posto à disposição do peão para circular, assumindo-se que alguns espaços são totalmente inúteis para este efeito, e a suavidade assumida para a sinuosidade de trajecto que é imposta ao peão, sendo que neste caso diferentes níveis de sinuosidade poderão ser aceitáveis dependendo do espaço disponível e da qualidade de serviço desejada.

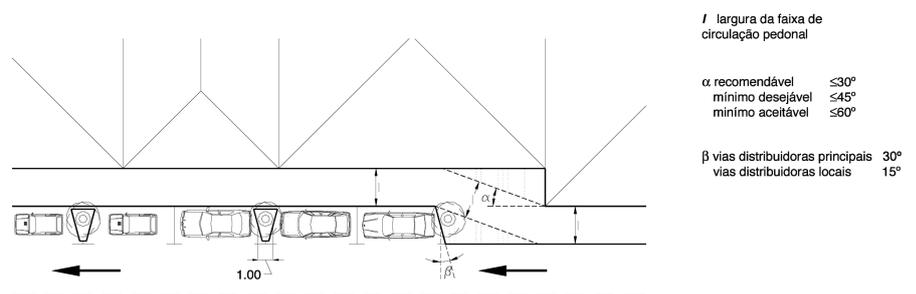


Figura 15 - Pormenor de transição entre perfis transversais diferentes

ser rebaixados os passeios e refúgios, de modo a facilitar o movimento dessas pessoas.

A atractividade também é um objectivo importante pois é necessário garantir que as pessoas efectuem o atravessamento no local próprio para o efeito e não noutra local. Para tal é necessário ter em atenção que a imposição de um local de atravessamento muito afastado do trajecto mais curto é de difícil aceitação por parte dos peões, principalmente se o perigo percebido não for elevado.

Um outro objectivo a atingir é a rapidez, pelo que se devem minimizar as demoras sofridas pelos peões, não se ignorando no entanto a existência de outros utilizadores com interesses antagónicos, o que conduz à adopção de soluções de compromisso.

Finalmente, devem-se tentar articular as várias redes de uma forma coerente, nomeadamente a rede pedonal, a rede viária e a rede de transportes públicos.

Assim, as travessias pedonais devem possuir um conjunto de atributos gerais que a seguir se enumeram:

- O local de atravessamento deve ser bem iluminado de forma que o peão consiga observar facilmente o movimento dos outros utilizadores e, por outro lado, a sua presença seja notada por eles;
- A travessia deve ser contínua, livre de obstruções e tendo, tendencialmente um número limitado de vias de tráfego para atravessar de uma só vez, particularmente se estas vias suportarem tráfego de sentidos opostos (no máximo 2 ou 4 consoante o caso);
- O tempo de espera para o atravessamento não deve ser excessivo, com um número de oportunidades de atravessamento adequado para que o peão não adopte comportamentos de risco com tempos de espera exagerados.

3.4.1 - TIPOLOGIAS DAS TRAVESSIAS PEDONAIS

O princípio básico subjacente ao funcionamento das travessias pedonais, baseado na segregação no espaço ou no tempo entre os peões e os veículos conflituantes, constitui um critério possível para a classificação das travessias pedonais. Deste modo no que diz respeito à segregação espacial as travessias pedonais podem ser de nível ou desniveladas e quanto à segregação temporal podem ser reguladas ou não por sinalização luminosa, o que conduz aos seguintes tipos de travessias pedonais.

25

3.4.1.1 - Travessias pedonais de nível

Com as travessias pedonais de nível procura-se em locais criteriosamente escolhidos disciplinar o comportamento de peões e condutores através de regras simples e claras de atribuição de prioridade aos movimentos conflituantes. Os atravessamentos são “atraídos” para esses locais, com manifesta vantagem em termos de segurança dos peões, à custa de uma aceitável incomodidade causada por um eventual alongamento do percurso. Por outro lado os condutores, ao identificarem esses locais, tomarão as precauções necessárias para evitar o atropelamento dos peões

As travessias de nível podem ter uma placa central de refúgio dos peões, permitindo-lhes que realizem o atravessamento em duas fases e consequentemente reduzindo a sua exposição ao risco.

- I. Travessias sem regulação por sinais luminosos (Figura 17), sendo a sua marcação executada por marcas M11 (zebra) e M11a (guias)¹, conforme se ilustra na Figura 18.

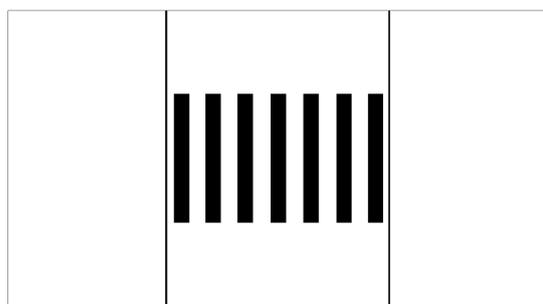
Trata-se de soluções de baixo custo, com a vantagem de ser formalizado o local de atravessamento, recomendando-se apenas no caso dos volumes

¹ Regulamento de Sinalização do Trânsito, Decreto Regulamentar nº 22-A/98 de 1 de Outubro

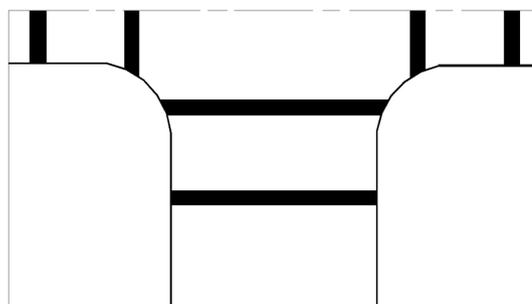
de peões e veículos não serem elevados e a velocidade dos veículos não ser alta. Se o volume de peões for elevado e contínuo ao longo do tempo, e uma vez que estes têm prioridade no atravessamento, poderá haver uma redução drástica na capacidade da via e perigo potencial de ocorrência de acidentes “frente-traseira”.



Figura 17 - Exemplos de travessias sem regulação



M11 - Passagem para peões



M11a - Passagem para peões

Figura 18 - Marcas rodoviárias em travessias (Fonte: DR - 22-A/98)

II. Travessias reguladas por sinais luminosos (Figura 19) onde, concentrando os peões num único local, há uma definição clara do comportamento adequado de condutores e peões determinado pelas cores convencionais dos sinais luminosos que lhes são transmitidas, definindo os períodos de tempo em que lhes é ou não permitido avançar. Em comparação com a solução anterior, envolve custos de instalação e manutenção superiores e a sua eficácia dependerá do programa de regulação dos sinais luminosos adoptado. A descrição pormenorizada deste tipo de travessia é realizada adiante.



Figura 19 - Exemplo de uma travessia regulada por sinais luminosos

3.4.1.2. - Travessias pedonais desniveladas

Com as travessias pedonais desniveladas pretende-se evitar qualquer conflito entre veículos e peões à custa da realização de atravessamentos por cima ou por baixo da faixa de rodagem.

A sua real utilização voluntária depende em boa parte da avaliação feita pelos peões entre o ganho previsível de segurança e o esforço adicional requerido para efectuar o atravessamento.

Na Figura 20 relaciona-se a percentagem, **P**, de peões que usa a travessia desnivelada com o quociente, **R**, entre o tempo de percurso através da travessia desnivelada e o tempo de percurso gasto se o atravessamento fosse de nível. Assim, pode observar-se que, por exemplo, se os tempos de percurso forem iguais ($R=1$), 95% dos peões usariam provavelmente a passagem inferior e 70% a passagem superior. Por outro lado, praticamente ninguém usaria a travessia desnivelada, fosse ela superior ou inferior, se o tempo de percurso fosse superior a 50% do tempo gasto no atravessamento de nível ($R=1.5$). Esta preferência pelas passagens inferiores pode ser explicada, se for excluído o efeito da segurança pessoal, por um lado pela menor diferença de nível entre os planos das duas passagens que se cruzam e, por outro lado, porque é preferível, em termos psicológicos, começar por descer e depois subir do que fazer ao contrário.

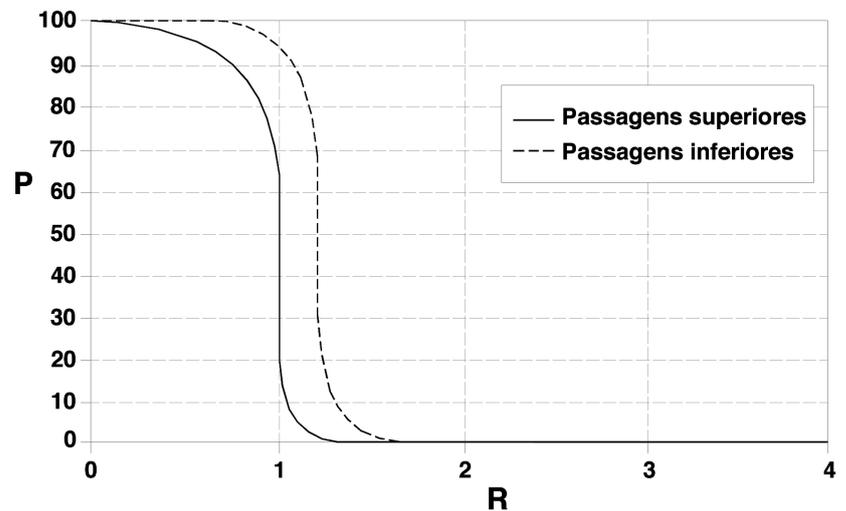


Figura 20 - Atractividade das passagens desniveladas (Adaptado de ITE, 1994)

- I. Passagens superiores (Figura 21) em que o atravessamento pedonal se faz a um nível superior ao da faixa de rodagem onde circulam os veículos. Tal pode ser obtido mantendo a plataforma da estrada e construindo a passagem superior para os peões e respectivos acessos, ou rebaixando a faixa de rodagem e mantendo aproximadamente de nível a circulação dos peões. Em ambos os casos ter-se-á de garantir um desnível de cerca de 5,5 metros a fim de possibilitar a passagem de veículos pesados de caixa alta.



Figura 21 - Exemplo de uma passagem superior (Fonte: HMSO, 1987)

II. Passagens inferiores (Figura 22) em que o atravessamento pedonal se faz a um nível inferior ao da faixa de rodagem. Em geral, apesar de se necessitar de garantir apenas um desnível de cerca de 3 metros, são mais caras e apresentam problemas de segurança pessoal, em particular nos períodos do dia com volumes baixos de peões e à noite.



Figura 22 - Exemplo de uma passagem inferior (Fonte: HMSO, 1987)

Em qualquer tipo de travessia (de nível ou desnivelada) deve ser dada uma especial atenção aos peões de mobilidade condicionada, adoptando-se as medidas adequadas que facilitem a sua utilização, segundo o estabelecido no Decreto-Lei n.º 163/2006, de 8 de Agosto.

É o caso, por exemplo, da construção de rampas com declives adequados, ou do rampeamento dos passeios para facilitar o acesso à travessia por parte das cadeiras de rodas dos deficientes motores, ou dos elementos tácteis no pavimento para o guiamento dos invisuais.

3.4.2 - CRITÉRIOS DE ESCOLHA DAS TRAVESSIAS PEDONAIS

Qualquer que seja o tipo e a localização da travessia pedonal, a sua formalização depende de vários factores que envolvem por um lado o custo de instalação e manutenção e por outro os benefícios que são esperados obter em termos de segurança, comodidade e eficiência.

Em geral deverá ser considerada a instalação de uma travessia pedonal, quando se verificar uma das seguintes condições:

- I. Se houver atravessamentos significativos não formalizados ao longo de um comprimento apreciável (superior a 100 metros) da faixa de rodagem que colocam em perigo a integridade física dos peões e/ou obrigam a constantes interrupções da circulação automóvel, pelo que a concentração dos atravessamentos num único local contribuirá para uma melhor gestão do tráfego nessa zona;
- II. Há um número elevado de conflitos entre veículos e peões, tendo estes menos de uma oportunidade de atravessamento por minuto;
- III. Há um importante pólo gerador de peões, em particular se se tratar de escolas, hospitais e lares da 3ª idade.

