

PARÂMETROS DE SEGURANÇA E COMODIDADE EM SISTEMAS DE METRO

MANUEL DUARTE GUERRA GOMES DA COSTA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Carlos Manuel Rodrigues

JUNHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ mipec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À Luz da minha vida
Que sempre me guia
Minha Esposa
Mafalda

Grandes descobertas e progressos invariavelmente envolvem a cooperação de várias mentes
Alexander Graham Bell

RESUMO

O presente trabalho começa por abordar uma sistematização dos transportes públicos urbanos, classificando-os de acordo com as suas características mais distintivas. Aprofundando o conhecimento sobre sistemas de metro, em particular os sistemas de transporte público urbano sobre carris, estabelece-se um enquadramento diferenciador destes sub-sistemas com particular ênfase nas categorias de direito de passagem. Exemplos dos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos na área dos eléctricos, metros ligeiros, metros e sistemas híbridos são evidenciados e explicados.

Debate-se neste ponto o papel determinante que os sistemas de metro terão na mobilidade urbana da Europa no futuro, assumindo as perspectivas de crescimento demográfico e económico previsto na actualidade. Explanam-se aqui várias vantagens que estes modos apresentam, nomeadamente no que diz respeito a ambiente e um valor aproximado do mercado que os sistemas de metro representarão nos próximos 20 anos na Europa.

Desse exercício resulta a percepção de que a atractividade destes modos é influenciada por vários factores, nomeadamente a segurança e a comodidade. Desde esta perspectiva da atractividade dos sistemas, tecem-se algumas considerações sobre a forma como os gestores dos sistemas, sejam empresas adjudicatárias ou concessionárias; ou autoridades locais ou regionais de transportes, devem estabelecer procedimentos para averiguar as necessidades específicas dos passageiros potenciais dos sistemas sob sua alçada.

Para isto, analisam-se os parâmetros definidores da segurança e da forma como esta é percebida pelos utilizadores dos sistemas, e indicam-se algumas estratégias de enfrentar alguns incidentes que contribuem para a sensação de insegurança relativa aos transportes públicos urbanos, particularmente aos sistemas de metro.

O trabalho finaliza tecendo algumas considerações sobre os vários aspectos da comodidade em sistemas de metro e formas de potenciar a sua atractividade por oposição à utilização de automóveis particulares.

PALAVRAS-CHAVE: transporte, urbano, características, segurança, comodidade

ABSTRACT

This work begins by venturing into a systematic classification of urban transit systems. Each system is set apart from the rest by determining what the distinctive features that make it unique are. The report then proceeds to an in-depth knowledge of the urban rail transit systems, with particular emphasis set on the right-of-way differences among them. Examples arisen from the latest technological developments within the rail industries are brought forward so that hindsight into systems such as trams, light rail, metros, cargo trams and hybrid technologies is achieved.

At this point, an overview of the future role that Europe, in particular, holds for urban rail transit systems is put forward, framed with the expected development of both demography and economy as they are believed to be nowadays. The environmental advantages that these modes present are explained and the market value of the urban rail transit systems in the forthcoming 20 years is stated as well.

Urban rail transit modes are quite sensitive to such parameters as the safety and the comfort levels users are expected to experiment while using them. These are often overlooked by authorities overseeing the systems. This happens because the perception of safety or the measure of how comfortable the systems are depend on a very large number of aspects, most of them only knowable through inquiries on the user preferences for improvement. Different people will prefer different investment strategies in order to make the systems safer and more comfortable.

In order to provide some guidelines for the development of these inquiries, parameters that involve safety and how they are perceived by the users, are analysed separately and some strategies on how to rise up to some incidents that increase the sensation of insecurity are put forward.

This report ends with some thoughts on the various issues that together make the perception of a comfortable ride in urban rail transit systems and how these may be inflated so as to increase its adherence, particularly as opposed to the privately-owned automobile.

KEYWORDS: urban, transit, safety, features, comfort.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
ÍNDICE DE IMAGENS	xi

1 TEORIA DOS TRANSPORTES URBANOS DE PASSAGEIROS 1

1.1. VOCABULÁRIO E DESAMBIGUAÇÕES.....	1
1.2. CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO.....	2
1.2.1. CLASSIFICAÇÃO DE MODOS DE TRANSPORTE POR TIPO DE USO:	2
1.3. MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO	4
1.3.1. DIREITO DE PASSAGEM	4
1.3.2. TECNOLOGIA DO SISTEMA	5
1.3.3. TIPO DE SERVIÇO	6
1.4. CLASSES GENÉRICAS DE MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO	7
1.4.1. TRANSPORTE DE SUPERFÍCIE	7
1.4.2. TRANSPORTE SEMI-RÁPIDO	7
1.4.3. TRANSPORTE RÁPIDO	8
1.5. COMPONENTES DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	8
1.6. OPERAÇÕES, SERVIÇO E CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	9
1.7. A FAMÍLIA DE MODOS DE TRANSPORTES PÚBLICOS: CATEGORIAS E DESCRIÇÕES	11
1.7.1. TRANSPORTE PARA-PÚBLICO	11
1.7.2. MODOS DE TRANSPORTE AO NÍVEL DE ARRUAMENTOS – TRANSPORTES DE RUA.	12
1.7.3. MODOS DE CAPACIDADE MÉDIA – TRANSPORTE PÚBLICO SEMI-RÁPIDO	14
1.7.4. MODOS DE ELEVADO DESEMPENHO - TRANSPORTE PÚBLICO RÁPIDO	16

2 SISTEMAS DE METRO 19

2.1. ELÉCTRICO, TRÂMUEI OU VEÍCULO LEVE SOBRE CARRIS (VLC).....	20
2.1.1.1. Primeiros desenvolvimentos e disseminação	20
2.1.1.2. Retrocesso nos Estados Unidos da América e no Reino Unido.....	22
2.1.1.3. Renascimento do carro eléctrico.....	23
2.1.2. VEÍCULO DE PISO REBAIXADO	23
2.1.3. CARGOTRAM	26
2.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E DE OPERAÇÃO	26
2.2. METRO LIGEIRO	27
2.2.1. HISTÓRIA DO METRO LIGEIRO.....	27

2.2.2. TECNOLOGIA DO METRO LIGEIRO.....	28
2.2.3. METRO LIGEIRO RÁPIDO.....	30
2.3. COMBOIO RÁPIDO URBANO OU METRO	30
2.3.1. HISTÓRIA DO METRO.....	31
2.3.2. TECNOLOGIA DO METRO.....	31
2.4. COMBOIO REGIONAL.....	32
2.5. SISTEMAS HÍBRIDOS	33
2.6. REVISÃO, COMPARAÇÃO DE SISTEMAS FERROVIÁRIOS DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS	34
3 ATRIBUIÇÕES PRESENTES E FUTURAS DOS SISTEMAS DE METRO	37
3.1. DEMOGRAFIA.....	39
3.2. CRESCIMENTO DOS TRANSPORTES NA UE-25	40
3.3. ENERGIA	43
3.4. AMBIENTE	49
3.4.1. EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	49
3.4.2. RUÍDO	53
3.5. CONGESTIONAMENTO DE TRANSPORTES	54
3.5.1. CONGESTIONAMENTO EM TRANSPORTES PÚBLICOS.....	54
3.5.2. ESCASSEZ	54
3.6. LIVRO VERDE - POR UMA NOVA CULTURA DE MOBILIDADE URBANA	56
3.6.1. PROBLEMÁTICA DO CONGESTIONAMENTO.	56
3.6.2. PROBLEMÁTICA DA POLUIÇÃO.....	57
3.6.3. SISTEMAS DE TRANSPORTES INTELIGENTES	57
3.6.4. ACESSIBILIDADE.....	57
3.6.5. SEGURANÇA	57
3.7. PERSPECTIVA FUTURA, CUSTOS E FINANCIAMENTO DE SISTEMAS DE METRO	58
4 SEGURANÇA EM SISTEMAS DE METRO	61
4.1. SEGURANÇA DURANTE A CIRCULAÇÃO	61
4.2. SEGURANÇA DURANTE MOVIMENTOS DE EMBARQUE E DESEMBARQUE	63
4.3. A SEGURANÇA DURANTE A ESTADIA EM PARAGEM, ESTAÇÃO OU TERMINAL	64
4.3.1. CRIMINALIDADE	65

4.3.2. ACTOS DE TERROR	66
4.3.3. ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO	66
4.3.3.1. Práticas de distribuição de pessoal:.....	67
4.3.3.2. Concepção de Sistemas e Tecnologia.....	67
4.3.3.3. Colheita de dados	67
4.3.3.4. Práticas operacionais	67
4.3.3.5. Descrição dos Incidentes/Problemas.....	68
4.3.3.6. Critérios de Planeamento e Concepção, Resposta e Recuperação	68
4.4. REVISÃO DA SEGURANÇA EM SISTEMAS DE METRO.....	71
 5 COMODIDADE EM SISTEMAS DE METRO	 73
5.1. COBERTURA DO SISTEMA DE METRO	74
5.2. FACILIDADE EM ADERIR AO SISTEMA DE METRO	74
5.3. FIABILIDADE DO SERVIÇO.....	75
5.4. FREQUÊNCIA DO SERVIÇO	76
5.5. VELOCIDADE DE CIRCULAÇÃO.....	76
5.6. CONFORTO DE CIRCULAÇÃO.	76
5.7. IMAGEM DO SISTEMA	77
5.8. REVISÃO DA COMODIDADE	78
 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS	 81
6.1. CONCLUSÕES.....	82
6.2. RECOMENDAÇÕES.....	82
6.2.1. GESTORES DE SISTEMAS DE METRO.....	83
6.2.1.1. Análise das externalidades	83
6.2.1.2. Papel central dos sistemas de metro	83
6.2.1.3. Análise da interoperacionalidade	83
6.2.1.4. Combater a desertificação em estações.....	83
6.2.1.5. Policiamento do sistema	84
6.2.1.6. Inquéritos aos utentes	84
6.2.1.7. Comunicação com o público	84
6.2.2. ORGANISMOS OFICIAIS	84
6.2.2.1. Legislação	84
6.2.2.2. Mobilidade	85
6.2.2.3. Investigação e desenvolvimento	85
6.2.3. PÚBLICO EM GERAL	85
6.2.3.1. Envolvimento	85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 Vocabulário comum de transportes em Portugal	1
Tabela 1.2 Características do transporte urbano de acordo com o tipo de uso	3
Tabela 1.3 Modos de transporte urbano por tipo de passageiro	3
Tabela 1.4 Modos de transporte público por categoria de direito de passagem	8
Tabela 2.1 Veículos de 100% piso rebaixado.....	25
Tabela 2.2 Material circulante da Metro do Porto S.A.	30
Tabela 2.3 Características técnicas e operacionais de sistemas de Metro e Comboio Regional	35
Tabela 3.1 Demografia na Europa a 25 e a 27	39
Tabela 3.2 Variação por modo nos anos 1995 a 2007 (em milhar de milhão de pass. X km)	42
Tabela 3.3 Variação no volume de passageiros X km de outros transportes terrestres nos anos 1995 a 2007.....	43
Tabela 3.4 Consumo de energia na UE27 e UE25 em 2006 (Mtoe)	44
Tabela 3.5 Emissões de CO ₂ de acordo com o emissor na UE25 em 2004	50
Tabela 3.6 Agentes indutores de congestionamento.....	55
Tabela 4.1 A percepção média de riscos de ferimentos ou fatalidades numa série de incidentes e acidentes comparada com o risco real em fatalidades equivalentes.....	63
Tabela 4.2 Despesa simulada média em categorias operacionais de estações e plataformas de comboio, por tipo de viagem	64
Tabela 4.3 Números reais e percepção de uma fatalidade por número de viagem de passageiros ...	65
Tabela 4.4 Estratégias a seguir no planeamento dos sistemas	69
Tabela 4.5 Ferramentas de comunicação com o público	70
Tabela 4.6 Estratégias de resposta a incidentes	70
Tabela 4.7 Estratégias de recuperação e seguimento a incidentes	71
Tabela 5.1 Despesa simulada média em características de desempenho de comboios, por tipo de viagem	75
Tabela 5.2 Melhorias necessárias no transporte público de acordo com os passageiros sénior	77
Tabela 5.3 Vantagens e desvantagens do transporte público comparado com o automóvel privado .	78