Outros critérios aplicáveis baseiam-se nos factores que condicionam o desempenho da travessia, nomeadamente, os atrasos de veículos e peões, a velocidade dos veículos, os volumes de peões e veículos, os intervalos de tempo entre veículos, o número de acidentes e ou conflitos graves, a protecção de crianças ou idosos, a continuidade do percurso pedonal, etc.

Porém, qualquer que seja o motivo do recurso a uma travessia pedonal, ela deve ser localizada onde seja fácil a sua identificação pelos interessados (peões e condutores) e de forma a permitir que todas as classes de peões, em especial, conforme atrás referido, os de mobilidade condicionada a possam utilizar de uma forma segura e confortável, sem penalização excessiva das necessidades de circulação dos veículos.

A escolha do tipo de solução a adoptar não depende apenas de um critério, mas antes de uma combinação de vários conjugados, com uma cuidadosa apreciação da situação baseada na experiência e conhecimentos técnicos do responsável pela sua implementação. Os indicadores utilizados para a escolha da travessia pedonal a adoptar traduzem, em geral, o nível de conflito entre o veículo e o peão e a sinistralidade, sendo considerados os volumes dos peões e dos veículos conflituantes, e o número médio de acidentes ocorridos durante um certo período de tempo.

Uma primeira regra de abordagem consiste em ter em conta a classe do arruamento onde se localizará, conforme se mostra no Quadro 5, onde se apresenta com carácter indicativo o mérito da solução para as combinações da classe de arruamento e tipo de travessia.

Quadro 5 - Tipo de travessia função da classe do arruamento
(Adaptado de Austroads, 1988)

Classe da Estrada	Tipo de Travessia	Travessia Desnívelada	Travessia de Nível	
			Zebra	Sinais Luminosos
Colectoras		I	na	II
Distribuidoras Principais		II	II	I
Distribuidoras Locais		na	I	II
Acesso Local		na	I	na

I - normalmente recomendável; II - às vezes recomendável;
III - normalmente não recomendado; na - não aplicável

Note-se que se os princípios básicos subjacentes à definição dos critérios de selecção das tipologias de atravessamento pedonal são bastante consensuais, já relativamente à forma de quantificação e aplicação existem diferenças não desprezáveis entre as Escolas dos diferentes países.

Na Figura 23 apresentam-se as regras básicas seguidas na Grã-Bretanha, onde a selecção das tipologias de atravessamento pedonal de nível se faz parcialmente em função do indicador de exposição dado pelo produto PV^2 onde **P** representa o débito horário de peões que pretende atravessar a faixa

de rodagem numa extensão de 100 metros centrada no local previsto para a travessia e **V** é o volume horário dos veículos no conjunto dos 2 sentidos. Estes valores referem-se à média das 4 horas do período de ponta, formalizando-se a travessia se o valor de **PV²** for superior a 10⁸. No caso de existir separador central de refúgio de peões aquele limite passa para 2x10⁸.

As travessias tipo "Zebra" apenas devem ser consideradas em locais onde a velocidade dos veículos seja inferior a 50 km/h.

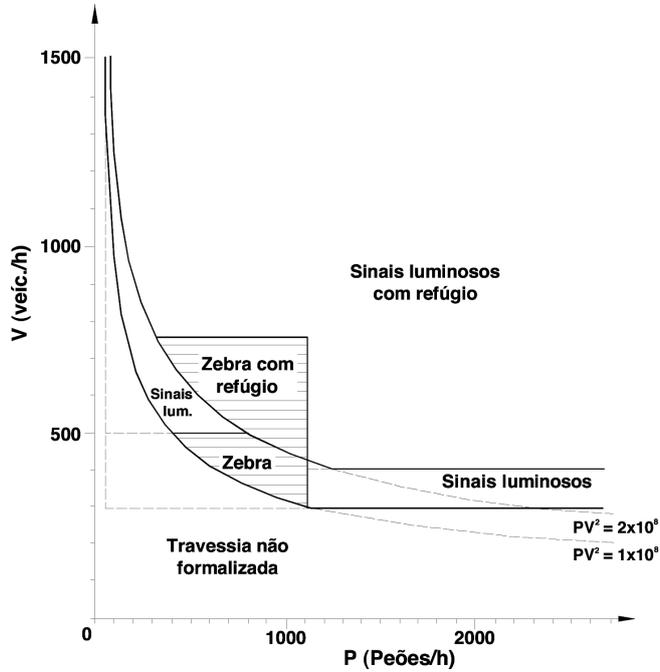


Figura 23 - Critério UK de aplicação de travessias pedonais (HSMO, 1987)

30

Por outro lado, o ITE recomenda que em determinadas condições não é necessária a instalação de travessias formalizadas, tais como, volumes de peões na hora de ponta muito baixos (< 25 peões/hora em 4 horas) ou quando o volume de tráfego de veículos é muito baixo (TMDA < 2000 veíc./dia). Nas restantes situações, o ITE recomenda a utilização do gráfico da Figura 24 para decidir da necessidade de instalação de uma travessia pedonal.

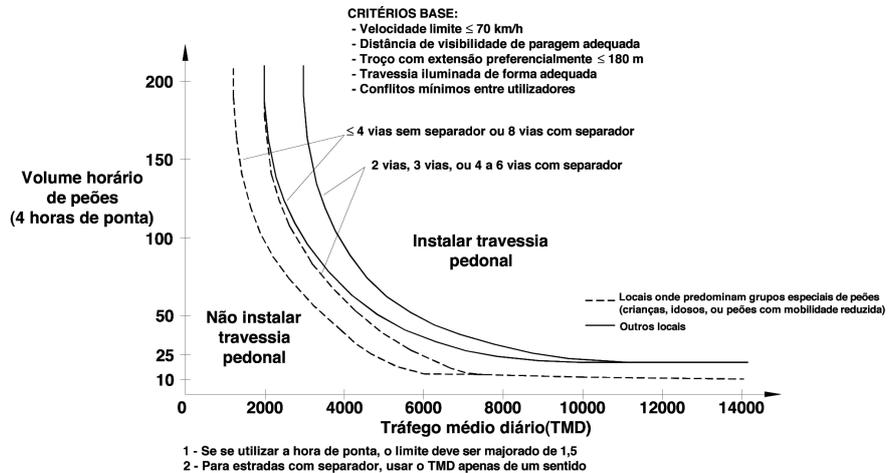


Figura 24 - Critério ITE de instalação de travessias pedonais (ITE, 1998)

Segundo as Normas Australianas, a adopção de uma travessia pedonal semaforizada fora dos cruzamentos requer que se verifique uma das seguintes condições:

I. Volume de peões superior a 350 peões/h e volume de veículos superior a 600 veic/h no conjunto dos 2 sentidos, ou 1000 veic/h no caso de existir uma placa central de refúgio para peões. Estes valores devem observar-se num período de 3 horas de um dia normal da semana.

II. Para cada uma das 8 horas de um dia normal:

- Volume de peões superior a 175 peões/h;
- Volume de veículos superior a 600 veic./h em ambos os sentidos ou 1000 veic./h no caso de existir separador central de refúgio de peões;
- Não existir outra travessia pedonal nas proximidades.

III. Em frente a uma escola se em 2 períodos distintos de 1 hora de um dia normal de aulas ocorrer simultaneamente:

- Volume de peões superior a 50 peões/h;
- Volume de veículos superior a 600 veic./h;
- Produto do volume de peões pelo volume de veículos superior a 40000 peões x veic./h.

IV. A travessia existente não semaforizada tem um nível de perigosidade elevado devido ao comprimento do atravessamento, ou a velocidades ou volume de tráfego elevados.

V. Na travessia pedonal existente não semaforizada ou próximo dela, tiverem ocorrido 2 ou mais acidentes em 3 anos, susceptíveis de serem evitados com sinalização luminosa.

VI. Na travessia pedonal existente a simultaneidade de volumes elevados de peões e veículos provocar atrasos excessivos aos veículos.

Para além destas condições recomenda-se a instalação de sinais luminosos em travessias pedonais sempre que estejam localizadas próximo de importantes pólos geradores de tráfego de peões ou que haja necessidade de proteger peões com características especiais (peões de mobilidade reduzida, motores, crianças, idosos, etc.).

31

Segundo as Normas Americanas, a adopção de travessias desniveladas justifica-se se no período de ponta de 4 horas o volume de peões for superior a 300², e o volume de veículos exceder 10000 ou o tráfego médio diário (TMD) for maior do que 35000 veic./dia. No que respeita à velocidade média dos veículos ela deve ser superior a 60 km/h. Por outro lado não deverá existir a uma distância de 200 m qualquer travessia pedonal que possa ser utilizada em absolutas condições de segurança (semaforizada ou desnivelada).

3.4.3 - SOLUÇÕES DE APOIO AO PEÃO

Existem vários tipos de soluções que, sem lhe atribuírem prioridade, permitem ao peão efectuar o atravessamento de uma via com maior segurança, através da realização de alterações à geometria das vias, visando reduzir a velocidade dos veículos e/ou o tempo de exposição dos peões, bem como identificar o local adequado para o atravessamento quer através da utilização de sinais sonoros, quer através de pavimentos diferenciados.

3.4.3.1 - Redução do raio das curvas (curvas de raios múltiplos)

Este tipo de solução tem como objectivo reduzir a velocidade dos veículos e o tempo de exposição dos peões, uma vez que proporciona uma diminuição do comprimento de atravessamento. Na sua implementação é necessário verificar se as necessidades de manobrabilidade dos veículos pesados são satisfeitas e, em alguns casos, é útil prever protecções que previnam o galgamento

² No caso de vias rápidas o volume de peões nas 4 horas deve ser superior a 100

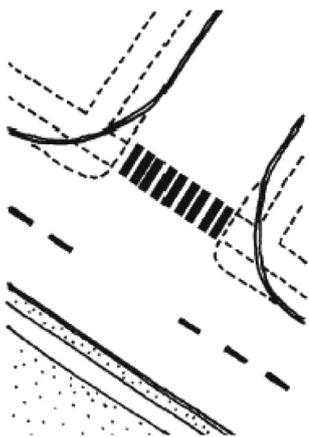


Figura 25 - Redução do raio nas curvas

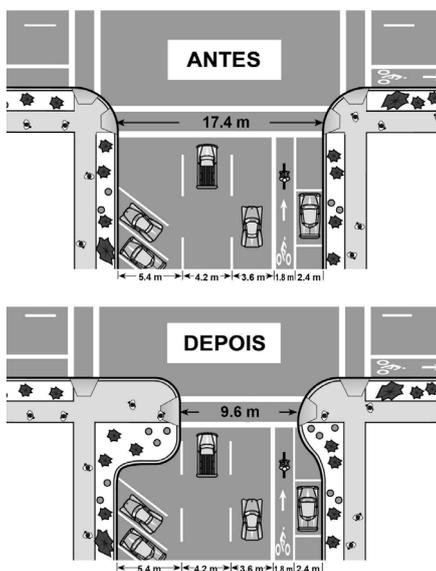


Figura 26 - Alargamento de passeios em cruzamentos

propositado dos passeios. Convém também verificar eventuais problemas com a redução da capacidade viária, causados por estacionamento ilegal.

Na Figura 25 apresenta-se o efeito da redução do raio na extensão do atravessamento, proporcionando uma menor exposição do peão quando o raio da curva é mais pequeno.

3.4.3.2 - Prolongamento do Passeio

É um tipo de solução (Figura 26) que vai reduzir o comprimento do atravessamento e baixar a velocidade dos veículos. O número de lugares de estacionamento oferecido diminui e tende a reduzir a existência de estacionamento ilegal, pois torna-o mais evidente. Por outro lado é criada uma área adicional, que embora favorável à acumulação de água e lixo, pode ser utilizada para local de espera dos peões e melhorar a sua visibilidade.

O esquema representado na Figura 27 tem as dimensões que podem ser utilizadas na implementação desta solução. No caso de a via de estacionamento ser utilizada como via adicional nas horas de ponta, não é possível utilizar este tipo de solução.