ÍNDICE DE IMAGENS

Imagem 1.1 Direito de Passagem categoria C	5
Imagem 1.2 Direito de Passagem categoria B.....	5
Imagem 1.3 Direito de Passagem categoria A.....	5
Imagem 1.4 Biarticulado de Curitiba numa via de Categoria C	12
Imagem 1.5 Trolleybus em Boston, Massachusetts, EUA.....	13
Imagem 1.6 Eléctricos de Lisboa	13
Imagem 1.7 Eléctricos de Lisboa	13
Imagem 2.1 ULF.....	24
Imagem 2.2 CarGo Tram	26
Imagem 2.3 Percurso Tipo	26
Imagem 2.4 Flexity Outlook da Metro do Porto, S.A.....	29
Imagem 2.5 Flexity Swift da Metro do Porto, S.A.	29
Imagem 2.6 Park and Ride.....	33
Imagem 2.7 Kiss and Ride	33
Imagem 3.1 Passageiros, Mercadorias e Produto Interno Bruto 1995 a 2007	41
Imagem 3.2 Distribuição modal do transporte de passageiros entre 1995 a 2007	42
Imagem 3.3 Distribuição do consumo de energia na UE27 por sector.....	43
Imagem 3.4 Europa a 27	44
Imagem 3.5 Portugal	44
Imagem 3.6 Consumo energético anual por passageiro transportado, para toda a população (no veículo)	46
Imagem 3.7 Consumo energético anual por passageiro transportado, para toda a população (no fornecedor).....	47
Imagem 3.8 Percentagem do consumo total de energia no transporte urbano de passageiros face ao total de energia consumida em todos os transportes na UE27 em 2001.....	47
Imagem 3.9 Consumo de energia para os modos privado e público de transporte de passageiros (no veículo) em algumas cidades europeias	48
Imagem 3.10 Percentagem do consumo total de energia no transporte privado urbano de passageiros face ao consumo em modos de transporte público (no veículo) -2001.....	48
Imagem 3.11 Consumo de energia para os modos privado e público de transporte de passageiros (no fornecedor) em algumas cidades europeias	49
Imagem 3.12 Percentagem do consumo total de energia no transporte privado urbano de passageiros face ao consumo em modos de transporte público (no fornecedor) - 2001.....	49
Imagem 3.13 Emissões de poluentes atmosféricos (PM ₁₀ , NO _x e NMVOCs, e SO _x , NO _x , NH ₃) nos países membros da EEA 1990-2004.....	50
Imagem 3.14 Evolução das emissões de CO ₂ por sector nos países membros da EEA 1990-2004 ..	51
Imagem 3.15 Evolução das emissões de GHG por sector dos transportes (incluindo transporte internacional) nos países membros da EEA 1990-2004	52
Imagem 3.16 Responsabilidades relativas das emissões de agentes poluentes - emissões totais, emissões de transportes rodoviários e emissões de autocarros (transporte público rodoviário)	52
Imagem 3.17 Influência da presença de metro na utilização de transportes públicos	60

TEORIA DOS TRANSPORTES URBANOS DE PASSAGEIROS

Os Sistemas de Metro são parte de um universo muito extenso que constitui os transportes públicos urbanos. Com desenvolvimentos tecnológicos muitas vezes independentes e potenciando características diferentes de acordo com as cidades onde são implementados, assiste-se que a diversidade de modos constitui um contínuo tecnológico com sistemas híbridos que tomam características de diferentes sistemas básicos para se tornarem num novo modo.

1.1. VOCABULÁRIO E DESAMBIGUAÇÕES

Os sistemas de transporte urbano disponíveis actualmente são muito diversos, sendo muitas vezes resultado de soluções elaboradas à medida das necessidades das entidades gestoras dos ditos sistemas o que conduz a uma variabilidade de modos com características muito diferentes. Em Portugal, o vocabulário disponível para retratar esta variabilidade obriga à utilização de siglas que permitam a desambiguação entre modos distintos descritos pela mesma palavra no léxico comum.

Apresenta-se de seguida na tabela 1.1. os vocábulos recolhidos de dicionários recentes da língua Portuguesa [1] [2] com os termos relacionados com transporte urbano e outras partículas que serão utilizadas neste âmbito, a esclarecer posteriormente:

Tabela 1.1 Vocabulário comum de transportes em Portugal

Autobus	Veículo automóvel geralmente destinado a transporte urbano de passageiros
Autocarro	Veículo automóvel para transporte colectivo de passageiros
Bus	Veículo de transporte colectivo de passageiros; autocarro
Camioneta	Veículo automóvel para transporte coletivo de pessoas, com lugares geralmente divididos por uma coxia central
Comboio	Série de carruagens atreladas umas às outras, movidas por locomotiva, em caminho de ferro
Comutar	Fazer a troca, a substituição ou a permuta (no sentido utilizado neste texto, será a acção de utilizar vários modos para se deslocar tipicamente de casa para o local de trabalho)
Eléctrico	Veículo de transporte urbano de passageiros movido a eletricidade, sobre carris de ferro
Expresso	Comboio ou camioneta que vai do local de partida ao de chegada sem paragens, ou com paragens em poucos pontos
Metro	Sistema de transporte urbano efectuado por comboios de tracção eléctrica em linhas parcial ou totalmente enterradas.

Metropolitano	Sistema de transporte urbano de circulação rápida, composto por carruagens movidas a eletricidade que circulam num percurso total ou parcialmente subterrâneo
Para-	Partícula que exprime a ideia de aproximação, proximidade ou semelhança
Público	Aberto ou acessível a todos
Rápido	Comboio de passageiros, com poucas paragens e maior velocidade
Sistema	Conjunto de partes dependentes umas das outras
Táxi	Automóvel, munido de taxímetro, destinado ao transporte de passageiros
Trâmuei / Trama	Veículo para transporte público movido a eletricidade, que circula sobre carris; elétrico (Do ing. <i>Tramway</i>)
Tranvia	Comboio de serviço suburbano

Como se verá no item seguinte, estas definições não abrangem a diversidade de modos encontrada no panorama actual do transporte urbano, com soluções mistas e intermédias entre os descritos na tabela 1.1.

1.2. CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO.

Uma vez que este trabalho é dedicado a uma tecnologia de transporte público, os sistemas de metro, enquadrar-se-á estes sistemas no universo de modos de transporte urbano, partindo da classificação geral e particularizando sucessivamente até à especificação dos sistemas em vista.

1.2.1. CLASSIFICAÇÃO DE MODOS DE TRANSPORTE POR TIPO DE USO:

Os transportes urbanos podem classificar-se em três categorias principais que são: Privado; de Aluguer; e Público (ver tabela 1.2).

O sistema de transporte privado consiste de veículos que são posse de quem os opera, geralmente numa infra-estrutura fornecida, mantida e operada por uma entidade pública. É o modo de transporte mais comum e envolve veículos automóveis particulares, motos, bicicletas e, claro, o acto de caminhar.

O sistema de transportes de aluguer – para-público - compreende a frota disponibilizada por diversos operadores e utilizada por quem contratualizar o serviço de transporte, com vários graus de ajuste às necessidades do utilizador. A esmagadora maioria dos modos de transporte para-público não apresentam rotas fixas nem horários fixos, com a notável excepção dos *jitneys* (ver 1.7.1) presentes em países em vias de desenvolvimento, que operam em rotas anunciadas pelo condutor ou cobrador e que podem seguir uma grande variabilidade dependente das condições de circulação. Nesta categoria encontra-se o táxi (incluindo o táxi por chamada telefónica; o táxi requisitado em paragem; e o táxi partilhado).

Transporte Público, Transporte de Massas, ou Transporte Colectivo é um sistema de transporte comum de passageiros, com rotas e horários predefinidos, disponíveis para quem pague a tarifa estabelecida. Têm como representantes mais comuns o autocarro, o metro ligeiro, o metro, mas existe uma série de outros modos.

Assim, a principal diferença entre os modos de para-público e transporte público consiste em que a escolha de rotas, paragens e horários do primeiro o define como dependente da procura, enquanto o segundo será de serviço fixo (rota e horário).

Tabela 1.2 Características do transporte urbano de acordo com o tipo de uso

Características	Tipo de uso	Privado	Aluguer	Público
Designação comum		Transporte Privado	Transporte Parapúblico	Transporte Público (TP)
Disponibilidade do Serviço		Dono	Indivíduos ou Grupos	Público
Fornecedor do Serviço		Utilizador (dono)	Transportador	Transportador
Determinação de rota		Utilizador (flexível)	Utilizador ou transportador	Transportador (fixo)
Determinação do Horário		Utilizador (flexível)	Utilizador ou transportador	Transportador (fixo)
Custo ou preço		Absorvido pelo Utilizador	Taxa Fixa	Tarifa Fixa

Tabela 1.3 Modos de transporte urbano por tipo de passageiro

Passageiros	Individual		Grupo	
Modos	Caminhar	Carpooling	Aluguer de automóvel	Jitney
	Bicicleta	Vanpooling	Partilha de Automóvel	TP de estrada (autocarro; trolley, eléctrico)
	Motorizada		Táxi	TP Semi-rápido
	Automóvel			TP Rápido (Metro sobre carris ou pneus e Comboio regional)
				Modos especializados (ex: <i>Shuttles</i> de Aeroporto)
Domínio óptimo de uso				
Densidade da área	Baixa a média	Origem: baixa; Destino: alta	Qualquer	Média a alta
Trajectos	Disperso	Radial	Disperso	Ubíquo, concentrado (radial)
Horários	Fora de ponta	Apenas horas de ponta	Todas	Horas de ponta e Diurnos
Propósito das Viagens	Recreação, Compras, Negócios, outros	Emprego	Negócios e Serviços especiais	Emprego, Escola, Negócios, Sociais, outras emergências

Transporte Público Urbano, estritamente definido é então o conjunto dos modos de Transporte Público e Transporte Para-público, uma vez que ambos estão disponíveis a todas as pessoas que cumpram os

requisitos de utilização. Ainda assim, a expressão Transporte Público exclui neste trabalho os modos de Para-público a menos que expressamente enfatizado.

Uma classificação secundária a esta é a do transporte individual ou em grupo (ver tabela 1.3). O Transporte Individual será aquele que serve uma pessoa ou grupo organizado, com relações estabelecidas dentro desse grupo; o Transporte de Grupo desloca pessoas não relacionadas entre si no mesmo veículo. Como se mostra na tabela 1.2, o Transporte Individual é predominantemente privado enquanto o Transporte de Grupo é predominantemente Público; tendo o transporte para-público modos de ambas categorias.

1.3. MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Os modos de transporte público são definidos por três características básicas [3]:

- Categoria de Direito de Passagem
- Tecnologia do sistema
- Tipo de Serviço

Os modos variam com cada uma destas características. Contrariamente ao que é comumente aceite de que a tecnologia é o factor preponderante na distinção entre modos, o Direito de Passagem tem uma influência muito superior tanto no desempenho como nos custos dos modos. A título de exemplo, o serviço fornecido por eléctrico é muito mais aproximado do serviço de autocarro urbano do que de um metro rápido, apesar de usarem a mesma tecnologia (guiamento por carris e tracção eléctrica). Na realidade, à medida que se melhora a categoria de direito de passagem, assiste-se ao abandono de sistemas conduzidos (autocarros), tornando-se os sistemas guiados os predominantes ou até exclusivos.