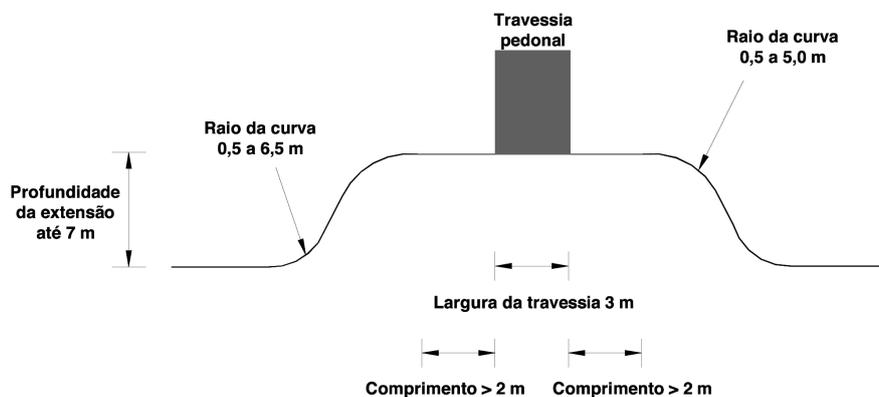


Figura 27 - Extensão do passeio nas travessias pedonais

Em determinadas situações será necessário proteger o espaço do passeio recorrendo à utilização de obstáculos (Figura 28), impossibilitando deste modo que os veículos estacionem em cima do passeio.

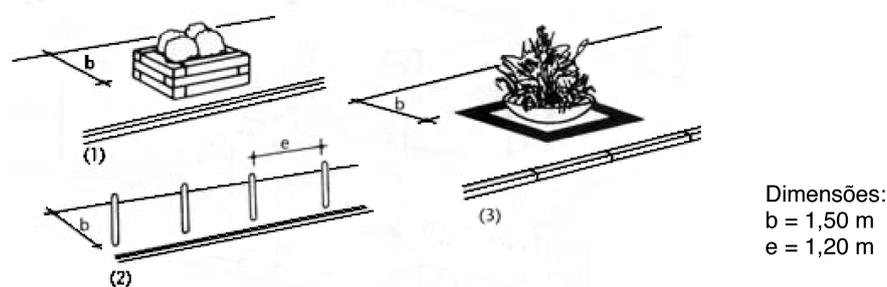


Figura 28 - Obstáculos para impedir o estacionamento (Fonte: CROW, 1998)

3.4.3.3 - Tratamento/Sobreelevação das superfícies de atravessamento

As zonas de atravessamento podem sofrer um tratamento superficial através da utilização de um material diferenciado que contraste com o pavimento alertando, deste modo, os condutores para a existência de peões. Em vias de pouca importância para os veículos, tais como vias de acesso local ou vias distribuidoras locais (e, em casos excepcionais, mesmo em vias distribuidoras principais), poderá ser interessante manter a cota dos passeios ao longo da zona de

atracessamento pedonal, obrigando-se deste modo os veículos a galgar um pequeno desnível e a circular com velocidades reduzidas.

3.4.3.4 - Refúgio de peões

A criação de uma placa central de refúgio para peões deve ser considerada em ruas com 4 ou mais vias, ou tendo os veículos velocidade elevada e quando o volume de peões for significativo ou, em particular, se existirem peões com mobilidade reduzida. Nestes casos o atravessamento passa a ser feito em duas fases, transformando uma faixa com dois sentidos em duas faixas com um único sentido. Igualmente a velocidade dos veículos sofrerá uma redução e haverá uma diminuição da distância de atravessamento com exposição aos veículos. É um tipo de solução que permite simplificar e tornar mais seguro o atravessamento criando uma área de espera para os peões tornando-os mais visíveis e, por outro lado, melhorando as suas condições de visibilidade sem consequências ao nível da prioridade do tráfego viário e com poucas alterações ao nível da capacidade.

A adopção desta solução exige espaço disponível na faixa de rodagem e pode provocar uma acumulação de lixo e água no local. As correntes de tráfego ficam mais próximas e os peões podem ter um falso sentido de segurança, podendo mesmo aumentar o perigo de acidente no caso da visibilidade da placa ser deficiente.

Os refúgios de peões (Figura 29) devem obedecer, sempre que possível, às seguintes recomendações:

- Comprimento mínimo de 3 metros
- Largura desejável 2,00 m e mínima de 1,20m de modo a garantir protecção adequada aos peões;
- Existência de sinal vertical de contorno de obstáculo;
- Existência de uma boa iluminação do local;
- Verificação das necessidades de manobra dos veículos pesados:
 - Largura das faixas de rodagem $\geq 3,00$ m;
 - Junto aos cruzamentos afastar $\geq 3,00$ m da linha de cedência de prioridade;
- Não colocação junto a paragens de BUS, pois pode impedir as ultrapassagens, provocando assim um possível bloqueio da via;
- Eventualmente dever-se-á proibir o estacionamento na zona;
- Pode ser instalada isoladamente ou em conjunto com passadeiras ou semáforos.

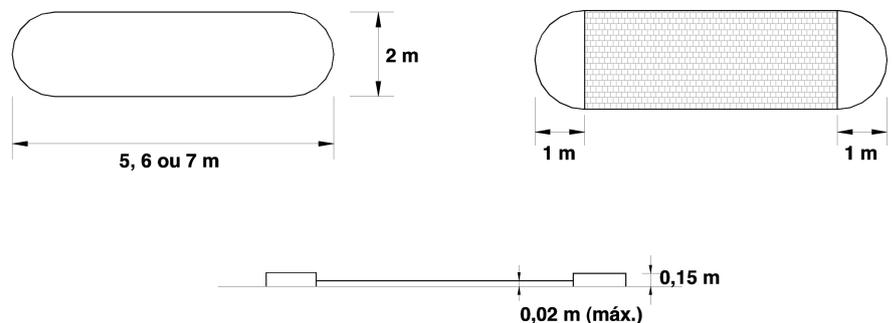


Figura 29 - Refúgio para peões (Fonte: Marques, 1994)

3.4.3.5 - Pormenores construtivos de protecção aos peões

Com o intuito de proteger os peões mais desfavorecidos, principalmente deficientes, crianças e idosos, existem alguns pormenores construtivos que podem e devem ser considerados. Esses pormenores são os seguintes:

- Rebaixamento dos passeios, de modo a facilitar o movimento dos peões de mobilidade reduzida;
- Utilização de sinais sonoros nos sinais luminosos para informar os invisuais;
- Utilização de elementos tácteis para guiamento e alerta dos invisuais;
- Instalação de guardas para canalização dos movimentos dos peões a uma distância de 0,5 m da berma, de modo a evitar toques dos veículos;
- Garantia de que as guardas ou outros elementos não limitam a visibilidade;
- Trajectos com canalização o mais próximos possível dos trajectos naturais dos peões;
- Boa iluminação dos locais;
- Aplicação de materiais anti-derrapantes em zonas onde existam problemas de aderência com o piso molhado.

3.4.4 - PASSADEIRAS DE NÍVEL TIPO "ZEBRA"

A geometria das passadeiras ou zebras (Figura 30) deve ser o mais uniforme possível. A materialização deste tipo de travessias é feita com o recurso a sinalização vertical (sinal H7-Passagem para peões, do Regulamento de Sinalização do Trânsito - RST, colocado junto à travessia) e horizontal (Marca M11³-Passagem para peões e Marca M9-Linha de cedência de passagem do RST).

É um tipo de solução relativamente barata de instalar e manter, no entanto alguns condutores não as respeitam, agravando-se esse desrespeito com o aumento dos níveis e velocidades do tráfego motorizado, o que pode trazer repercussões ao nível da sinistralidade. É um tipo de travessia que deve ser utilizada apenas quando se puder garantir velocidades que não excedem os 50 km/h, sendo sempre preferível que a velocidade dos veículos seja inferior.

Por outro lado em zonas em que o fluxo de tráfego pedonal é muito elevado, nomeadamente junto a estações de caminhos-de-ferro, centros comerciais, entre outros, o elevado número de atravessamentos poderá reduzir muito significativamente a capacidade da via para os veículos.

As características a conferir às passadeiras são as seguintes:

Largura normal da passagem de 4,0 m, podendo esse valor baixar para valores da ordem dos 2,5 a 3,0 m nos casos em que as velocidades dos veículos sejam baixas, os volumes de peões sejam também baixos ou existam restrições físicas inultrapassáveis;

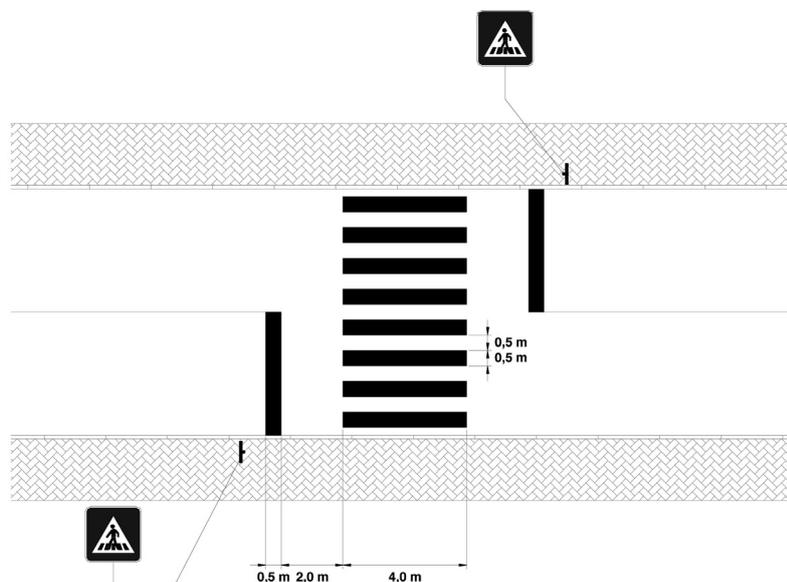


Figura 30 - Passadeira tipo "Zebra"

³ A Marca M11a que também significa passagem de peões deve ser utilizada quando a travessia é semaforizada.

- A linha de cedência de passagem deve ficar colocada a uma distância da passadeira entre 1,5 e 2,0 m;
- O sinal vertical de passagem de peões deve estar colocado junto à linha de cedência de passagem. Nos casos em que a visibilidade da passagem para peões não seja a ideal ou se existir alguma sinistralidade, deve ser colocado um sinal de perigo (sinal A16a-Passagem de peões do RST) afastado da passadeira a uma distância entre 150 e 300 m;
- Garantir que a passagem para peões fique localizada num local com boa visibilidade, de modo a que peões e condutores se possam ver mutuamente;
- Proibir o estacionamento e as ultrapassagens junto à passadeira;
- Se necessário e adequado, prever mecanismos físicos na aproximação que provoquem redução da velocidade, como por exemplo bandas cromáticas;
- Nas situações em que o comprimento de atravessamento for superior a 10 m, considerar a implementação de um refúgio central.

3.4.5 - TRAVESSIAS REGULADAS POR SINAIS LUMINOSOS

As travessias pedonais reguladas por sinais luminosos podem existir quer integradas nos planos de regulação que gerem o tráfego nos cruzamentos semaforizados, quer afastada dos cruzamentos numa secção corrente da faixa de rodagem, sendo a fase destinada ao avanço dos peões obtida em geral a pedido destes.

3.4.5.1 - Travessias pedonais fora dos cruzamentos

A geometria da travessia pedonal regulada por sinais luminosos em locais fora dos cruzamentos depende principalmente do comprimento do atravessamento e, portanto, da existência ou não de placa central de refúgio dos peões. Na Figura 31 mostram-se esquematicamente as travessias alinhadas com e sem separador onde o atravessamento deverá ser tanto quanto possível contínuo, e as travessias enviesadas à direita e à esquerda, sendo que o primeiro tipo é preferível ao segundo pois os peões ao percorrerem a placa central encaram de frente os veículos.