1.3.1. DIREITO DE PASSAGEM

Define-se o Direito de Passagem como a faixa de terreno ocupado pelo modo de transporte público na sua circulação. As categorias destas parcelas [3] de terreno distinguem-se pelo grau da sua separação dos outros modos de tráfego.

- **Categoria C** representa arruamentos de superfície com tráfego misto (Imagem 1.1). Os modos de transporte público podem ter tratamentos preferenciais tais como faixas reservadas separadas por marcas no pavimento ou sinalização especial, ou podem circular misturados com o outro tráfego.
- **Categoria B** inclui faixas que são longitudinalmente separadas fisicamente por intermédio de barreiras, desníveis ou outro tipo de separadores do restante tráfego, mas que ainda permitem cruzamentos de nível com outros veículos ou peões, incluindo cruzamentos regulares ao nível dos arruamentos (Imagem 1.2). Esta categoria é muito frequentemente utilizada pelos sistemas de metro ligeiro. Vias rápidas constituem Direitos de Passagem de Categoria B de baixa qualidade: oferecem melhores condições de circulação que arruamentos comuns, mas não separam o tráfego privado do transporte público, que é o elemento mais importante a dar a este para que possa desempenhar o seu serviço público com maior eficiência que o transporte privado.
- **Categoria A** é um direito de passagem completamente controlado, sem cruzamentos de nível ou qualquer acesso legal a outros veículos ou pessoas (Imagem 1.3). É também designado por via exclusiva, via reservada ou “privada” e pode materializar-se em túnel, estrutura aérea (ou elevada) ou até ao mesmo nível, dispondo para isso de barreira fixa. Excepcionalmente, encontra-se por vezes em sistemas de comboios regionais em áreas suburbanas, cruzamentos

de nível largamente espaçados e dispo de barreiras móveis controladas totalmente pela sinalização do sistema, que não influenciam o desempenho do sistema, o que permite que continue a ser classificado como categoria A.



Imagem 1.1 Direito de Passagem categoria C



Imagem 1.2 Direito de Passagem categoria B



Imagem 1.3 Direito de Passagem categoria A

1.3.2. TECNOLOGIA DO SISTEMA

A tecnologia dos sistemas de transportes públicos é o conjunto de características físicas dos veículos e da via onde estes circulam. As quatro características mais importantes são [3] as seguintes:

- **Suporte** é o contacto vertical entre o veículo e a superfície na qual ele se desloca e à qual é transferido o peso e a tracção que o movimentam. Os tipos mais comuns são pneumático de borracha em betão, asfalto ou outra superfície e roda de aço em carril de aço. Outros tipos de suporte incluem: corpo de veículo na água (barcos e *hydrofoils*); almofada de ar (*hovercraft*); e levitação magnética. Veículos que circulem numa superfície de direito de passagem ou superfície de guiamento são *suportados*; se circulem envolvendo essa superfície são *acoplados*; e se o suporte está acima do veículo, são *suspensos*. Os modos suportados são, de longe, os mais comuns.
- **Guiamento** refere-se à forma de condicionar o movimento lateral dos veículos. Veículos rodoviários são *conduzidos* pelo motorista ou condutor e a sua estabilidade lateral é garantida pela adesão entre pneumático e pavimento. Veículos ferroviários são guiados pelas flanges e a forma cónica das rodas. Um aspecto único das ferrovias é o papel simultâneo de suporte e guiamento dos veículos por parte do conjunto roda-carril.
- **Propulsão** refere-se ao tipo e método de fornecimento de energia para vencer a resistência ao movimento e transferência de forças de aceleração e desaceleração. Os seus principais componentes são:
 - **Tipo de unidade de propulsão**, sendo os mais comuns o motor de combustão interna a diesel, utilizado por autocarros e algumas composições ferroviárias regionais; e motores eléctricos, usados em eléctricos, metros ligeiros, metros e todos os sistemas guiados excepto os comboios regionais mencionados anteriormente.
 - **Método de transmissão de força de tracção**, incluindo a fricção, adesão (largamente dominante) e forças magnéticas, cabos, rotores, entre outros.
 - **Controlo** é a forma de regular o movimento de um ou de todos os veículos no sistema. O controlo mais importante é o do espaçamento longitudinal entre veículos, que pode ser manual-visual (manobra a linha de vista), manual-sinal, completamente automatizado, ou várias combinações destes tipos.

Tradicionalmente, as tecnologias descritivas dos sistemas de transporte público limitam-se às técnicas de suporte e guiamento, mas facilmente se percebe que analisando apenas estas duas variáveis, torna-se impossível distinguir entre um Trolley (autocarro movido a electricidade) e um autocarro movido a motor de combustão interna; ou distinguir entre um metro ligeiro e um comboio suburbano. Com a aproximação às quatro dimensões de suporte, guiamento, propulsão e controlo, todas as tecnologias podem ser definidas com qualquer grau de precisão desejado.

1.3.3. TIPO DE SERVIÇO

Existem muitos tipos diferentes de serviço de transporte público urbano. Podem ser agrupados por três características diferentes:

- Pelo tipo de rota e viagem servido
 - o **De curta distância** é definido como modos de baixa a média velocidade em pequenas áreas de elevada densidade de tráfego como áreas de negócios, campus, aeroportos ou centros de exposições;
 - o **Citadinos**, o tipo mais comum, inclui todos os serviços que servem toda uma cidade. Podem operar nas várias categorias de direito de passagem (C, B ou A)
 - o **Transporte regional** que consiste de modos de elevada velocidade, com poucas paragens dentro de uma zona urbana ou metropolitana. Comboios regionais e algumas linhas de autocarro expresso constituem exemplos deste tipo.

- Pelo tipo de operação ou cronograma de paragens
 - o **Serviço Local** é o tipo em que todas as Unidades de Transporte param em todas as paragens, ou quando requerido por passageiros;
 - o **Serviço Rápido ou Acelerado** é o tipo em que as Unidades de Transporte sucessivas alternam nas paragens que efectuam, numa escala previamente determinada, por exemplo, serviço de zona
 - o **Serviço Expresso** é o tipo que serve apenas paragens muito espaçadas. Estas linhas são muitas vezes paralelas a serviços locais, mas servem muito menos paragens.
- Pelo horário de operação
 - o **Regular** é o tipo de serviço oferecido sobretudo ao longo das horas diurnas. É o tipo de serviço mais básico e inclui a vasta maioria dos serviços de transportes públicos
 - o **Transporte Comutador ou de Hora-de-Ponta** refere-se a serviços operados apenas durante os períodos de maior intensidade de tráfego (horas de ponta ou pico). São usualmente de forma radial a partir dos subúrbios e destinam-se apenas a viagens de trabalho. São um complemento do serviço regular, sem o substituir.
 - o **Especiais ou irregulares** são os serviços disponibilizados por ocasiões especiais, por exemplo: acontecimentos desportivos, exposições, ou condições de emergência.

1.4. CLASSES GENÉRICAS DE MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Não há uma definição rigorosa sobre o que diferencia um modo de transporte público de outro, mas é comum considerar sistemas de transporte como modos diferentes, se forem distintos em uma ou mais das três características acima descritas. Assim, um trolley e um autocarro operando no mesmo direito de passagem e no mesmo tipo de serviço, serão modos distintos devido à diferença fundamental de tecnologia e, logo, de desempenho.

A classificação de modos em três classes genéricas mais importante é a que se baseia sobretudo, mas não exclusivamente, no tipo de direito de passagem [3]. As três classes são aqui definidas:

1.4.1. TRANSPORTE DE SUPERFÍCIE

Designa modos operados em arruamentos com tráfego misto (Categoria C). A sua fiabilidade depende das condições de tráfego, primordialmente congestão de tráfego e várias interferências, e a sua velocidade é inferior ao fluxo do restante tráfego devido ao tempo gasto em paragens. Autocarros e eléctricos pertencem a esta classe.

1.4.2. TRANSPORTE SEMI-RÁPIDO

Consiste de modos circulando na sua maioria em vias com direito de passagem de Categoria B, mas sendo possíveis, em algumas secções da rota, haver lugar às Categorias C ou A. Esta classe inclui uma elevada variedade de modos: desde os que apresentam Categoria B e C (autocarros e metro ligeiro operando em arruamentos com cruzamentos de nível), no lado da baixa qualidade de serviço; até aos metros ligeiros em secções em túnel ou estruturas elevadas completamente separadas (categorias A e B), do lado da elevada qualidade de serviço. O desempenho destes modos depende largamente do grau de separação e das localizações dos pontos críticos do direito de passagem. É particularmente importante que o transporte público esteja separado nas zonas centrais, de elevado congestionamento, das áreas urbanas. Outro factor no desempenho é a tecnologia: modos ferroviários podem operar em

composições curtas e apresentar melhor segurança graças a uma sinalização automatizada. O extremo de melhor qualidade nos modos desta classe pode apresentar velocidade e fiabilidade iguais ou superiores à velocidade e fiabilidade do transporte automóvel privado.

1.4.3. TRANSPORTE RÁPIDO

É a classe que opera exclusivamente em direito de passagem de Categoria A e apresenta elevadas velocidade, capacidade, fiabilidade e segurança. Todos estes modos são guiados (ferrovia ou por pneumático), o que permite a operação de comboios (elevada capacidade e baixo custo de operação) e a automatização da sinalização de controlo (elevada segurança).

A maioria dos modos de transporte público pertence a uma destas três classes genéricas, sendo as excepções modos de elevada especialização como sejam passadeiras rolantes, *ferryboats*, *tramways* aéreos, funiculares, e alguns sistemas guiados automatizados. Os últimos três apresentam direito de passagem reservado, mas não apresentam mais nenhuma característica de Transporte Rápido, notavelmente elevada capacidade e velocidade. Estes modos são então classificados como Modos Especializados.

Tabela 1.4 Modos de transporte público por categoria de direito de passagem

Direito de passagem \ Tecnologia	Rodoviário Conduzido	Parcialmente Guiado	Ferrovário	Especializado
	Para-público			
C	Shuttle Autocarro (em arruamento)	Trolley	Eléctrico	Ferryboat Hydrofoil
B	Autocarro Rápido	Autocarro Guiado	Metro Ligeiro	Automotoras
A	Autocarro em Via de BUS apenas	Metro de pneumáticos	Metro Ligeiro Rápido Metro Comboio Regional Comboio de comutação	Automotoras Funiculares Tramway Aéreo

1.5. COMPONENTES DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Os elementos físicos dos sistemas de transportes públicos urbanos são geralmente classificados dentro dos seguintes artigos:

- *Veículos* ou *carros* são referidos colectivamente como *frota* para qualquer modo e como *material circulante* no caso de modos ferroviários. Uma Unidade de Transporte (UT) será um

número de veículos viajando em conjunto; poderá ser um único veículo ou vários, formando um *comboio*.

- Vias, Faixas ou Direitos de Passagem podem ser ruas e estradas, faixas reservadas (só designação), faixas exclusivas (fisicamente separadas), faixas de bus separadas por barreiras, carris em arruamentos, em direitos de passagem parcial ou totalmente controlados, acima ou abaixo do nível do arruamento.
- Locais e instalações onde os veículos param para operações de embarque e desembarque de passageiros podem ser de diferentes tipos:
 - o **Paragens** são locais ao longo dos arruamentos com instalações básicas (abrigo, sinalética, etc.)
 - o **Estações** são instalações que podem estar localizadas abaixo, acima ou ao nível da superfície do terreno onde, para além dos movimentos dos passageiros há lugar a operações do sistema
 - o **Terminais** são estações de fim de linha das linhas mais importantes
 - o **Estações de Transfer** servem mais de uma linha e facilitam que os passageiros comutem entre elas
 - o **Estações Multimodais** são estações de transfer onde operam diferentes modos. Podem ser chamadas de *Interfaces*.
 - o **Garagens ou depósitos** são locais onde se armazenam os veículos, podendo ser ou não **oficinas** caso permitam ou não reparações e operações de manutenção.
- **Sistemas de controlo** incluem equipamento eléctrico, electrónico, mecânico e informático para detecção dos veículos, comunicação e sinalização, bem como as *unidades centrais de controlo*
- **Sistema de Transportes Inteligente** é um conjunto alargado de aparelhos, instalações e processos que utilizam computadores e outras tecnologias electrónicas para controlar e operar eficientemente um sistema de transporte. Nos sistemas de transporte público, são sobretudo usados na monitorização e controlo das operações das Unidades de Transporte, na cobrança e colecta de bilhetes, recolha de dados estatísticos e sistemas de informação a passageiros.
- **Sistemas de fornecimento de energia** consistem de subestações, cabos de distribuição, catenárias ou estruturas de terceiro carril e equipamento relacionado.