35

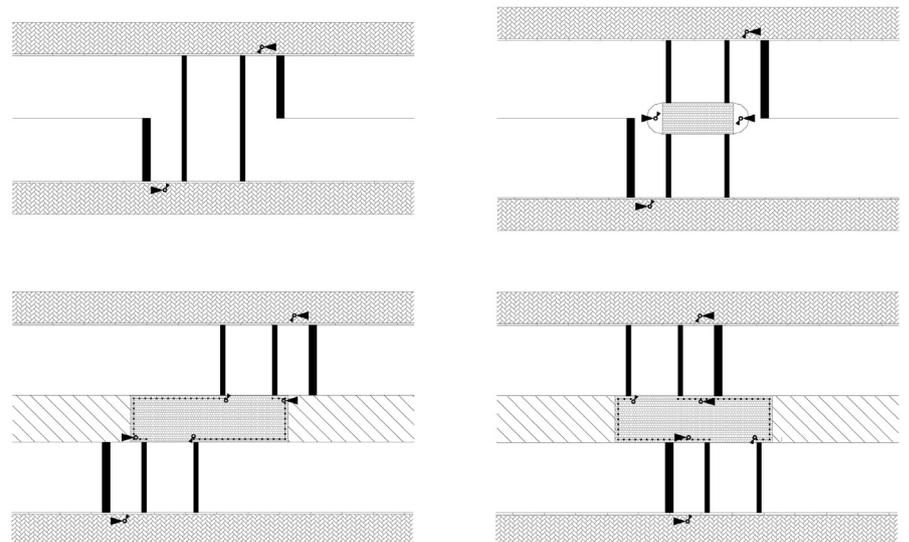


Figura 31 - Exemplos de travessias reguladas por sinais luminosos fora dos cruzamentos (Fonte: Adaptado HMSO, 1987)

No que respeita à regulação dos sinais luminosos, embora a temporização possa, em certos casos, ser de tempos fixos, é mais comum dispor-se de um comando actuado onde a fase de peões é activada a pedido, apenas quando supostamente é necessária.

A regulação dos sinais luminosos típica é representada na Figura 32 e Quadro 6 onde se mostra a sequência e duração dos diferentes estados do sinal luminoso transmitido aos condutores e peões

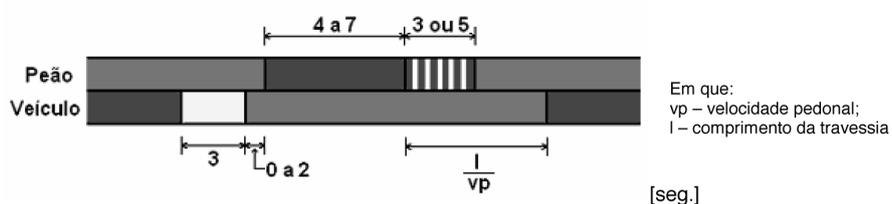


Figura 32 - Plano de regulação dos sinais luminosos

Quadro 6 - Sequência das indicações luminosas

PEÃO	VEÍCULO	AÇÃO
Vermelho	Verde	Avanço dos veículos
Vermelho	Amarelo	Aviso de mudança de sinal para os veículos
Vermelho	Vermelho	Tempo de limpeza veículos/peões
Verde	Vermelho	Avanço dos peões
Verde Intermitente	Vermelho	Incluído no tempo de limpeza. Não permissão aos peões de início da marcha
Vermelho	Vermelho	Tempo de limpeza peões/veículos

O tempo de verde da fase pedonal varia geralmente entre os 4 e os 7 segundos, a fim de que os peões que tenham chegado no vermelho disponham de tempo suficiente para reagir à abertura do verde e iniciar o atravessamento. Entre o fim do tempo de verde fixo para os peões e o início do tempo de verde para os veículos existe um intervalo de tempo designado por tempo de limpeza destinado a permitir que o peão que tenha iniciado o atravessamento no fim desse tempo de verde disponha de tempo suficiente para o completar antes da abertura do sinal verde para os veículos. Este tempo de limpeza é dado pelo tempo gasto a percorrer o comprimento do atravessamento à velocidade do peão, cujo valor varia entre 1.0 m/s e 1.2 m/s, embora a legislação portuguesa⁴ destinada aos cidadãos de mobilidade condicionada imponha outros valores de difícil aplicação prática.

3.4.5.1.1 Atravessamentos do tipo "Pelican"

Os atravessamentos do tipo "Pelican" constituem a solução de travessia pedonal fora de intersecções mais disseminada no Reino Unido. Foi introduzida pela primeira vez em 1969 tendo em 1979 o "Department of Transport" autorizado as entidades locais a instalar este tipo de atravessamento sem a sua autorização prévia. Este facto permitiu a sua rápida difusão estimando-se que actualmente estejam em operação, no Reino Unido, mais de 11000 atravessamentos deste tipo (Davies, 1999).

A utilização deste tipo de travessias deve ser sustentada por uma análise estruturada que contempla vários aspectos relevantes delineada na Local Transport Note 1/95 (HMSO, 1995).

⁴ Decreto-Lei 123/97 de 22 de Maio

Estas soluções recorrem a sinalização luminosa colocada nos pontos extremos das travessias atribuindo aos peões um período fixo de atravessamento o qual é apenas activado pelo accionamento de botoneiras. No final da fase de atravessamento dos peões a indicação fornecida a estes altera-se de verde para verde intermitente (ver Quadro 7). Os automóveis dispõem do clássico sistema de três luzes para controlar os seus movimentos, sendo incluída uma fase de amarelo intermitente que se inicia durante o período de verde intermitente dos peões e que permite a estes avançar se todos os peões já tiverem completado a travessia.

É de salientar que as indicações fornecidas aos peões (vermelho, verde e verde intermitente) são meramente indicativas não constituindo, por conseguinte, os atravessamentos no decorrer do vermelho para os peões um acto ilegal.

As versões mais recentes monitorizam o tráfego automóvel recorrendo habitualmente a detectores do tipo microondas. Deste modo, se não se registar movimento automóvel a fase pedonal pode ser concedida de forma mais célere à custa da diminuição do período destinado ao movimento automóvel.

Quadro 7 - Ciclo e temporizações dos atravessamentos "Pelican"

período	utilização	parâmetros de variação	informação luminosa		temporização (segundos)
			peões	veículos	
A	período de movimento automóvel	volume de tráfego	peão vermelho imóvel (aguarde)	verde fixo (continue se a via estiver desimpedida)	20 a 60 (tempos fixos)
					6 a 60 (actuado)
B	aviso standard de paragem aos veículos	nenhum	peão vermelho imóvel	amarelo fixo (pare a não ser que seja inseguro imobilizar o veículo)	3
C	período de limpeza automóvel	actuação dos veículos	peão vermelho imóvel	vermelho fixo (pare e aguarde atrás da barra de paragem na faixa de rodagem)	1 a 3
D	convite ao atravessamento	largura da via, peões deficientes, travessias com refúgio central	peão verde em movimento com sinal audível se existente (atravesse com precaução)	vermelho fixo	4 para $\leq 7,5m$
					5 para $7,5 < l \leq 10,5m$
					6 para $10,5 < l \leq 12,5m$
					7 para $l > 12,5m$
E	aviso aos peões para desimpedir a via e não atravessarem, veículos permanecem imobilizados, a utilizar em atravessamentos divididos	condições locais	peão verde em movimento intermitente (não inicie o atravessamento)	vermelho fixo	0 ou 2
F	idêntico ao período anterior mas com os veículos autorizados a prosseguir se a via estiver liberta de peões	largura da via	peão verde em movimento intermitente (não inicie o atravessamento)	amarelo intermitente (ceda prioridade aos peões no atravessamento - eles são prioritários)	6 mais 1 segundo adicional por cada 1,2m acima de 6m com um máximo de 18 seg.
G	tempo de limpeza adicional precedendo o período de movimento automóvel	largura da via	peão vermelho imóvel	amarelo intermitente	1 para $\leq 10,5m$
					2 para $l > 10,5m$

Nota: O período D poderá ser incrementado em 2s caso existam dificuldades no atravessamento.

3.4.5.1.2 Atravessamentos do tipo "Puffin"

Os atravessamentos do tipo "Puffin" foram desenvolvidos no decorrer da década de 90 com o intuito de ultrapassar alguns inconvenientes revelados pelos "Pelican" (Davies, 1999). Apesar de alguns problemas de fiabilidade do equipamento utilizado, existe a convicção de que este tipo de travessia deverá substituir as "Pelican". Podem ser instalados pelas autoridades locais sem anuência do Governo desde Dezembro de 1997. As desvantagens das "Pelican" que são referidas são as seguintes:

- Tempo de atravessamento inadequado para utilizadores mais lentos;
- O verde intermitente revelou-se confuso o que provoca ansiedade nalguns casos;
- Atrasos desnecessários para os veículos quando o peão que solicita a travessia consegue atravessar antes de lhe ser concedido o período de verde ou o faz rapidamente;
- Demoras excessivas para os peões devido ao tempo mínimo entre fases pedonais.

Em termos práticos, as travessias do tipo "Puffin" são semelhantes às anteriores mas recorrem à utilização de detectores pedonais o que lhes permite uma gestão mais flexível do tempo concedido a cada modo de transporte, diminuindo assim as demoras desnecessárias. A fase pedonal de atravessamento é igualmente iniciada pelo accionamento de botoneiras sendo, no entanto, confirmada por um ou mais detectores pedonais. Os detectores utilizados são de dois tipos: detectores de passeio e detectores de atravessamento. Os primeiros têm como função assinalar a presença de peões numa zona que supostamente indicia a sua intenção de efectuar o atravessamento. Estes detectores podem anular o pedido efectuado através da botoneira no caso de o peão ter efectuado a travessia aproveitando um intervalo na corrente de tráfego. O segundo tipo de detectores destina-se a verificar a existência de peões a efectuar o atravessamento podendo-se, deste modo, e caso seja necessário incrementar o tempo de limpeza destinado a esta fase.

Na Figura 33 encontra-se um atravessamento do tipo "Puffin" sendo visíveis os detectores do tipo microondas (no topo do poste semafórico) para a zona de atravessamento e automóveis bem como o detector de presença do tipo tapete de pressão (de cor escura) na zona de espera da travessia.

As travessias do tipo "Puffin" ao contrário das "Pelican" não têm a fase de amarelo intermitente evitando-se assim a confusão e ansiedade que a existência desta fase causava a alguns utilizadores. No Quadro 8 indicam-se as temporizações e sequências de fases preconizadas neste caso.



Figura 33 - Atravessamento do tipo "Puffin" no Reino Unido (fonte: Davies, 1999)

Quadro 8 - Ciclo e temporizações dos atravessamentos “Puffin”

período	utilização	parâmetros de variação	informação luminosa		temporização (segundos)
			peões	veículos	
1	período de movimento auto-móvel	volume de tráfego	peão vermelho imóvel (aguarde)	verde fixo (continue se a via estiver desimpedida)	20 a 60 (tempos fixos) 6 a 60 (actuado)
2	amarelo fixo para os veículos	nenhum	peão vermelho imóvel	amarelo (pare a não ser que seja inseguro imobilizar o veículo)	3
3	período de limpeza automóvel	actuação dos veículos	peão vermelho imóvel	vermelho (pare e aguarde atrás da barra de paragem na faixa de rodagem)	1 a 3
4	convite ao atravessamento	largura da via, peões deficientes, travessias com refúgio central	peão verde em movimento com sinal audível se existente (atravesse com precaução)	vermelho	4 para $l \leq 7,5m$ 5 para $7,5 < l \leq 10,5m$ 6 para $10,5 < l \leq 12,5m$ 7 para $l > 12,5m$
5	os peões não devem iniciar o atravessamento	tipo de detector	peão vermelho imóvel (não inicie o atravessamento)	vermelho	1-5
6	finalização do tempo de atravessamento	largura da via	peão vermelho imóvel	vermelho	0-22 (período pedonal extensível)
7	tempo adicional de limpeza para os peões	detecção pedonal	peão vermelho imóvel	vermelho	0-3 (valor máximo apenas se os peões continuam a ser detectados)
8	tempo adicional de limpeza para os peões	alteração do intervalo na corrente pedonal	peão vermelho imóvel	vermelho	0-3 (apenas activado para variações no intervalo de peões)
9	aviso de iminência de verde aos veículos	nenhum	peão vermelho imóvel	vermelho e amarelo (pare)	2

Nota: O período 4 poderá ser incrementado em 2s caso existam dificuldades no atravessamento.

Conforme consta do Quadro 8 a duração dos períodos **6**, **7** e **8** está dependente da procura pedonal assinalada pelos detectores presentes para o efeito. Deste modo, este tipo de soluções torna a gestão do tempo mais flexível reduzindo as demoras para todos os utilizadores e aumentando simultaneamente a segurança do atravessamento.