Com a excepção dos veículos, todos os outros componentes constituem o equipamento fixo ou *Infra-estrutura do Sistema de Transporte Público*.

- **Rota ou linha** é o conjunto de ruas ou direitos de passagem servidos regularmente por um determinado sistema de transporte público. O termo *rota* é utilizado comumente para autocarros e o termo *linha* é empregue para modos ferroviários e secções onde várias rotas se sobrepõem; ainda assim, os termos podem ser utilizados livremente em todos os modos. O conjunto de rotas e linhas de uma cidade é designado de *Rede de Transporte Público*.

1.6. OPERAÇÕES, SERVIÇO E CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

As operações de um sistema de transporte público incluem todas as actividades de elaboração de horário (ou programação), escalonamento de pessoal (tripulações), a manobra e supervisão de UT, cobrança de tarifas e manutenção do sistema. O produto resultante destas operações é o transporte oferecido aos potenciais utilizadores.

O Serviço de Transporte Público é a percepção do sistema por parte dos seus utilizadores *de facto* e dos seus potenciais utilizadores.

As características de um sistema de transporte público são classificadas em quatro categorias:

- **Desempenho do sistema** refere-se ao conjunto completo dos elementos de desempenho, sendo os mais importantes:
 - o **Frequência do Serviço** (f), o número de partidas por hora.
 - o **Velocidade Operacional** (V_O), velocidade mantida durante a viagem (linha).
 - o **Fiabilidade** expressa como a percentagem de UT que chegam ao destino com um desvio do horário previsto inferior a um determinado limite (ex: 4 minutos).
 - o **Segurança** medida pelo número de fatalidades, feridos e prejuízos materiais por uma unidade predeterminada (ex: 100 milhões passageiro-km).
 - o **Capacidade de Linha** (C) é o número máximo de espaços (capacidade oferecida) ou pessoas (capacidade utilizada) que as UT podem transportar além de um ponto ao longo da linha durante uma hora.
 - o **Capacidade produtiva** (P_C) é o produto da Velocidade Operacional pela Capacidade da Linha ($V_O \cdot C_C$). Sendo um indicador composto por um elemento que afecta os passageiros (velocidade) e um indicador que afecta o operador (capacidade), a capacidade produtiva revela-se um indicador de grande conveniência para a avaliação do modo.
 - o **Produtividades** estabelecem relações entre ofertas por unidade de recurso consumidas (ex: veículo-km ou espaço-km por unidade de trabalho de pessoal, custo de operação, combustível, largura de direito de passagem, etc.).
 - o **Utilização** é também um rácio de saída contra entrada, mas comparando unidades semelhantes (ex: passageiro-km por espaço-km oferecido).
- **Nível de Serviço** é a medida global de todas as características que afectam os utilizadores. É o elemento mais básico e fundamental na atractividade de potenciais utilizadores para o sistema. Os maiores factores contribuintes para o nível de serviço podem ser divididos em três grupos:
 - o **Elementos de desempenho que afectem os utilizadores** tais como a velocidade, a frequência e a segurança.
 - o **Qualidade de Serviço** consistindo de factores qualitativos como a conveniência e simplicidade de utilização do sistema, conforto de circulação, estética, limpeza e comportamento dos passageiros e pessoal.
 - o **Preço**, a quantidade de dinheiro que um utilizador deve pagar pela utilização do serviço.
- **Impactos** são os efeitos que o sistema tem no ambiente que o rodeia e em toda a área que serve. Podem ser negativos ou positivos. Impactos de curto prazo incluem redução de congestionamento no centro urbano, mudanças na poluição atmosférica (qualidade do ar), ruído e estética ao longo de uma nova linha. Impactos de longo prazo incluem alterações no valor dos terrenos, actividade económica, forma física da cidade (dispersão urbana) e o ambiente social da cidade.
- **Custos** estão usualmente divididos em duas grandes categorias: *Investimento*, ou *custos capitais* são os requeridos para construir, ou tornar permanentes alterações, na disposição física do sistema de transporte público. *Custos Operacionais* são as despesas em que o sistema incorre pelo seu normal funcionamento.

A avaliação e análise comparativa de sistemas devem levar em linha de conta todas as quatro categorias explicadas: desempenho, nível de serviço, impactos e custos para cada solução. O modo preferido não é habitualmente o que tem melhor desempenho ou o menor custo, mas antes o que apresenta maior vantagem na conjugação destes quatro elementos.

1.7. A FAMÍLIA DE MODOS DE TRANSPORTES PÚBLICOS: CATEGORIAS E DESCRIÇÕES

As categorias de transportes públicos urbanos correspondem largamente ao respectivo direito de passagem, como referido nos pontos anteriores. Definições e características breves dos diferentes modos serão aqui apresentadas, com particular incidência nos diversos sistemas de metro.

1.7.1. TRANSPORTE PARA-PÚBLICO

A categoria de sistemas de transporte para-público consiste fundamentalmente de veículos rodoviários que fornecem serviço de transporte que se situa entre o carro privado e o sistema de autocarros com rota fixa e horário fixo. O tipo de operações que desenvolvem, ou seja, a forma como são definidos os horários, as rotas ou como é requisitado o serviço, constitui o factor diferenciador entre os diversos modos, não as suas características tecnológicas.

- **Organizações de Partilha de Viatura** alugam automóveis ligeiros de passageiros, sem condutor, aos seus clientes para a realização de viagens únicas ou durante um período de tempo. O cliente é o condutor de um veículo que não lhe pertence, o que clarifica a posição deste modo entre a viatura privada e o táxi.
- **Táxi** é o modo em que automóveis com condutor são na esmagadora maioria das vezes alugados pelos utilizadores para a realização de uma viagem. Este serviço é inteiramente ajustado aos requisitos do utilizador, a menos de condições de circulação. Viajar de táxi envolve muitas vezes algum tempo de espera antes do início da viagem mas não ocorrem problemas relacionados com estacionamento. O utilizador evita os custos de posse de viatura própria mas, ainda assim, o táxi é o modo mais caro de transporte público, uma vez que, para além do custo do(s) veículo(s), o preço tem ainda de pagar o tempo do condutor.
- **Serviços Híbridos** como os rádio-táxi e miniautocarros especiais apresentam combinações de características de táxi e de serviços de rota permanente. Os utilizadores ligam com uma central e reservam um horário, uma origem e um destino. O operador então tenta otimizar as viagens em circuito de forma a garantir a satisfação de todos os clientes. Estes modos operam geralmente em áreas de baixa a média densidade e servem viagens com fins dispersos (muitos para muitos) ou viagens com um fim comum. Com a possibilidade de personalizar o serviço, torna-se, em várias experiências europeias, um modo de bastante sucesso na sua atracção a pessoas com mobilidade reduzida e cidadãos sénior, como se verá mais adiante.
- **Jitneys** (ver também 2.1.1.2) conhecidos sob uma diversidade de nomes em muitos países subdesenvolvidos são carros de passageiros com capacidade variável de 5 a 15 lugares que operam em rotas definidas (anunciadas pelos condutores ou, caso existam, cobradores) com ligeiras variações; mas sem horário ou frequência fixa. Tomam e deixam passageiros a pedido destes, contribuindo para o congestionamento do tráfego. Por causa da sua baixa capacidade e baixo custo, nomeadamente laboral, este modo, quando existe, apresenta uma elevada frequência, tornando-se atractivo para utilizadores potenciais. A sua fiabilidade e, sobretudo, a segurança é bastante pequena quando comparada com outros modos existentes em cidades onde o tráfego é mais organizado e disciplinado. São usados intensivamente nos países em vias de desenvolvimento (estima-se que Luanda, por exemplo, teria cerca de 10.000 em Setembro de 2008).

1.7.2. MODOS DE TRANSPORTE AO NÍVEL DE ARRUAMENTOS – TRANSPORTES DE RUA.

O transporte mais comum em todas as cidades é o transporte de superfície, nas ruas destinadas a circulação de veículos, e inclui três modos distintos: o autocarro, o *trolley* e o eléctrico ou *tramway* (trâmuí).

- **Autocarro Regular (AR)** é o modo que consiste de uma frota de veículos automóveis para transporte de passageiros ao longo de linhas, trajectos ou rotas fixos, com horários fixos. É, de longe, o modo mais utilizado de transporte público. Os veículos variam em capacidade desde os mini-buses (20 a 35 lugares) aos biarticulados com capacidade até 270 passageiros, e com a possibilidade de operar em quase todas as ruas, artérias e vias rápidas, os AR fornecem serviços com os mais variados graus de nível de serviço, desempenho, custos e impactos.



Imagem 1.4 Biarticulado de Curitiba numa via de Categoria C

Na gama mais baixa do seu âmbito de aplicação, o AR serve volumes baixos de passageiros suburbanos, em paralelo com os serviços híbridos (quando existentes). Na maioria das cidades pequenas e médias, o AR representa a totalidade da rede de transportes públicos urbanos. Nas cidades médias a grandes, constitui um suplemento de distribuição a uma rede ferroviária. No extremo oposto, com AR articulados em vias reservadas que servem corredores com elevado volume e elevada frequência, podem transportar entre 3.000 a 5.000 passageiros hora. Nalguns casos, com vias múltiplas reservadas e paragens onde são permitidas manobras de ultrapassagem, podem servir volumes muito maiores.

- **Autocarro Expresso (AE)** é um serviço de autocarros com paragens tipicamente mais espaçadas ao longo de linhas servindo locais distantes e de baixa densidade na origem, com média a alta densidade no fim. Caracterizam-se por uma velocidade mais alta, conforto superior e, muitas vezes, tarifa superior ao AR. A sua fiabilidade depende das condições de tráfego durante o longo trajecto que percorrem.
- **Trolleybus (TB)** são veículos semelhantes aos veículos que servem AR, mas movidos a electricidade em vez de motor de combustão interna, através de duas linhas suspensas ao longo das suas rotas.



Imagem 1.5 Trolleybus em Boston, Massachusetts, EUA

São usados para serviços semelhantes aos AR e, comparados com este modo, envolvem custos de investimento superior e operações mais complexas, apresentando, por outro lado, maior conforto na circulação e excelentes características ambientais (extraordinariamente silenciosos, sem gases de escape, com a desvantagem estética das linhas eléctricas elevadas).

- **Eléctricos ou Trâmuéis** são veículos para transporte público movidos a electricidade que circulam sobre carris, operando em UT de um a três veículos com uma capacidade oferecida de 80 a 300 espaços, maioritariamente em direitos de passagem de categoria B e C. O facto de terem carris e uma imagem distinta confere-lhes uma forte identidade que, combinada com elevado conforto torna o modo muito atractivo para potenciais utilizadores.



Imagem 1.6 Eléctricos de Lisboa



Imagem 1.7 Eléctricos de Lisboa

As suas operações em ruas congestionadas provocam atrito com outros veículos, perturbando a circulação de ambos. Nessas condições, AR apresentam melhor fiabilidade e maior velocidade. Por estas e outras razões, os eléctricos, que eram bastante populares, foram desaparecendo desde a década de 1950, tendo sido gradualmente substituídos por AR. Contudo, através de algumas técnicas de controlo de tráfego e inovadoras formas de desenho dos arruamentos, estes problemas podem ser aliviados, melhorando o desempenho que até se pode tornar superior ao AR na mesma via. Muitas cidades na Europa e noutros continentes

mantiveram o carro eléctrico, em muitos casos melhorando o tratamento preferencial em termos de tráfego e, em paralelo com um crescente desenvolvimento de sistemas de metro ligeiro, tem-se assistido a um revivalismo deste modo, particularmente em zonas de interesse turístico.

1.7.3. MODOS DE CAPACIDADE MÉDIA – TRANSPORTE PÚBLICO SEMI-RÁPIDO

Os modos que utilizam maioritariamente direitos de passagem de categoria B são caracterizados por um desempenho significativamente mais elevado que os modos anteriores – maior capacidade, fiabilidade, velocidade e atractividade de passageiros. Esta categoria inclui Autocarros Rápidos (ARP), Metro Ligeiro (ML), bem como Sistemas Automáticos Guiados (SAG), que usam direitos de passagem de Categoria A, mas que têm muito menos capacidade que sistemas de Comboio Rápido Urbano (Metro). Assim sendo, o transporte público semi-rápido engloba o ARP no seu limite inferior de desempenho até ao ML no seu limite superior.

- **O Autocarro Rápido (ARP)** inclui sistemas de autocarros que apresentam características físicas e operacionais que lhes conferem mais capacidade, melhor desempenho e uma imagem mais forte que os AR. Logo, as características mínimas que devem apresentar para serem considerados nesta categoria serão:
 - o A maior parte do direito de passagem é de categoria B, sendo apenas algumas secções, muito limitadas, de categoria C;
 - o Paragens com forte identidade, claramente identificáveis espaçadas de 300 a 500m
 - o Veículos regulares ou articulados com imagem forte, elevado conforto de circulação, piso rebaixado ou plataformas nas paragens elevadas
 - o Serviço regular ao longo do dia, não apenas em horas de pico
 - o Movimento das UT ao longo da linha, movimentos de passageiros nas paragens e a informação aos passageiros bem organizada e controlada por vários sistemas de informação, o que aumenta o grau de fiabilidade.
- **Metro Ligeiro (ML)** é um modo que utiliza fundamentalmente direito de passagem de categoria B, por vezes A e, excepcionalmente, C. Os seus veículos ferroviários movidos a electricidade operam sozinhos ou em UT de 2 a 4 carros. ML oferece uma larga variedade de nível de serviço e características de desempenho. Os sistemas de Metro Ligeiro tiveram a sua origem no desenvolvimento de elementos físicos e operacionais dos eléctricos ou trâmueis, apresentando, por isso, características iguais a esse modo e permitindo a existência de modos entre um e o outro. O Metro Ligeiro é, contudo, muito diferente do eléctrico típico, sendo os principais elementos que o diferenciam os seguintes:
 - o Maioria do direito de passagem de categoria B ou A, ao contrário do eléctrico que apresenta maioria de categoria C e B;
 - o Cruzamentos de nível sinalizados, muitas vezes com prioridade ao ML;
 - o Paragens e estações separadas das vias rodoviárias e apresentam equipamentos para os passageiros, como sendo abrigos, informação, entre outros;
 - o Espaçamento médio entre paragens de 300 a 600 m
 - o Veículos articulados, de elevada capacidade, muitas vezes operados agrupados em número de 2 a 4 numa única UT
 - o Veículos com múltiplas portas e chão rebaixado ou plataforma elevada para acesso fácil e rápido;
 - o Veículos espaçosos, e a viagem silenciosa e confortável;

- o Velocidades máximas de 70km/h ou superiores, tendo neste caso a via de ser protegida de cruzamentos de nível;
- o Elevada qualidade no direito de passagem, particularmente em túneis, construídos na perspectiva de uma possível transição para Metro.

O metro ligeiro tira partido de uma vantagem única deste sistema que é o facto de, tendo tecnologia guiada, poder, ainda assim, circular nas ruas onde se processa o restante tráfego, misturando-se com trânsito rodoviário e com peões. Este facto permite-lhe ter direito de passagem de qualquer uma das categorias e ainda ter as vantagens do guiamento – elevada capacidade, elevada produtividade nas operações, viagens confortáveis e uma imagem muito apelativa. Uma linha típica de ML tem os seus carris dispostos no meio de largas avenidas, com intersecções de nível reguladas por sinalização preferencial. Nas zonas de elevada densidade como centros de cidades, o ML pode usar túneis ou operar em zonas pedonais. A ausência de fumos de escape, o baixo ruído emitido e os bons registos ao nível da segurança, fazem do ML um modo de elevada compatibilidade com tráfego pedonal, ao contrário do que acontece com sistemas de autocarros. Nas zonas mais afastadas dos densos centros urbanos, o ML é alinhado paralelamente às grandes artérias, ou em vias completamente separadas (Categoria A). Nas estações o atravessamento de peões pode ser feito ao nível do arruamento, o que requer custos de investimento mais baixo e confere maior conveniência para os passageiros.

- **Sistemas Automáticos Guiados (SAG)** são sistemas assentes em vias de categoria A, dispondo de veículos eléctricos de média dimensão, com dois eixos e sem tripulação. A exclusividade da via e o automatismo da operação envolvem elevados custos capitais mas resultam em modos de muito elevado desempenho, tal como na fiabilidade e frequência de serviço. O carácter mais distintivo dos SAG é que o seu custo operacional é relativamente baixo (baixo custo com pessoal), o que implica que um serviço frequente e fiável pode ser oferecido em linhas com um volume médio de passageiros. As aplicações deste modo podem dividir-se em duas categorias gerais:
 - o **Shuttle em Circuito Fechado** são, de longe, o modo mais comum destas aplicações e encontram-se fundamentalmente em aeroportos, *vilas* universitárias, grandes exposições, etc., por isso têm um tipo especial de utilizadores e o seu serviço é tipicamente gratuito. Na maioria destas aplicações, a frota consiste num conjunto de veículos guiados, com pneumáticos e disponibilizando 15 a 80 lugares, na sua maioria, de pé, manobrados em UT de 1 a 3 carros. Devido à limitação de trajectos curtos, curvas de raio reduzido e gradientes expressivos, a velocidade de circulação atinge máximos de 40 a 50 km/h, constituindo assim um modo especializado no transporte de passageiros.
 - o **Sistema Automático Guiado Regular (SAGR)** é o segundo modo mais utilizado dos SAG e é substancialmente mais caro que o ML, oferecendo, por outro lado, um serviço mais rápido e mais frequente que este. Contudo, o ML oferece maior capacidade, conforto superior e melhor integração em áreas urbanas, uma vez que o SGR obriga a estações subterrâneas e está impedido de circular em áreas pedonais à superfície.

De uma forma geral, os sistemas completamente automatizados (UT não tripulados) são tecnicamente possíveis em todos os modos guiados em direitos de passagem de categoria A. Contudo, esta particularidade deverá ser assumida apenas quando os custos com pessoal se venham a revelar

proibitivos, uma vez que a pequena dimensão dos veículos faria com que a produtividade por custo laboral se tornasse insustentavelmente baixa; para modos rápidos como os que se seguem, uma automação total é possível, até desejável, mas não obrigatória, pois a produtividade desses modos é inerentemente alta.

1.7.4. MODOS DE ELEVADO DESEMPENHO - TRANSPORTE PÚBLICO RÁPIDO

O uso exclusivo de direito de passagem de categoria A é o elemento determinante para que os modos possam ter o desempenho mais elevado de todos os sistemas. Com esse direito de passagem, é lógico que as tecnologias guiadas, com tracção eléctrica, operações em comboios e sinalização redundante confirmam aos sistemas elevada capacidade, fiabilidade, segurança e outros elementos de desempenho. De longe, o modos mais predominantes destes sistemas, no lado do mais elevado desempenho são o comboio regional e o comboio rápido urbano (metro). Do lado da menor capacidade estão o Metro Ligeiro Rápido (MLR) e Sistemas Automáticos Guiados de média capacidade, bem como dois outros sistemas de transportes públicos rápidos com tecnologias diferentes: o Metro Rápido de Pneumáticos e o *MonoRail*.

- **Metro Ligeiro Rápido (MLR)** representa um Metro de reduzida escala que consiste de veículos de Metro Ligeiro a operar exclusivamente em direitos de passagem de Categoria A. É um modo utilizado em linhas que requerem muito elevados desempenho, mas que não têm passageiros suficientes para justificar comboios longos de elevado número de carruagens ou plataformas muito compridas. Existem poucos destes sistemas em operação, mas o seu significado tornou-se mais importante com a introdução do modo completamente automatizado. A operação destes comboios não tripulados permite uma maior fiabilidade e frequência, tornando-se apelativa para passageiros até volumes moderados. Consiste num modo que se pode designar de “*minimetro*”.
- **Metro Rápido de Pneumáticos (MRP)** consiste de veículos com área bruta de superfície com cerca de 36 a 43m² suportados e guiados por pneumáticos, rolando sobre uma superfície de betão ou de aço em comboios de três a nove carruagens num direito de passagem completamente controlado (categoria A). Também dispõem de rodas de aço para a realização de mudanças de via e em caso de falha nos pneumáticos.
- **Monorails (MNR)** são modos rápidos com uma tecnologia intrinsecamente diferente quer nos veículos quer no suporte. Apresentando uma gama muito variada, incluindo sistemas suportados ou suspensos da via, o mais comum é o sistema com pneumáticos acoplados a um eixo em betão desenvolvido pela companhia Alweg na década de 1950.
- **Comboio Rápido Urbano, ou Metro** é o modo de maior capacidade, consistindo de grandes carruagens com quatro eixos, tracção eléctrica e cerca de 70m² que operam em comboios de até dez carruagens em direitos de passagem completamente controlados (categoria A) com sinalização também completamente controlada. Estas características permitem elevada velocidade, fiabilidade e capacidade, rápidos movimentos de embarque/desembarque nas estações e, através do comando de homem morto, muito bons registos de segurança. Alguns sistemas de metros são ainda caracterizados por uma operação altamente ou até completamente automatizada sem um condutor. Comboios de veículos espaçosos com várias portas de ambos os lados permitem o movimento de passageiros que, sem o atraso provocado pela colecta de tarifas, podem ocorrer até ao impressionante número de 40 passageiros por segundo, várias vezes acima de qualquer outro modo. Este facto combinado com capacidades acima dos 2000 espaços e, nalgumas linhas até 40 comboios por hora, fazem com que este modo tenha uma capacidade muito superior a qualquer outro. O direito de passagem

completamente controlado permite que este seja o modo mais fiável e seguro, apresentando velocidades máximas condicionadas apenas pela distância entre paragens e o conforto dos passageiros. Com todas estas características, não há forma física de melhorar significativamente ainda mais o desempenho para este perfil de paragens. Este desempenho superior tem, evidentemente o custo de ser o investimento mais caro de todos os sistemas, com os veículos, o direito de passagem e as estações em áreas urbanas a representarem valores consideravelmente mais caros que em qualquer outra infra-estrutura de sistema.

- **Comboio Regional** é usualmente operado pelas companhias de caminho de ferro convencional, tem grande qualidade na geometria de alinhamentos e utiliza os maiores veículos de todos os modos guiados por carris. Apresentando áreas brutas de até 80m² (ou superiores no caso de veículos de duplo piso) que operam em comboios, com trajectos mais longos, com menos estações e a velocidades mais altas, o comboio regional pode considerar-se um “Metro de larga escala” que é o modo que serve as viagens regionais e urbanas de longa distância com maior eficiência.

2

SISTEMAS DE METRO

Como foi visto no capítulo anterior, os modos ferroviários distribuem-se pelos diferentes níveis de capacidade oferecida, estando presentes em modos de capacidade reduzida como eléctricos ou trâmueis, modos de capacidade média ou transporte semi-rápido como o Metro Ligeiro e em modos de transporte rápido como o Metro Ligeiro Rápido, o comboio rápido urbano (metro) e os comboios regionais.