3.4.5.1.3 Atravessamentos do tipo “Toucan”

Os atravessamentos do tipo “Toucan” são similares aos “Puffin” anteriormente descritos tendo, no entanto, como objectivo especial permitir o atravessamento conjunto de peões e ciclistas numa mesma zona da via. É de realçar que no Reino Unido não é permitido aos ciclistas a utilização das travessias do tipo “Zebra” ou “Pelican”.

Este tipo de atravessamento recorre à mesma forma de detecção automóvel incorporado nos tipos “Pelican” e “Puffin” e normalmente ao mesmo tipo de detector de atravessamento presente no tipo “Puffin” sendo a infra-estrutura adaptada a poder acomodar os dois modos de transporte.

A receptividade dos utilizadores a este tipo de soluções tem sido elevada nos dois grupos de utilizadores não se tendo registado problemas de segurança para os peões (Davies, 1999). À semelhança dos atravessamentos do tipo "Puffin" têm-se registado alguns problemas ao nível da fiabilidade do equipamento. Existiam à data da publicação (1999) mais de 200 atravessamentos deste tipo no Reino Unido.

No Quadro 9 encontra-se descrito o modo de operação desta solução. À semelhança dos atravessamentos "Puffin" também aqui estamos perante um modo de operação que apresenta alguma maleabilidade para fazer face às flutuações da procura pedonal como é notório nos períodos VI e VII.

Na Figura 34 encontra-se uma planta esquemática de um atravessamento do tipo "Toucan" em Cambridge, UK sendo de destacar o equipamento de detecção instalado para os três modos de transporte (peão, bicicleta e automóvel), bem como o facto de serem instaladas botoneiras diferentes para peões e ciclistas.

Quadro 9 - Ciclo e temporizações dos atravessamentos "Toucan"

período	utilização	Parâmetros de variação	informação luminosa		Temporização (segundos)
			peões	veículos	
I	período de movimento automóvel	volume de tráfego	peão vermelho imóvel (aguarde)	verde fixo (continue se a via estiver desimpedida)	20 a 60 (tempos fixos) 6 a 60 (actuado)
II	aviso standard de paragem aos veículos	nenhum	peão vermelho imóvel	amarelo (pare a não ser que seja inseguro imobilizar o veículo)	3
III	período de limpeza automóvel	actuação dos veículos	peão vermelho imóvel	vermelho (pare e aguarde atrás da barra de paragem na faixa de rodagem)	1 a 3
IV	convite ao atravessamento	largura da via, peões deficientes, travessias com refúgio central	peão verde em movimento com sinal audível se existente (atravesse com precaução)	vermelho	4 para $l \leq 7,5m$ 5 para $7,5 < l \leq 10,5m$ 6 para $10,5 < l \leq 12,5m$ 7 para $l > 12,5m$
V	os peões não devem iniciar o atravessamento	nenhum	tudo apagado - nenhum sinal (não inicie a travessia)	vermelho	3
VI	finalização do tempo de atravessamento	largura da via	tudo apagado (1)	vermelho	0-22 (período pedonal extensível)
VII	tempo adicional de limpeza para os peões	detecção pedonal dentro de passadeira	tudo apagado	vermelho	0-3 (valor máximo apenas se os peões continuam a ser detectados a efectuar o atravessamento)
VIII	tudo vermelho	tempo de limpeza para os peões	vermelho	vermelho	1-3
IX	aviso standard de paragem aos veículos	nenhum	peão vermelho imóvel	vermelho e amarelo (pare)	2

Nota: O período IV poderá ser incrementado em 2s caso existam dificuldades no atravessamento.

(1) corresponde ao verde intermitente habitualmente utilizado em Portugal

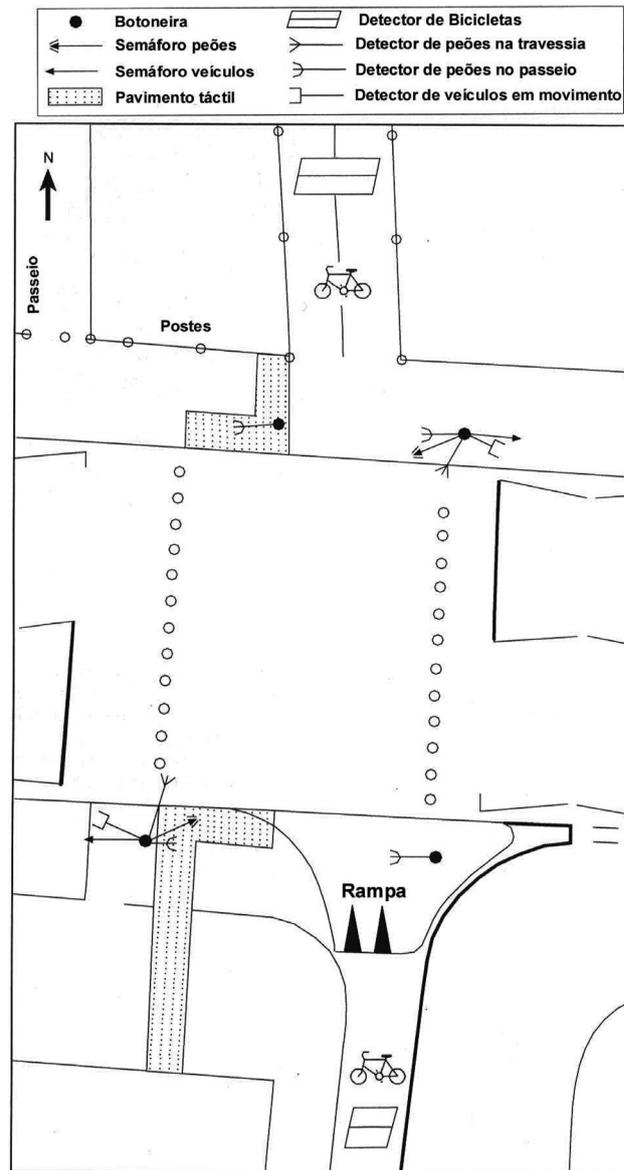


Figura 34 - Planta esquemática de atravessamento do tipo "Toucan" (fonte: Ryley et al., 1998)

3.4.5.2 - Travessias em cruzamentos semaforizados

Em cruzamentos regulados por sinais luminosos a repartição do tempo entre os diferentes grupos de utilizadores (peões e condutores) com interesses conflitantes depende dos volumes de tráfego envolvidos e da importância relativa que se pretende atribuir a cada grupo, tendo em conta que o benefício a um dado grupo representa, genericamente, o prejuízo do outro. Apesar dos critérios de instalação de sinais luminosos em cruzamentos atender frequentemente às exigências do tráfego automóvel, o seu funcionamento pode provocar paragens desnecessárias aos veículos sempre que haja uma utilização incorrecta da fase destinada aos peões.

Existem vários tipos de solução para o tratamento dos peões em cruzamentos semaforizados:

- Ausência de sinalização luminosa específica para os peões, fazendo-se os atravessamentos nos períodos em que, devido ao esquema de fases adoptado, não existe tráfego em determinado ramo de entrada. Esta solução é especialmente aplicada se o volume de peões for baixo, em vias de sentido único ou com placa central de refúgio para peões.
- Criação de uma fase para uso exclusivo dos peões (Figura 35), não sendo aí permitido qualquer avanço do tráfego automóvel. Este tipo de solução é mais penalizador para os veículos, causando maiores atrasos, comparado

com fases em que se aceita o avanço de veículos e peões. Para além das razões relacionadas com a segurança dos peões, considera-se justificável criar uma fase exclusiva para peões se: O volume de peões de atravessamento num ramo de entrada do cruzamento exceder 300 peões/h; O movimento de viragem dos veículos for superior a 700 veic./h durante o tempo de verde, combinado com um volume de peões superior a 50 peões/h; Existir um número significativo de peões com exigências especiais (crianças, idosos, peões de mobilidade reduzida motores, etc.). No entanto, uma fase de peões pode tornar-se contraproducente se conduzir a durações do ciclo demasiado longas, com tempos de espera elevados para os peões, levando-os a correr riscos devidos a atravessamentos extemporâneos.

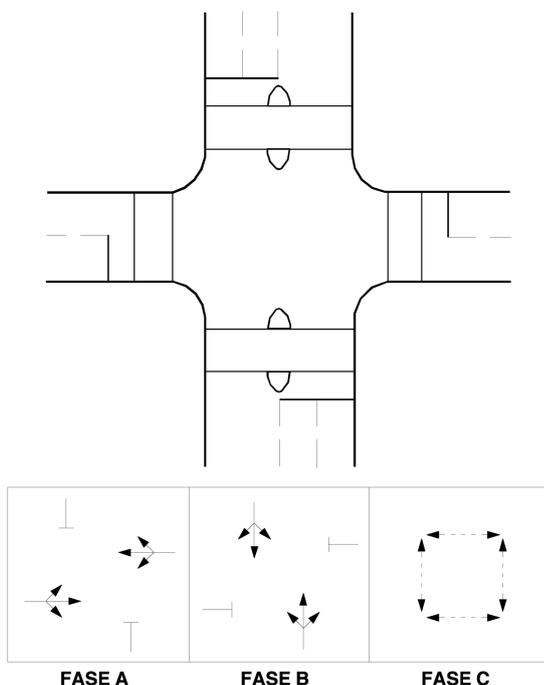


Figura 35 - Plano de regulação com fase de uso exclusivo dos peões

· Criação de fases em que é permitido o avanço simultâneo de peões e de movimentos de viragem, devendo os veículos dar prioridade aos peões que tenham iniciado o atravessamento. As soluções em que os peões recebem verde em conflito com as viragens à direita (Figura 36) proporcionam, em geral, mais segurança do que as que contemplam viragens à esquerda, uma vez que aquelas realizam-se a velocidades mais baixas e as distâncias a percorrer até à passadeira são também menores. Acresce ainda o facto de nos movimentos de viragem à esquerda a visibilidade do condutor ser prejudicada pela existência do pilar frontal do automóvel que pode ocultar a presença do peão.

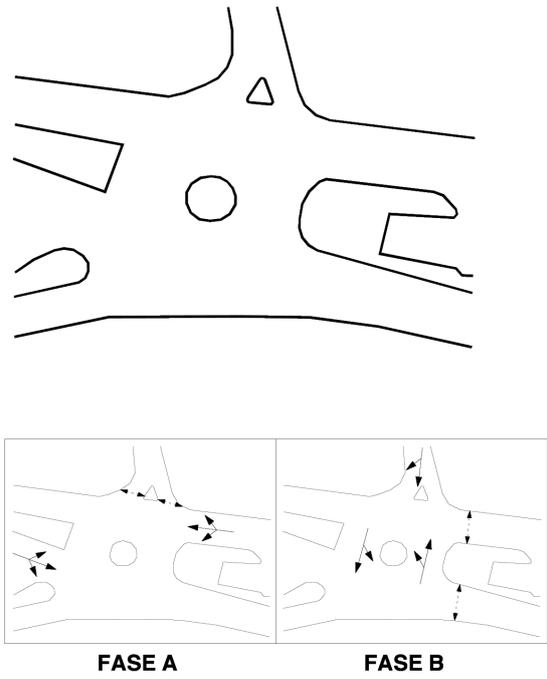


Figura 36 - Conflito entre peões e movimentos de viragem dos veículos

- Atravessamento em 2 fases (Figura 37), que obriga a existir uma placa central de refúgio onde os peões possam aguardar em segurança a fase que lhes permite completar o atravessamento. Este caso pode ser combinado com a travessia enviesada atrás referida.