O aspecto comum a todos estes modos é a sua tecnologia guiada e outro elemento abundante é a propulsão eléctrica. De uma forma resumida, a tecnologia de suporte e guiamento por carris apresenta as seguintes vantagens sobre outros modos guiados:

- Simplicidade do mecanismo básico: quatro a oito rodas por veículo e dois carris paralelos;
- A mudança de via mais simples, rápida e segura de todos os modos guiados;
- O menor consumo de energia por tonelada movimentada de todos os modos em uso actualmente, devido à baixa resistência ao movimento resultante do interface aço-aço do par roda-carril. Esta vantagem aumenta com a velocidade e, por isso, o modo ferroviário é o único utilizado em sistemas de transporte terrestre de alta velocidade;
- É a única tecnologia guiada que permite operações de superfície, com cruzamentos de nível;
- A sua simplicidade e robustez fazem com que seja um sistema com baixa manutenção e elevada durabilidade;
- Apresenta melhor adaptabilidade a situações climáticas adversas (chuva, gelo e neve) que os modos com pneumáticos, o que se traduz em maior fiabilidade e segurança em climas frios;
- Os sistemas modernos são os que disponibilizam o melhor conforto e estabilidade de circulação.

Como é natural, quando comparados com outros modos, surgem também algumas desvantagens relativas como sejam:

- Investimento inicial é mais alto que os sistemas de autocarros guiados, mas mais baixo que os Metro Rápido de Pneumáticos ou os monorails;
- A baixa adesão do par roda-carril apresenta a desvantagem de não conseguir vencer declives tão íngremes como os modos usando pneumáticos e precisam ser operados com maior margem de segurança por causa da maior distância de frenagem.
- Apesar de, quando circulam em recta ou curvas de elevado raio, serem bastante silenciosos, produzem mais ruído que os modos com pneumáticos, quando descrevem curvas com raio pequeno.

Para os modos ferroviários que apresentam também algum nível de separação no direito de passagem, pode dizer-se que representam os modos com mais elevado desempenho, mas são limitados na extensão da sua rede, devido aos elevados custos de investimento inicial que apresentam.

Consequentemente, os modos ferroviários não podem ser utilizados em áreas de pequena procura, mas constituem os modos óptimos quando essa procura é elevada. O ponto de inflexão, onde o transporte guiado por carris é preferível aos outros modos, depende contudo não só da procura, mas também da disponibilidade de separação do direito de passagem, das expectativas referentes à qualidade do serviço e desempenho; características das alternativas de transporte presentes, tais como a compatibilidade com zonas orientadas para peões; e dos impactos nos desenvolvimentos do uso dos terrenos. A superior qualidade no serviço e a forte identidade dos sistemas sobre carris quando comparadas com sistemas que usam autocarros – particularmente quando usam direitos de passagem separados - têm um enorme impacto na circulação não só do sistema, mas de toda a rede urbana. Um estudo realizado por Pushkarev e Zupan em 1982 [4] demonstra que a utilização de autocarros em cidades americanas onde estão presentes sistemas ferroviários é igual ou até ligeiramente superior a cidades sem estes modos. Este facto indica que a presença de modos sobre carris fomenta a utilização total de modos de transporte público, pelo incremento de todas as viagens que introduz na rede, constituindo-se assim não como um concorrente de outros modos de transporte público, mas antes como um elemento indutor de atracção a rede como um todo. Devido ao seu carácter permanente e capacidade de atrair desenvolvimento urbano, os sistemas ferroviários e as suas estações tendem a influenciar investimento e o valor de terrenos na sua vizinhança, como se verifica em muitas cidades em todo o mundo, como, por exemplo, Paris, Singapura, Tóquio, Washington e Toronto [3]. Finalmente, devido à elevada complexidade dos modos ferroviários, o planeamento urbano das cidades onde são introduzidos tem tendência a ser mais refinado que em cidades onde estes modos não estão presentes, desenvolvendo assim uma superior capacidade técnica nas pessoas envolvidas no estudo destes sistemas.

Com base nas principais características que distinguem os modos de transporte público – separação de direito de passagem, tecnologia e tipo de operação ou serviço – os sistemas ferroviários podem ser classificados em quatro categorias: Eléctricos ou trâmueis (VLC), Metro Ligeiro (ML), Metro ou Comboio Rápido Urbano (CRU) e Comboio Regional (CR). Cada modo oferece uma gama diferente de características físicas, desempenho, e custo, como demonstrado no capítulo 1.1

2.1. ELÉCTRICO, TRÂMUEI OU VEÍCULO LEVE SOBRE CARRIS (VLC)

Um eléctrico (ou trâmuei) é o carro eléctrico tradicional em grandes cidades como Basileia, Zurique, Lisboa, Porto e Rio de Janeiro. O eléctrico faz um percurso tipicamente mas não obrigatoriamente turístico. Movimenta-se sobre carris, que em geral se encontram instalados nas partes mais antigas das cidades. Destina-se sobretudo ao transporte de passageiros. Os eléctricos foram muito utilizados por toda a Europa, e também pela América, já no século XX. Actualmente, o transporte urbano sobre carris, também conhecido por VLC (Veículo Leve sobre Carris), encontra-se em expansão em várias cidades de todo o mundo. Com o advento do carro eléctrico, semelhante a um autocarro, embora movido a electricidade, o eléctrico passou a ser substituído por este, embora actualmente se verifique uma reinstalação de unidades actualizadas (ao nível do motor e chassis) mediante a crescente preocupação com o meio ambiente e nível de vida nas cidades. Paralelamente, a subsistência do eléctrico representa uma mais-valia cultural das próprias cidades, já que cada uma introduziu modificações características. Muitas das grandes cidades da Suíça ainda usam os eléctricos, bem como as grandes cidades da Alemanha e algumas cidades da França (Estrasburgo).

2.1.1.1. Primeiros desenvolvimentos e disseminação

O primeiro Trâmuei [5] do mundo operou na *Swansea and Mumbles Railway* no Sul do País de Gales, Reino Unido; a sua tracção era realizada por cavalos no início e, mais tarde, pelo vapor e por

electricidade. O *Mumbles Railway Act* foi aprovado pelo Parlamento Britânico em 1804, e a primeira linha de caminho de ferro de passageiros começou a operar em 1807. Os primeiros *streetcars* [3], conhecidos também como *horsecars* na América do Norte, foram construídos nos Estados Unidos e desenvolvidos a partir das linhas de diligências das cidades e das linhas de carruagens que embarcavam e desembarcavam passageiros numa rota regular sem a necessidade uma prévia marcação. Estes sistemas eram um caminho-de-ferro animal, geralmente usando cavalos e mulas, às vezes emparelhados como tracção para os carros, geralmente dois. Outros animais foram ocasionalmente utilizados, ou até seres humanos nas emergências. A primeira linha de “*streetcar*”, [6] desenvolvida por John Stephenson [7], era a linha da *New York and Harlem Railroad's Fourth Avenue Line* que funcionou ao longo da Bowery e da quarta avenida em Nova York, em 1832. O primeiro eléctrico funcionou provavelmente em Budapeste em 1887 [8] seguido de Bucareste com um serviço regular a partir de 1894 e Sarajevo em 1895 [3]. De início o assentamento dos carris fez-se acima do nível da rua, causando acidentes e problemas para peões. Foram suplantados em 1852 pelos carris sulcados (ou *girder*), inventados por Alphonse Loubat. Loubat, inspirado por Stephenson, construiu a primeira linha de eléctrico em Paris, França [9]. A linha de 2km, inaugurada em 21 de Novembro 1853, relacionada com a exposição mundial de 1855, assegurava o transporte, a título experimental, da *Place de la Concorde* a *Pont de Sèvres* e mais tarde até Boulogne.

Uma vez que muitas cidades não eram pavimentadas nessa altura, as carruagens puxadas por cavalos ficavam muito expostas às condições atmosféricas. Uma das primeiras vantagens observadas do eléctrico em relação a outros modos foi a baixa resistência ao movimento obtido pelo par roda-carril, o que permitia que os animais pudessem deslocar massas maiores para o mesmo esforço, até nas piores condições meteorológicas. Os eléctricos desenvolveram-se em inúmeras cidades, incluindo Londres, Southampton, Berlim, Paris, Seoul, Kyoto, Tóquio, Hong Kong e Melbourne. Apesar de apresentarem maior velocidade e conforto, os custos de exploração eram muito elevados uma vez que os animais só podiam trabalhar algumas horas por dia e requeriam alimentação, limpeza e tratamento todos os dias, para além de produzirem quantidades prodigiosas de estrume [3], cuja remoção era responsabilidade do operador da linha. Como tipicamente cada cavalo puxava um carro por cerca de 15 km por dia e trabalhava entre quatro a cinco horas diárias, muitos sistemas requeriam dez ou mais cavalos por cada carro operado, o que levou a rápidos desenvolvimentos de meios alternativos de tracção, com a máquina a vapor a ser introduzida em 1873 e a electricidade a ser apresentada pela Siemens na Exposição Internacional da Electricidade de Paris em 1881 [10]. A tracção eléctrica veio assim alterar este panorama no final do Século XIX e início do Século XX, quando substituiu a quase totalidade dos cavalos nos sistemas. A cidade de Nova Iorque encerrou a sua última linha movida por tracção animal em 1917; e uma linha movida por mulas subsistiu até 1956 em Ceyala, México. Algumas linhas, de carácter meramente turístico ainda operam em Douglas, Isle of Man; na Main Street da DisneyWorld, em Orlando, Florida; um serviço puxado por cavalos parte todos os 40 minutos do Victor Harbor, Austrália, todos os dias, com serviços espaçados em 20 minutos durante a época turística. Utiliza carruagens de dois pisos e funciona todo o ano. [3]

A facilidade e economia da electricidade resultaram na sua rápida adopção, logo que os problemas da produção e transmissão foram resolvidos. Em 1834, Thomas Davenport, um ferreiro de Vermont inventou um motor eléctrico movido por uma bateria. No ano seguinte usou esse invento para mover um pequeno carro eléctrico numa secção circular com 1,20m de diâmetro. O primeiro protótipo do carro eléctrico, ou *trâmuei* foi desenvolvido por um engenheiro russo, Fyodor Pirotsky que modificou um carro movido a cavalos para que fosse movido a electricidade. A invenção foi testada em 1880 em São Petersburgo. Em 1881, Werner von Siemens inaugurou a primeira linha de transporte eléctrico em Lichterfelde, perto de Berlim. Durante algum tempo, a palavra alemã para este modo era simplesmente “*die Elektrische*”.

Desenvolvimentos paralelos ocorreram no mesmo período nos Estados Unidos, onde Frank Sprague contribuiu com várias invenções, incluindo um sistema para captar electricidade a partir de linhas suspensas. O seu varão com uma mola inventado em 1880 usava uma pequena roda para manter o contacto ao longo da linha. No final do ano de 1887 e início de 1888, usando o seu sistema, Sprague instalou a primeira linha ferroviária movida a electricidade: a *Richmond Union Passenger Railway* em Richmond, Virgínia. Chegados a 1889, mais de uma centena de sistemas usando o equipamento de Sprague estavam planeados ou em funcionamento em vários continentes.