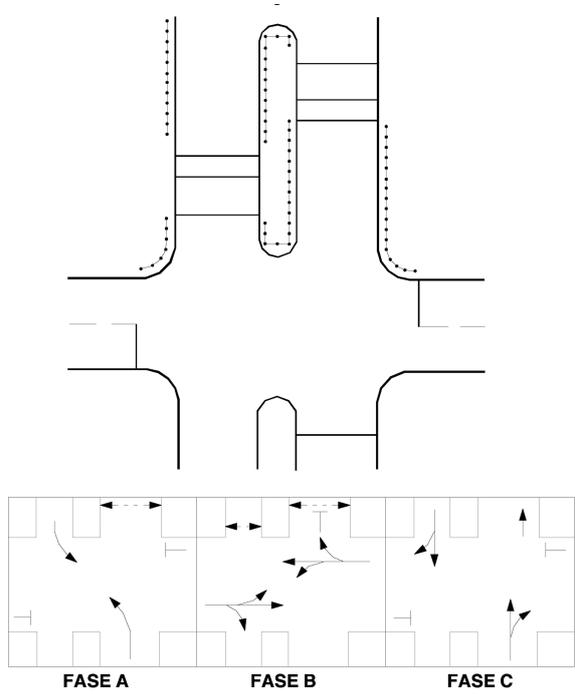


Figura 37 - Atravessamento em 2 fases com travessia enviesada

- Travessia afastada do cruzamento (Figura 38), mas a uma distância inferior a 50 metros, que permite uma zona de espera para os veículos. Este tipo de atravessamento embora penalizante para os peões, pode justificar-se se a procura do cruzamento for próxima da sua capacidade.

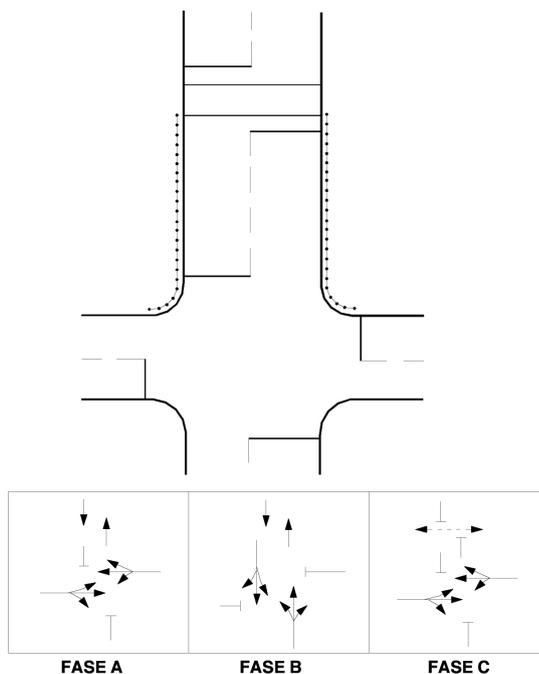


Figura 38 - Atravessamento afastado do cruzamento

3.4.5.3 - Detecção de peões

A informação de presença de peões no cruzamento é um elemento precioso para a regulação dos sinais luminosos. Tradicionalmente esta informação é obtida com recurso às botoneiras (Figura 39) onde o peão premindo o respectivo botão manifesta a intenção de efectuar um determinado atravessamento. Porém, é frequente o peão pôr em causa a sua real utilidade, ou por inoperacionalidade do sistema ou por não corresponder às suas expectativas. Além disso o uso da botoneira não permite a actualização da informação sempre que aconteça alguma mudança, como é o caso de o peão, após ter premido o botão, efectuar o atravessamento aproveitando um intervalo de tempo entre veículos aceitável antes do aparecimento da fase de verde a ele destinado. Eventualmente quando a fase de verde para o peão ocorrer, ela será inútil e causará atrasos desnecessários para os veículos. Por outro lado, não é possível ter informação da presença ou ausência dos peões durante o atravessamento.



Figura 39 - Botoneira

Figura 40 - Sensor de infravermelhos
(Fonte: Hummel, 1999)

Com o avanço tecnológico recente, como já foi atrás referido, passou a ser possível dispor de outros tipos de sensores de peões utilizando radiações de tipo infra-vermelho (Figura 40) ou microondas (Figura 41) ou através de tapetes de pressão (Figura 42).

3.4.5.4 - Plano de regulação integrando informação pedonal em tempo real

O uso de informação em tempo real, recorrendo-se a sistemas de detecção de peões permite desenvolver outros tipos de estratégias que visam a optimização do funcionamento global do cruzamento:

- I. Aumento do tempo de verde destinado aos peões em função do seu número, o que requer dispositivos de contagem de peões;
- II. Aumento do tempo de limpeza se for detectado um peão durante o atravessamento que justifique tal acção;
- III. Antecipação do início do tempo de verde destinado aos peões, se o número de peões detectado, aguardando pela permissão de avançar, assim o justificar;
- IV. Reduzir ou eliminar o tempo destinado aos peões que presumivelmente não sejam por eles utilizados.

Note-se que as soluções do tipo "Puffin" e "Toucan" atrás apresentadas aplicam algumas destas estratégias.



Figura 41 - Travessia com detecção dos peões por microondas



Figura 42 - Tapete de pressão numa travessia regulada por sinais luminosos (Fonte: Davies, 1999)

3.4.6 - TRAVESSIAS DESNIVELADAS

As travessias desniveladas, cujos cortes esquemáticos aparecem nas Figuras 43 e 44, são teoricamente o tipo de travessia mais seguro, uma vez que eliminam por completo os conflitos entre veículos e peões, através da sua segregação espacial. Em determinadas situações, devido à importância funcional da via, por exemplo no caso de vias colectoras, ou em cruzamentos muito complicados, são mesmo a única solução a considerar.

No entanto, é importante referir que os peões só utilizarão voluntariamente este tipo de travessia se estas se revelarem de utilização agradável e cómoda, o que normalmente só acontece se a orografia do terreno for favorável.

As travessias desniveladas em que se força os veículos a vencer o desnível, mantendo-se de nível o percurso dos peões, são as ideais. No entanto são soluções mais onerosas e muitas vezes impossíveis de realizar, devido a problemas de concordância do traçado em planta com o traçado em perfil longitudinal da estrada.

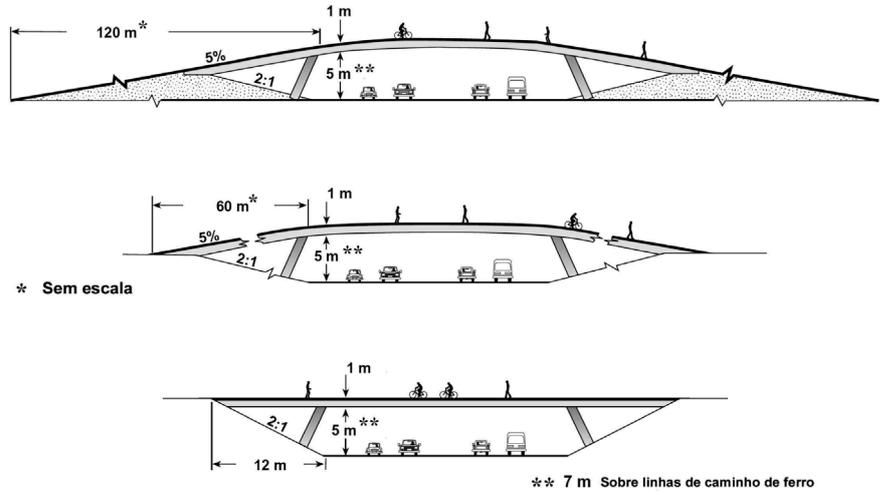


Figura 43 - Passagens superiores para peões (ODT, 1995)

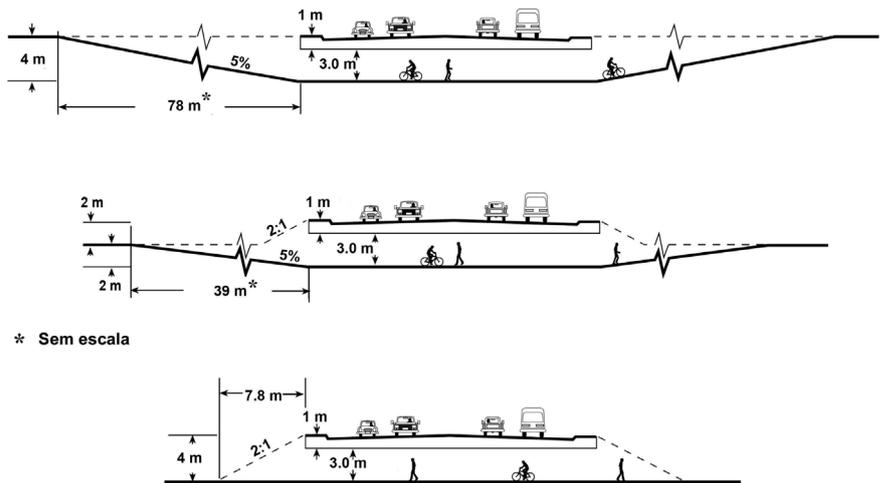


Figura 44 - Passagens inferiores para peões (ODT, 1995)

De modo geral, as travessias desniveladas possuem as seguintes características:

- Nas passagens superiores, preferencialmente cobertas, a largura mínima é de 2,4 metros sendo necessário garantir desníveis superiores a 5,5 m;
- Nas passagens inferiores a largura mínima é de 3,5 m e a altura livre deve ser superior a 3 m, necessitando de especial cuidado os problemas de drenagem;

- Nas passagens inferiores dever-se-ão usar trajectos abertos, bem ventilados, com a saída preferencialmente visível e com sinalização de orientação durante o trajecto. Devem ser bem iluminados e com vigilância permanente através de circuitos internos de TV, de modo a reduzir os problemas relacionados com a segurança pessoal dos peões;
- O acesso deve ser em rampa (ou elevadores) de modo a facilitar o acesso a peões de mobilidade reduzida motores. O declive das rampas deve ser igual ou inferior a 1:20;
- As rampas devem ser protegidas com o recurso a guardas metálicas.

3.5 - ZONAS DE ESPERA

Nas zonas de espera, os peões ficam normalmente parados a aguardar que lhes seja prestado um determinado serviço. São exemplos de zonas de espera as paragens de autocarro, as gares de caminhos-de-ferro e de metro, os aeroportos, entre outros.

Nestas zonas é importante garantir que o peão dispõe de espaço suficiente para se sentir confortável, e também que o espaço livre entre os peões permita a circulação daqueles que necessitem ou pretendam fazer.

Adiante volta-se a referir a este assunto aquando a avaliação dos níveis de serviço em zonas de espera.

4. NÍVEIS DE SERVIÇO

4.1 - NÍVEIS DE SERVIÇO PARA PEÕES EM MOVIMENTO

A definição dos diferentes níveis de serviço será sempre algo subjectiva, particularmente no que diz respeito aos valores dos débitos que definem as diversas fronteiras. No entanto a sua escolha criteriosa, tendo como base a análise das relações fundamentais referidas, permite criar uma escala de aplicação útil na avaliação da qualidade de funcionamento da infra-estrutura pedonal.

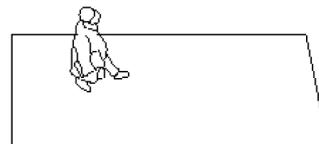
A escala adoptada, proposta no HCM 2000 e apresentada nos Quadros 10 e 11, considera os habituais seis níveis de serviço, A, B, C, D, E e F. O nível de serviço A, corresponde a uma situação em que a qualidade do serviço é óptima, normalmente não justificável do ponto de vista de uma análise custo-benefício. O nível de serviço F representa um funcionamento muito deficiente do sistema e indesejável mesmo em relação à capacidade. A capacidade é atingida para o nível de serviço E.

Quadro 10 - Níveis de Serviço para peões em movimento (Fonte: HCM, 2000)

NÍVEL DE SERVIÇO A

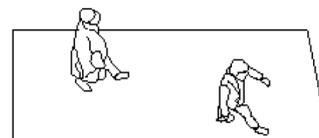
Espaço > 5,6 m²/p
Débito ≤ 16 p/min/m

Numa via pedonal com nível de serviço A, os peões movem-se segundo as trajectórias desejadas sem alterar os seus movimentos relativamente a outros peões. As velocidades de circulação são definidas livremente, e os conflitos entre peões são improváveis.

**NÍVEL DE SERVIÇO B**

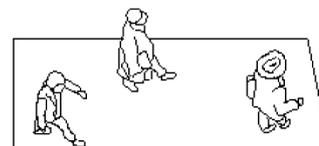
Espaço > 3,7 - 5,6 m²/p
Débito > 16 - 23 p/min/m

No nível de serviço B, é definida uma área que permita aos peões definirem livremente as velocidades de circulação, de modo a contornarem e evitarem conflitos com outros peões. Neste nível, os peões começam a estar atentos relativamente à presença de outros peões e a responderem a essa presença aquando da selecção do caminho.

**NÍVEL DE SERVIÇO C**

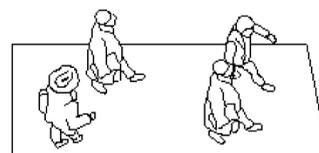
Espaço > 2,2 - 3,7 m²/p
Débito > 23 - 33 p/min/m

No nível de serviço C, o espaço disponível é o suficiente para a selecção das velocidades de circulação, e para contornar os outros peões que se deslocam no mesmo sentido. Em locais onde ocorram movimentos de mudança de direcção ou de atravessamento pode haver conflitos, implicando diminuição de velocidade e do débito.

**NÍVEL DE SERVIÇO D**

Espaço > 1,4 - 2,2 m²/p
Débito > 33 - 49 p/min/m

No nível de serviço D, a liberdade para cada peão seleccionar a velocidade de circulação de modo a poder contornar outros peões, é restrita. Onde existam movimentos de mudança de direcção ou de atravessamento, a probabilidade de ocorrer conflitos é superior, de tal modo que para se evitar essa situação é necessário haver mudança de velocidade e de posição. Neste nível de serviço a fluidez ainda é razoável, porém é provável a existência de interferência mútua entre os peões.



47

NÍVEL DE SERVIÇO E

Espaço > 0,75 - 1,4 m²/p
Débito > 49 - 75 p/min/m

No nível de serviço E, virtualmente todos os peões têm a sua velocidade de circulação restringida, necessitando por isso de ajustar frequentemente o ritmo da passada. Para valores do débito próximos da capacidade o movimento só é possível "arrastando os pés". O espaço disponível é insuficiente para ser possível ultrapassar peões mais lentos. Movimentos de atravessamento ou de mudança de sentido são muito difíceis de efectuar e geram conflitos.

**NÍVEL DE SERVIÇO F**

Espaço ≤ 0,75 m²/p
Débito - variável p/min/m

No nível de serviço F, todas as velocidades de circulação estão severamente restringidas, e o movimento para a frente só é possível "arrastando os pés". É frequente o contacto físico com outros peões. Os movimentos de atravessamento e de mudança de sentido são praticamente impossíveis de realizar. O fluxo é esporádico e instável.



O indicador utilizado na definição das fronteiras entre os diversos níveis de serviço é o “Espaço” disponível para cada peão em movimento.

Estas fronteiras servem, no entanto, para delimitar condições de funcionamento com características próprias que podem ser identificadas através de um conjunto de parâmetros de referência como sejam a taxa de saturação, a facilidade/possibilidade de escolha da velocidade pretendida, a possibilidade de “atravessar” uma corrente de tráfego pedonal e o grau de conflito entre o movimento principal e o secundário em direcções opostas.

Como já foi referido, o nível de serviço E, caracteriza-se por velocidades baixas e variáveis, e o seu débito máximo corresponde à capacidade. O nível de serviço D caracteriza-se por corresponder a cerca de 2/3 da capacidade e observam-se concentrações que obrigam os peões, mesmos os mais rápidos, a abrandar. Neste caso todos os peões que tentem atravessar a corrente de tráfego pedonal principal entrarão em conflito com ela. No nível de serviço C cerca de 50% dos atravessamentos estarão em conflito. O débito de serviço para o nível B corresponde aproximadamente a 1/3 da capacidade e observa-se que, para valores da concentração superiores ao seu limite máximo (1/3,7 p/m²), existem peões que terão de abrandar, começam a surgir dificuldades em ultrapassar e conflitos no atravessamento da corrente de tráfego pedonal principal.

Abaixo da concentração máxima correspondente ao nível de serviço A (1/3,3 p/m²) praticamente deixa de haver alterações no movimento dos peões provocadas pelos outros peões.

Quadro 11 - Níveis de serviço para peões em movimento(Quadro resumo)

Nível de Serviço	Espaço (m ² /p)	Débito (p/min/m)	Velocidade média (m/s)	Vol/Cap.	Restrições ao Movimento			Observações/ Aplicabilidade
					Movimento dominante	Movimento não dominante	Movimento de atravessamento	
A	> 5,6	≤ 16	>1,30	≤ 0,21	LL	LL	LL	Apenas para onde se pretendem elevados níveis de conforto e não existem restrições de espaço.
B	>3,7-5,6	>16-23	>1,27-1,30	>0,21-0,31	L	L	L	Nível correspondente a uma situação de conforto e desejável em condições normais.
C	>2,2-3,7	>23-33	>1,22-1,27	>0,31-0,44	L	L	R	Recomendável para espaços com pontas frequentes mas não muito intensas e onde se pretendem bons níveis de conforto.
D	>1,4-2,2	>33-49	>1,14-1,22	>0,44-0,65	L	R	R	Aceitável em espaços com grandes fluxos pedonais e onde existam restrições de espaço ou em espaços com movimentos unidireccionais.
E	>0,75-1,4	>49-75	>0,75-1,14	>0,65-1,0	R	R/S	S	Recomendável só em situações de ponta muito intensas com possível congestionamento mas de curta duração. Ex. Saídas de estádios ou estações de comboio.
F	≤ 0,75	variável	≤ 0,75	variável	S	S	S	Corresponde quase a condições de zona de espera. Não recomendável para condições de circulação.

Legenda: LL - Completamente livre;

L - Relativamente livre, com poucas restrições;

R - Com algumas restrições e incómodos; S - Com severas restrições.

4.2 - NÍVEIS DE SERVIÇO PARA PEÕES PARADOS

O indicador utilizado na definição das fronteiras entre os diversos níveis de serviço para grupos de peões estacionários é o “Espaço” disponível para cada peão.

Estas fronteiras servem, no entanto, para delimitar condições de funcionamento com características próprias que podem ser descritas por um outro conjunto de parâmetros de referência: a distância média entre peões, a probabilidade de contacto físico entre eles e ainda o nível de conforto previsível.

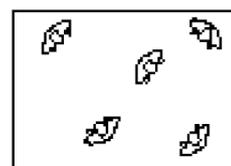
Nos Quadros 12 e 13 apresenta-se a descrição de cada um dos níveis de serviço associados a peões parados.

Quadro 12 - Níveis de Serviço para peões parados (Fonte: HCM, 2000)

NÍVEL DE SERVIÇO A

Espaço médio por peão > 1,2 m²/p

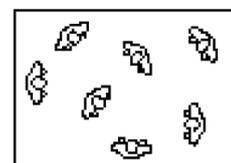
É possível estar parado e circular livremente ao longo da zona de espera, sem que tal perturbe os peões que se encontram parados.



NÍVEL DE SERVIÇO B

Espaço médio por peão > 0,9 - 1,2 m²/p

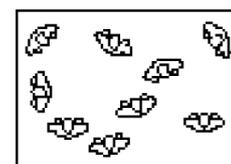
Não existe qualquer contacto entre os peões, no entanto passa a haver uma ligeira restrição na circulação dentro do espaço de modo a evitar perturbar outros peões.



NÍVEL DE SERVIÇO C

Espaço médio por peão > 0,6 - 0,9 m²/p

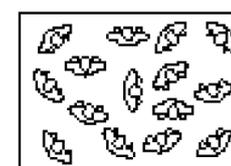
Continua a não haver contacto físico entre os peões, no entanto os espaços entre eles são mais reduzidos. A circulação passa a ser mais restrita podendo mesmo ser necessário incomodar os outros peões para tal ser possível.



NÍVEL DE SERVIÇO D

Espaço médio por peão > 0,3 - 0,6 m²/p

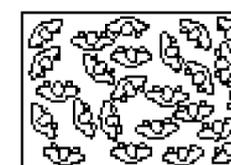
Passa a haver a possibilidade de haver contacto físico. A circulação no espaço está severamente restringida, e só é possível haver um movimento em frente, se este se realizar em grupo. Com estas concentrações, esperas muito prolongadas tornam-se desconfortáveis.



NÍVEL DE SERVIÇO E

Espaço médio por peão > 0,2 - 0,3 m²/p

O contacto físico com outros peões é inevitável. Não é possível haver circulação dentro do espaço. Só é possível estar nestes locais sem haver um desconforto evidente, durante curtos períodos de tempo.



NÍVEL DE SERVIÇO F

Espaço médio por peão ≤ 0,2 m²/p

Praticamente todas as pessoas estão em contacto físico directo entre si. É uma situação extremamente desconfortável. Não é possível haver circulação no espaço. Existe a possibilidade de gerar pânico em multidões.



Quadro 13 - Níveis de serviço para peões parados (Quadro resumo)

Nível de Serviço	Espaço (m ² /p)	Distância entre peões (m)	Contacto entre os peões	Possibilidade de Circulação no Espaço	Nível de Conforto (observações)
A	> 1,2	> 1,2	Nenhum	Livre	Muito elevado
B	> 0,9 - 1,2	> 1,0 - 1,2	Nenhum	Ligeiramente restringida	Elevado
C	> 0,6 - 0,9	> 0,9 - 1,0	Nenhum sem grandes folgas	Restringida e possível com incómodo de terceiros	Limite mínimo razoável. Aplicável por exemplo em paragens de BUS.
D	> 0,3 - 0,6	> 0,6 - 0,9	Com alguma frequência	Muito limitada	Esperas Prolongadas desconfortáveis. Aplicável por exemplo junto a cruzamentos ou passadeiras semaforizadas.
E	> 0,2 - 0,3	< 0,6	Em alguns momentos para todos os peões	Não possível	Só aceitável durante curtos períodos de tempo. Por exemplo elevadores.
F	< 0,2	-	Permanente	Não possível	Sempre extremamente desconfortável. Potencial pânico em Multidões.

4.3 - DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

A seguir apresentam-se as metodologias de cálculo, propostas no HCM 2000 para a determinação dos níveis de serviço em alguns dos elementos do sistema pedonal.

4.3.1 - PASSEIOS E VIAS PEDONAIS

A medida de desempenho utilizada para definir os diferentes níveis de serviço em passeios e vias pedonais é o espaço médio por peão, inverso da concentração pedonal. O espaço médio por peão pode ser obtido directamente no campo, considerando para tal uma área representativa do passeio em estudo e determinando qual é o número de peões que se encontram num dado instante nessa área. A velocidade também pode ser obtida directamente, através de observações no terreno e pode ser utilizada como um critério suplementar de análise do nível de serviço num passeio ou numa via pedonal.

No entanto para simplificar o trabalho de campo, a medida geralmente utilizada é o débito por unidade de largura. O valor do débito por unidade de largura é obtido a partir do volume de peões na ponta de 15 minutos e do valor da largura útil do passeio.

$$v_p = \frac{v_{15}}{15 \times W_E}$$

onde:

v_p - Débito por unidade de largura (p/min/m);

v_{15} - Volume de peões na ponta de 15 minutos (p/15 min);

W_E - Largura útil do passeio (m).

A largura útil do passeio é obtida a partir da seguinte expressão:

$$W_E = W_T - W_o$$

onde:

W_E - Largura útil do passeio (m);

W_T - Largura bruta do passeio (m);

W_0 - Somatório das larguras perdidas devido à existência de obstáculos e distâncias de reserva.

Sempre que não seja possível determinar no terreno as larguras perdidas devido à presença de obstáculos, pode-se recorrer ao Quadro 2 acima para estimar esses valores.

O nível de serviço é obtido com o recurso ao Quadro 14, sendo que nele estão incluídas, para além da medida de serviço, a área ocupada por peão, as medidas complementares, débito por unidade de largura, velocidade e razão v/c , assumindo-se que a capacidade corresponde a um débito de 75 p/min/m.

Quadro 14 - Níveis de serviço em passeios para condições médias (Fonte: HCM, 2000)

Nível de Serviço	Espaço (m^2/p)	Débito (p/min/m)	Velocidade média (m/s)	Vol/Cap.
A	> 5,6	≤ 16	> 1,30	$\leq 0,21$
B	> 3,7 - 5,6	> 16 - 23	> 1,27 - 1,30	> 0,21 - 0,31
C	> 2,2 - 3,7	> 23 - 33	> 1,22 - 1,27	> 0,31 - 0,44
D	> 1,4 - 2,2	> 33 - 49	> 1,14 - 1,22	> 0,44 - 0,65
E	> 0,75 - 1,4	> 49 - 75	> 0,75 - 1,14	> 0,65 - 1,0
F	$\leq 0,75$	variável	$\leq 0,75$	variável

Os níveis de serviço apresentados no Quadro 14 correspondem a condições médias, não tendo por isso em consideração a formação de pelotões.