2.1.1.2. Retrocesso nos Estados Unidos da América e no Reino Unido

O Grande Escândalo Americano do Carro Eléctrico, também conhecido como a Conspiração da *General Motors* contra o Eléctrico ou a Conspiração da *National City Lines* foi uma acção concertada em meados do século XX em que os sistemas de carros eléctricos foram, através de um conjunto de acções ilegais, desmantelados e substituídos por autocarros. [11]

A *National City Lines*, em operação desde 1920, foi transformada numa *holding* e a General Motors, Firestone Tire, Standard Oil of California, Phillips Petroleum, Mack, e a Federal Engineering Corporation tornaram-se investidores nas companhias detidas pela National, com a contrapartida de contratos de exclusividade nos fornecimentos. Entre 1936 e 1950, a *National City Lines* adquiriu mais de 100 sistemas de carros eléctricos em 45 cidades, incluindo Detroit, cidade de Nova Iorque, Oakland, Philadelphia, Phoenix, St. Louis, Salt Lake City, Tulsa, Baltimore, Minneapolis, e Los Angeles, substituindo-os por autocarros da GM. A *American City Lines* fundiu-se com a *National* em 1946. As consequências do escândalo foram um aumento da cultura do veículo rodoviário nos Estados Unidos e a falta de uma rede de transportes urbanos consistente nas diversas cidades, com a excepção da *Amtrak*, que exerce um monopólio *de facto* no transporte de passageiros de longa distância em modos ferroviários. A cultura norte-americana do veículo rodoviário, em particular do automóvel privado subsiste ainda hoje, 70 anos depois, apesar de algumas iniciativas de transportes públicos locais de algumas cidades.

Para além dos avultados investimentos federais, estatais e locais na construção e manutenção de estradas, o uso do automóvel foi também estimulado por regras de desenvolvimento urbano que impunham a construção de zonas de estacionamento cuja dimensão dependia da natureza e do tamanho dos equipamentos a licenciar. Esta legislação teve o efeito de deslocar estes equipamentos para longe das ruas que os serviam e, conseqüentemente, levou ao abandono de passeios nas envolventes de alguns centros comerciais e até de alguns subúrbios, tornando o tráfego pedonal perigoso. Isto veio a aumentar ainda mais a dependência do transporte rodoviário, particularmente do uso do transporte privado, até em distâncias que seriam facilmente vencidas caminhando.

Outras razões que levaram à diminuição destes modos compreendem o aumento significativo do automóvel privado antes da Primeira Grande Guerra, já que as pessoas que o podiam adquirir, tomaram como hábito conduzir para o emprego, em vez de tomarem o transporte público. Assim, começam ocorrer situações de congestionamento dos arruamentos, levando a uma diminuição do nível de serviço dos transportes públicos, levando, em ciclo vicioso, mais pessoas a abandonar o sistema. Outro motivo foi o desenvolvimento do *Jitneys* [3] que oferecia um meio de transporte mais barato que o eléctrico para quem não tinha capacidade de adquirir um carro próprio. *Jitneys* eram essencialmente táxis que percorriam a mesma rota que o eléctrico, uns minutos antes da chegada prevista deste e recolhiam os passageiros que por ele esperavam. Sendo um modo mais barato que o eléctrico (*Jitney* é um termo do calão Norte-Americano do início do século XX que significa a moeda de cinco cêntimos), este tornou-se um modo muito atraente para as pessoas que comutavam.

No Reino Unido, forças corporativas similares, ainda que mais subtis, com ramificações a actos políticos, uma vez que as companhias de carros eléctricos eram posse das autoridades locais, levaram ao encerramento de muitas linhas. Estes encerramentos levantaram um coro de protestos que, ainda assim, não conseguiram evitar a substituição por autocarros.

Na Europa continental, devido à dificuldade em importar petróleo ou borracha e graças à disponibilidade de energia eléctrica e aço, os diversos países não tiveram alternativa à reconstrução das suas linhas durante o pós-guerra.

2.1.1.3. Renascimento do carro eléctrico

Durante as décadas recentes, redes de eléctricos têm sido restauradas, actualizadas e ampliadas em vários países por todo o mundo. Esta nova tendência deve-se a múltiplos factores, desde logo, o desenvolvimento de uma consciência ambiental potenciadora da utilização destes modos; o elevado custo de operação que - por aumento do preço dos produtos petrolíferos - os modos rodoviários têm vindo a registar; e desenvolvimentos técnicos na concepção e operação dos carros eléctricos que os tornaram mais confortáveis, e atractivos para os passageiros.

Eva Dydová da Companhia de Transporte Público de Praga (República Checa) afirmou em Dezembro de 2007 que o aumento da linha de eléctricos de Praga em 14,2 km de extensão segue uma tendência europeia: “Na Europa dos últimos dez anos, o transporte por eléctrico é o modo preferido dos transportes públicos. Pode dizer-se que o transporte por eléctrico está a atravessar um período de renascença.” [12] Em Israel, dois sistemas de eléctricos estão a ser construídos em Tel Aviv e Jerusalém, que ofereciam apenas transportes públicos em autocarros até agora.

Em muitos casos, contudo, o ressurgimento do modo do carro eléctrico tem sido efectuado com uma substituição gradual pelo modo de maior desempenho, o Metro Ligeiro (secção 2.2.2), havendo uma continuidade entre os sistemas. A diferenciação entre estes modos é, cada vez mais, função da separação do direito de passagem e subsequente afastamento de paragens, aumento de velocidade e nível de serviço.

Os desenvolvimentos técnicos mais notáveis do ponto de vista dos utilizadores do carro eléctrico são os sistemas de informação electrónica a passageiros quer nas paragens quer no interior dos veículos e os novos veículos de piso rebaixado.

2.1.2. VEÍCULO DE PISO REBAIXADO

Define-se veículo de piso rebaixado como aquele que não implica a utilização de degraus entre a plataforma de acesso (paragem ou estação) e o interior do mesmo (Figura 2.1.). Existem Autocarros, eléctricos e metros ligeiros de piso rebaixado. Introduzidos pela Siemens em 1985 em Genebra [13], estes veículos despoletaram uma autêntica revolução na concepção dos veículos para os serviços de eléctricos e de Metro Ligeiro, influenciando também a construção de alguns metros que têm plataformas baixas. A sua inovação foi um veículo com o pavimento a cerca de 30cm da superfície de rolamento (coroa do carril). Esta concepção foi ainda refinada para o veículo ULF (Ultra Low Floor) da Siemens com 18cm de elevação [14].



Imagem 2.1 ULF

O primeiro objectivo destes veículos foi o de melhorar as operações de embarque e desembarque de passageiros, tornando-as mais rápidas e acessíveis a pessoas com mobilidade reduzida, a partir de uma plataforma que não é mais que um passeio ligeiramente elevado.

Funcionalmente, existem três categorias gerais de veículos de piso rebaixado, consoante a percentagem de área rebaixada para o total do pavimento do veículo.

- Veículos com 35% têm a secção de piso rebaixado entre carruagens contíguas, onde se situam os motores e restante sistema de tracção, apresentando degraus entre a secção de altura normal (cerca de 800mm) e o piso rebaixado. Tem como vantagem a utilização de rodas, motores e outro equipamento de dimensões correntes e como principal desvantagem a insuficiência de portas e lugares na área rebaixada para os utentes de mobilidade reduzida (nomeadamente cadeiras de rodas). Estes veículos são muitas vezes introduzidos em sistemas de Metro Ligeiro pré-existentes que são adaptados para melhorar a acessibilidade, mas raramente em novos sistemas.
- Veículos com cerca de 70% de piso rebaixado apresentam a secção mais baixa entre os extremos das carruagens onde se situam os equipamentos de tracção e degraus para a secção central, de piso rebaixado. Para permitir o rebaixamento do piso, a secção central não tem equipamentos de tracção e apresenta rodas colocadas individualmente (sem eixos) e de menor dimensão. Todas as portas estão na secção rebaixada, o que confere total acessibilidade. Estes veículos têm revelado uma boa aceitação, uma vez que proporcionam aos utentes a escolha entre viajar na secção central rebaixada, ou acomodarem-se na secção mais elevada. Foi já demonstrado que a maioria dos passageiros prefere estar sentado a uma altura mais elevada, porque está mais longe do pavimento e não têm a sensação que os peões que passam na rua adjacente estão acima deles.
- Veículos com 100% de piso rebaixado apresentam o sistema de tracção composto por rodas dispostas individualmente, accionadas por motores individuais ou motores que transmitem tracção a pares de rodas situadas uma por trás da outra. Existem caixas que invadem o piso do veículo, onde se situam as rodas e respectivos motores, mas que são habitualmente dispostos por baixo dos assentos da carruagem. Estes sistemas são assim os mais complexos, uma vez que têm as rodas e respectivos motores individualizadas e todo o equipamento na cobertura. Todos estes elementos não convencionais particularmente as rodas de pequeno diâmetro suspensas individualmente e os motores de concepção especial são muito mais sensíveis às operações, o que obriga a um cuidado maior no que diz respeito à manutenção da linha, já que

provocam, maior desgaste nos carris. Como é óbvio, estes veículos representam maiores custos, quer na aquisição inicial do equipamento, quer nas despesas de operação, (custos de manutenção). Por outro lado, os benefícios dos veículos de piso completamente rebaixado contam com, para além da total acessibilidade, a possibilidade da instalação de paragens em qualquer ponto ao longo da linha, em zonas pedonais, com pequena perturbação devido à baixa elevação requerida para o embarque/desembarque dos passageiros. Na tabela 2.1 apresentam-se alguns veículos eléctricos que têm esta configuração:

Tabela 2.1 Veículos de 100% piso rebaixado

Designação	Construtor	Características			
		Comprimento (m)	Altura acima da coroa do carril (mm)	Número de passageiros Sentados+de pé	Velocidade Máxima (km/h)
118N "Puma"	H.Cegielski-Fabryka Pojazdów Szynowych	30,600	300	80+132	70
Citadis	Alstom	20,000 a 40,000	300-350	40+100 70+230	70
Citytram	Tram Power UK	16,000 a 38,000	300	82+120	80
Cobra	Consórcio de construtores	36,000	350	90+113	70
Combino / Avenio	Siemens	18,000 a 72,000	350	Até 352	70
ULF	Siemens	24,210 35,470	180	105 510	70
Crotram TMK 2200	Končar Elektroindustrija d.d. e TŽV Gredelj d.o.o.	32,000	300	46+156	100
Família Flexity	Bombardier	21,070 43,400	350	52+67 80+215	80
Pesa 120N e derivados	Pojazdy Szynowe Bydgoszcz SA (PESA)	20,220 a 31,820	350	41+81 63+148	70
Família Sirio	AnsaldoBreda	20,200 35,350	350	31+83 71+142	80
15T "ForCity"	Skoda	31,400 31,600	350-450	61+239 60+260	80-100
Variotram	Stadler	24,400 42,700	350	55+80 129+130	70
Várias Soluções por medida	CAF	23,780 42,856	350	65+90 80+168	70

Como se pode constatar, a variabilidade e possibilidade de elaborar soluções à medida é transversal ao sector fabril do material circulante. Este facto em conjunto com o desenvolvimento progressivo dos eléctricos para metro ligeiro perfaz uma continuidade de modos, como referido na secção 2.1.1.3.

2.1.3. CARGOTRAM

Um modo particularmente interessante e de desenvolvimento recente de carros eléctricos é o *CarGo Tram*, que foi introduzido pela primeira vez em Dresden, Alemanha, para, ironicamente, movimentar peças da indústria automóvel entre o centro logístico GVZ (Güterverkehrszentrum), em Friedrichstadt e a nova Gläserne Manufaktur (fábrica transparente) situada na Straßburger Platz [15]. Segue uma rota de aproximadamente 5km que passa pela Postplatz e a Grunaer Straße até à Straßburger Platz e finalmente para dentro da fábrica. Alternativamente, este modo pode circular até à estação ferroviária central de Dresden ou por outras vias quando se verifica congestionamento. A frequência é de uma composição por hora, podendo ser aumentada para uma por cada quarenta minutos e tem a capacidade equivalente a três camiões ($214m^3$). Operando 21 horas por dia, o *CarGo Tram* entrega cerca de 2.000 toneladas de componentes por dia. Tendo sido fabricado a partir de material reciclado de eléctricos *Tatra* fora de serviço fabricados pela ČKD (República Checa) e assente na rede de transporte de passageiros pré-existente, consiste num modo inovador que está já em funcionamento. Em Zurique (Suíça), um sistema semelhante serve de modo de recolha de resíduos urbanos, perfazendo actualmente 18 viagens mensais [16]. Este modo está a ser ponderado em várias cidade na Europa, particularmente Amesterdão (Holanda), Graz e Viena (Áustria) e Paris (França).