Nas situações em que se verifique a formação de pelotões, os níveis de serviço são obtidos a partir do Quadro 15, sendo que as pesquisas realizadas indicam que o movimento deixa de ser livre para valores do espaço da ordem dos 49 m^2/p , o que equivale a um débito de 1,6 p/min/m, correspondendo estes valores a uma situação de nível de serviço A. As mesmas pesquisas mostram que a capacidade no caso de haver formação de pelotões é atingida quando o espaço toma o valor de 1,0 m^2/p (equivalente a 59 p/min/m).

Quadro 15 - Níveis de serviço em passeios para pelotões (Fonte: HCM, 2000)

Nível de Serviço	Espaço (m^2/p)	Débito (p/min/m)
A	> 40	$\leq 1,6$
B	> 8 - 49	> 1,6 - 10
C	> 4 - 8	> 10 - 20
D	> 2 - 4	> 20 - 36
E	> 1 - 2	> 36 - 59
F	≤ 1	> 59

4.3.2 - TRAVESSIAS SEMAFORIZADAS

A definição dos níveis de serviço em travessias pedonais semaforizadas é feita utilizando o atraso médio do peão.

O valor médio do atraso é dado por:

$$d = \frac{0,5(C-g)^2}{C}$$

onde:

- d - atraso médio do peão (seg.);
- g - tempo útil de verde para o peão (seg.);
- C - duração do ciclo (seg.).

O Quadro 16 mostra os níveis de serviço em função do atraso médio, considerando-se que para atrasos superiores a 30 seg. os peões começam a impacientar-se, aceitando correr riscos maiores.

Quadro 16 - Níveis de serviço em função do atraso médio para travessias semaforizadas (Fonte: HCM, 2000)

Nível de Serviço	Atraso médio por peão (seg.)
A	≤ 10
B	> 10 - 20
C	> 20 - 30
D	> 30 - 40
E	> 40 - 60
F	> 60

4.3.3 - TRAVESSIAS SEM REGULAÇÃO

A definição dos níveis de serviço em travessias sem regulação é baseada na teoria do intervalo crítico. O intervalo crítico é o intervalo de tempo em segundos abaixo do qual um peão não tenta efectuar o atravessamento de uma estrada.

Um peão para efectuar o atravessamento de uma estrada avalia em primeiro lugar o intervalo de tempo entre veículos disponível e decide se esse intervalo é suficiente para que possa efectuar o atravessamento em segurança. Se o intervalo disponível for superior ao intervalo crítico assume-se que o peão efectua o atravessamento, mas se o intervalo disponível for inferior ao crítico considera-se que este não efectua o referido atravessamento.

Para um peão isolado o intervalo crítico pode ser obtido da seguinte forma:

$$t_c = \frac{L}{S_p} + t_s$$

onde:

- t_c - Intervalo crítico para um peão isolado (seg.);
- S_p - Velocidade do peão (m/s);
- L - Comprimento do atravessamento (m);
- t_s - Tempo de arranque do peão (seg.).

Geralmente assume-se que o tempo de arranque de um peão é igual a 3 segundos.

Se se observar no terreno a formação de pelotões (grupos de peões), então torna-se necessário calcular o número de filas com peões que se formam a aguardar oportunidade para avançar, através da seguinte expressão:

$$N_p = \text{INT} \left[\frac{0,75(N_c - 1)}{W_E} \right] + 1$$

onde:

N_p - Número de filas formadas por peões;

N_c - Número total de peões num pelotão em atravessamento;

W_E - Largura útil da travessia (m);

0,75 - Largura necessária para que um peão, sem que haja interferência no seu movimento por outros peões, passe por eles.

O tamanho de um pelotão, ou seja o número de pessoas que o constituem é obtido da seguinte forma:

$$N_c = \frac{v_p \cdot e^{v_p t_c} + v \cdot e^{-v t_c}}{(v_p + v) e^{v_p - v} t_c}$$

onde:

N_c - Tamanho do pelotão de peões em atravessamento;

v_p - débito pedonal (p/seg.);

v - débito de veículos (veíc./seg.);

t_c - Intervalo crítico de um peão isolado (seg.).

O intervalo crítico de um pelotão de peões é obtido por:

$$t_g = t_c + 2(N_p - 1)$$

onde:

t_g - Intervalo crítico do pelotão (seg.);

t_c - Intervalo crítico de um peão isolado (seg.);

N_p - Número de filas de peões

No caso de não haver formação de pelotões de peões, N_p é evidentemente igual à unidade.

A medida de serviço utilizada para a avaliação dos diversos níveis de serviço em travessias sem regulação é o atraso sofrido por um peão.

O atraso médio por peão no caso de travessias sem regulação é dado por:

$$d_p = \frac{1}{v} (e^{v t_g} - v t_g - 1)$$

onde:

d_p - Atraso médio por peão (seg.);

v - Débito de veículos (veíc./seg.);

t_g - Intervalo crítico de um pelotão (seg.).

Com o valor do atraso calculado, e recorrendo ao Quadro 17, determina-se o nível de serviço correspondente à situação em análise. Neste tipo de travessias geralmente os peões toleram atrasos inferiores aos tolerados em travessias semaforizadas.

Quadro 17 - Níveis de serviço em travessias sem regulação (Fonte: HCM, 2000)

Nível de Serviço	Atraso médio por peão (seg.)
A	≤ 5
B	> 5 - 10
C	> 10-20
D	> 20-30
E	> 30-45
F	> 45

4.3.4 - ZONAS DE ESPERA

O nível de serviço em zonas de espera é definido com base no valor do espaço disponível por peão. Esse valor é obtido através do quociente entre o número de peões que aguardam determinado serviço pela área total da zona onde os peões se encontram à espera.

No Quadro 18 e Figura 45 apresentam-se os valores do espaço correspondentes a cada um dos diferentes níveis de serviço.

Quadro 18 - Níveis de serviço em zonas de espera (Fonte: HCM, 2000)

Nível de Serviço	Espaço (m ² /p)
A	> 1,2
B	> 0,9 - 1,2
C	> 0,6 - 0,9
D	> 0,3 - 0,6
E	> 0,2 - 0,3
F	≤ 0,2

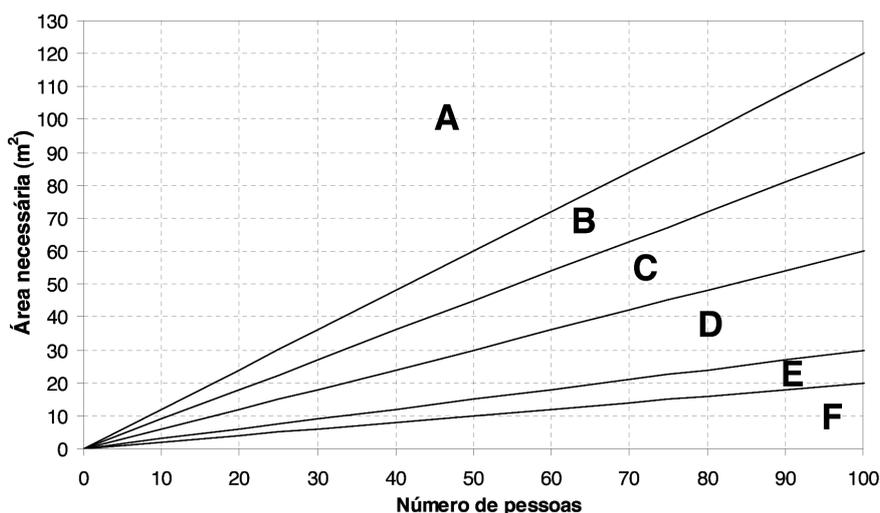


Figura 45 - Área necessária para determinada zona de espera.

4.3.5 - TRAJECTO EM ZONA URBANA

É também possível efectuar-se a análise da qualidade do serviço de um determinado trajecto pedonal em zona urbana, constituído por segmentos de passeio e atravessamentos. A medida de serviço utilizada para tal é a velocidade média de percurso do peão, incluindo paragens. Esta velocidade é obtida com base no tempo gasto por um peão, incluindo o tempo das paragens, para efectuar um percurso entre dois pontos ao qual corresponde uma determinada distância.

O primeiro passo consiste na análise de cada segmento individual constituínte do trajecto, fazendo-se a separação em troços de passeio e em atravessamentos.

A velocidade média de percurso do peão para todo o trajecto em análise é obtida com:

$$S_A = \frac{L_T}{\sum \frac{L_i}{S_i} + \sum d_j}$$

onde:

L_T - Comprimento total do trajecto em análise (m);

L_i - Comprimento do segmento i (m);

S_i - Velocidade pedonal no segmento i (m/s);

d_j - Atraso do peão na travessia j (seg.);

S_A - Velocidade média de percurso do peão (m/s).

Importa referir que a velocidade pedonal num determinado segmento de passeio é de difícil determinação pois existem numerosos factores que a afectam, tais como actividades que se desenvolvem na envolvente do passeio, acessos a espaços comerciais e residenciais, obstruções laterais, rampas significativas, a largura útil dos passeios e outros factores locais. No caso dos atravessamentos o atraso pode ser obtido utilizando-se para tal os procedimentos referidos atrás.

Finalmente a obtenção dos diferentes níveis de serviço para um determinado trajecto pedonal é feito com recurso ao Quadro 19.

Quadro 19 - Níveis de serviço para um trajecto pedonal (Fonte: HCM, 2000)

Nível de Serviço	Velocidade de percurso (m/s)
A	> 1,33
B	> 1,17 - 1,33
C	> 1,00 - 1,17
D	> 0,83 - 1,00
E	≥ 0,58 - 0,83
F	≤ 0,58

BIBLIOGRAFIA

ANSR, 2008 - "Ano 2007 Sinistralidade Rodoviária", Autoridade Nacional Segurança Rodoviária, Ministério da Administração Interna

Austrroads, 1988 - "Guide to Traffic Engineering Practise; Part 13, Pedestrians", Austrroads, Sydney.

CROW, 1998 - "Recommendations for Traffic Provisions in Built-up Areas - ASVV", CROW.

Cruz da Silva, João Pedro, 2001 - "Novas Soluções na Optimização de Atravessamentos Pedonais Regulados por Sinalização Luminosa", Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Davies, David G., 1999 - "Research, Development, and Implementation of Pedestrian Safety in the United Kingdom", Federal Highway Administration, McLean VA.

Fruin, J., 1987, - "Pedestrian Planning and Design" Elevator World Inc., Revised Edition

HMSO, 1987 - "Roads and Traffic in Urban Areas", Institution of Highways and Transportation, London.

Hummel, T., 1999 - "Dutch Pedestrian Safety Research Review", Federal Highway Administration, Publication N.º FHWA-RD-99-092, Washington D.C.

INE, 2002 - "CENSOS 2001 - Análise de População com Deficiência", Destaque do INE, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.

ITE, 1994 - "Design and Safety of Pedestrian Facilities", Institute of Transportation Engineers, Washington D.C.

ITE, 1998 - "Design and Safety of Pedestrian Facilities: A Recommended Practice of the Institute of Transportation Engineers", Institute of Transportation Engineers, Publication N.º RP-026A, Washington D.C.

Marques, J. Sousa, 1994 - "PEÕES, Contribuição para uma Infra-estrutura Viária Adequada a uma Circulação Segura", Prevenção Rodoviária Portuguesa.

ODT, 1995 - "Oregon Bicycle and Pedestrian Plan" Oregon Department of Transportation, Salem, OR

Pita, F. V., 2003 - "Estratégias e Planeamento da Mobilidade e Segurança de Peões", Tese de Mestrado em Transportes, Instituto Superior Técnico, Lisboa

Ryley, T., et al, 1998 - "Toucan Crossings: Trials of Nearside Equipment" Transport Research Laboratory, TRL Report N.º 331, Crowthorne

TRB, 2000 - "Highway Capacity Manual", Transportation Research Board, Washington D.C.