Imagem 2.2 CarGo Tram



Imagem 2.3 Percurso Tipo

2.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E DE OPERAÇÃO

Os sistemas de Veículos Leves sobre Carris (VLC) consistem de Unidades de Transporte (UT) de um, dois ou, por vezes três veículos ferroviários que se deslocam maioritariamente em estradas, ruas e avenidas no seio do restante tráfego, ainda que por vezes evidencie algum, reduzido, grau de separação, maioritariamente dado por uma preferência em termos de sinalização.

Apresentam excelentes características dinâmicas e conforto de circulação, mas a sua fiabilidade e velocidade de operação dependem em larga medida das condições de circulação do tráfego como um todo. Se circulam em ruas estreitas congestionadas, o nível de serviço será baixo; se, por oposição, circulam em grandes avenidas com pouco tráfego, ou com vários tratamentos preferenciais, será muito alto.

Um veículo típico ou tradicional de VLC tem 4 a 6 eixos e um comprimento de 14 a 21 m, com espaços sentados que representam cerca de 20 a 40% dos seus 100 a 180 lugares oferecidos. As ofertas mais recentes por parte da indústria consistem em modos de maior capacidade e conforto, com vários pontos de articulação e piso rebaixado, podendo atingir bem mais de 50m de comprimento, numa concepção modular que apresenta ainda vantagem de ser um sistema dinâmico que pode fazer crescer a sua oferta sem necessidade de substituir o seu material circulante, juntando apenas mais módulos nas

oficinas. Estes modos mais recentes podem apresentar até 350 lugares (assumindo 4 passageiros em pé por m²). (ver tabela 2.1). Devido à partilha do direito de passagem, e apesar de, em projecto, poderem alcançar velocidades na ordem dos 70km/h, os VLC circulam a uma velocidade média de 15 a 30km/h, ligeiramente abaixo da velocidade do restante tráfego em direito de passagem de Categoria C, e um pouco acima desta em Categoria B.

2.2. METRO LIGEIRO

Consistindo em veículos de elevada capacidade, silenciosos, de tracção eléctrica, com elevada qualidade de circulação e operando em Unidades de Transporte de uma a quatro carruagens em direitos de passagem predominantemente separados do restante tráfego, o Metro Ligeiro (ML) é um modo que adquiriu nos últimos 40 anos uma importância crescente no universo dos sistemas de transporte público. De facto, em muitos países, o ML é o modo ferroviário que regista maior crescimento. Situando-se, em termos dos parâmetros definidos no capítulo 1, no transporte semi-rápido, em termos de desempenho e custo, está entre o carro eléctrico e o Metro.

2.2.1. HISTÓRIA DO METRO LIGEIRO

Em meados do Século XX, muitos dos sistemas de carros eléctricos no Reino Unido, Estados Unidos da América e outros países terem sido descontinuados com a progressiva popularidade do veículo automóvel. (ver 2.1.1.2.) Ainda que alguns sistemas tenham subsistido com eléctricos, o termo Metro Ligeiro foi introduzido para designar um novo modo de transporte ferroviário [17]. O Metro Ligeiro moderno tem as suas origens na Alemanha do pós-guerra, onde as linhas de eléctricos foram mantidas ou recuperadas com a evolução para sistemas de maior capacidade (*stadtbahnen*) [10].

Na Alemanha Ocidental (RFA), as autoridades municipais optaram por uma separação do transporte privado do transporte público. O conflito que surgiu com o aumento do transporte privado e a rede pré-existente de carros eléctricos levaram as autoridades a contemplar a possibilidade de uma rede de “segunda geração” através da separação por elevação ou por execução de túneis, principalmente nas grandes intersecções [3].

Munique e Nuremberga decidiram-se pela execução de sistemas de Metro de larga escala, os *U-Bahn*. Berlim e Hamburgo planearam expansões da rede de Metro existente e a maioria das restantes cidades optaram pela modernização e melhoria sustentadas da rede de eléctricos, ligando as novas linhas de “segunda geração” com as secções existentes. Enquanto algumas cidades encararam estes desenvolvimentos como estágios intermédios que levariam inexoravelmente à constituição de sistemas de direito de passagem completamente separados, outras planearam para um sistema menos exigente, com um grau de separação menos severo e que conseguisse acomodar novas linhas a longo prazo. Em ambas abordagens, os seguintes termos vieram designar os novos modos: “*U-Straßenbahn*” ou “*Untergrund-Straßenbahn*” (trâmuêi subterrâneo) abreviado como “*U-Strab*”; “*Schnellstraßenbahn*” (trâmuêi rápido) e ainda “*Stadtbahn*” (trâmuêi citadino). Nos países francófonos, estes modos eram colectivamente designados de pré-metro, o que demonstrava o carácter transitório dos mesmos [3].

Nos Estados Unidos da América, os conceitos básicos subjacentes a um novo conceito de transporte urbano sobre carris foram expostos por H. Dean Quinby em 1962 num artigo da *Traffic Quarterly* intitulado “Major Urban Corridor Facilities: A New Concept” [18] (Instalações de Grandes Corredores Urbanos: Um Novo Conceito). Nele, Quinby distinguiu o novo sistema do carro eléctrico em vários aspectos:

- Apresentar maior capacidade
- Aparência semelhante à de um comboio convencional, com mais de uma carruagem ligadas entre si
- Tendo mais portas para facilitar a utilização total do espaço oferecido
- Operação mais rápida e mais silenciosa

O termo Metro Ligeiro (*Light Rail Transit*) foi introduzido no léxico norte-americano em 1972 pela então *Urban Mass Transportation Administration (UMTA)*, agora denominada *Federal Transportation Administration*, para designar este novo modo.

O primeiro sistema de Metro Ligeiro a operar na América do Norte foi o da cidade Canadense de Edmonton, Alberta, que adoptou o sistema alemão U2 da Siemens Duewag, seguindo-se três anos mais tarde a instalação de sistemas semelhantes em Calgary, Alberta e San Diego, Califórnia [3].

O conceito provou ser popular e, apesar de o Canadá ter poucas cidades que justifiquem um sistema de Metro Ligeiro, existem hoje em dia pelo menos 30 sistemas nos Estados Unidos da América.

Na Europa, o conceito do Metro Ligeiro deve ainda muito ao planeamento que foi efectuado na cidade de Gotemburgo, Suécia, onde ao longo de quinze anos, a rede de carros eléctricos foi expandida para zonas mais afastadas do centro da cidade com velocidades superiores com direito de passagem reservado; e o material circulante substituído por uma frota de veículos de elevado desempenho, auxiliados por restrições ao tráfego automóvel na zona central da cidade que efectivamente conferiram prioridade ao sistema, encorajando o seu uso. Tudo isto foi conseguido sem o elevado custo de enterrar (ou elevar) a infra-estrutura, mantendo o transporte público à superfície, tão visível e acessível como qualquer outro sistema [3].

Na década de 1990, o desenvolvimento da tecnologia de piso rebaixado (ver secção 2.1.2.) permitiu a massificação de operações de embarque/desembarque sem degraus o que permitiu que os modos de superfície tenham agora melhor desempenho nestas operações com recurso apenas a uma ligeira elevação no ponto de paragem. Após alguns ensaios em França e na Alemanha, esta é hoje a solução preferida para conferir acessibilidade total aos veículos ferroviários de transporte de superfície de passageiros (Eléctricos ou Metros Ligeiros) e, por isso, mais de 2000 unidades de piso rebaixado foram já encomendadas ou entregues por toda a Europa.

2.2.2. TECNOLOGIA DO METRO LIGEIRO

Sistemas de Metro Ligeiro são habitualmente compostos por veículos articulados com duas a sete secções com quatro a dez eixos (chassis convencional) ou, em alguns casos, com rodas suspensas individualmente (chão rebaixado). Operam em unidades individuais ou em conjuntos de 2 a 4 veículos de quatro ou seis eixos ou 2 veículos de oito eixos. Os veículos articulados têm comprimentos que variam entre os 18 e os 42m e podem transportar até 250 pessoas com 20 a 50% dos passageiros sentados. Têm acelerações/desacelerações na ordem dos 1 a 2 m/s^2 ou, em caso de travagem de emergência, 3 m/s^2 . As velocidades máximas dependem das concepções individuais dos sistemas mas estão usualmente limitadas a 70-80 km/h, havendo contudo sistemas que podem alcançar velocidades de 100 a 125 km/h. As velocidades de operação rondam os 18 e os 40 km/h.

O Metro Ligeiro caracteriza-se por uma grande variedade nas suas características físicas e operacionais, tais como a capacidade - bastante útil - de utilizar vários tipos de instalação na mesma linha, como sejam túneis, arruamentos e cruzar parques e zonas pedonais. Admitem plataformas altas ou baixas e até podem ser operados por um condutor em parte do trajecto para depois passarem a ser completamente automatizados em zonas de direito de passagem completamente reservado como acontece, por exemplo, em São Francisco. Por estes motivos, a continuidade de sistemas entre o

eléctrico e o metro ligeiro é transversal a todo o sector industrial dos fornecedores de material circulante. Assim, por exemplo, a Bombardier engloba ambos os modos na família Flexity (caso do Metro do Porto, onde há 30 veículos Flexity Swift, catalogados como Metro Ligeiro; e 72 Flexity Outlook catalogados como Trâmuei).

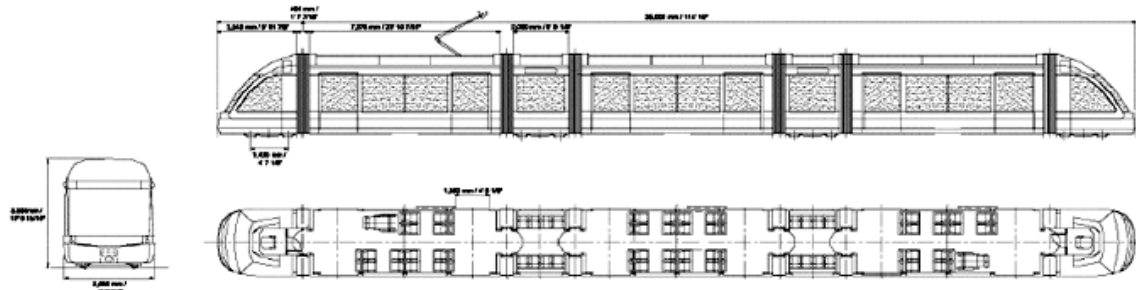


Imagem 2.4 Flexity Outlook da Metro do Porto, S.A

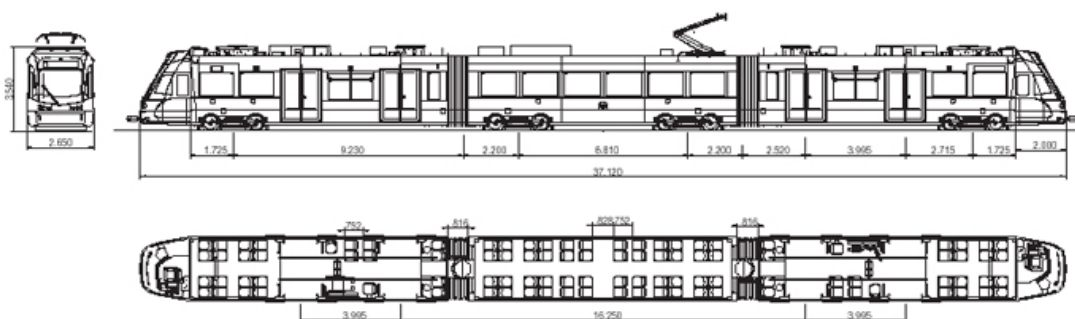


Imagem 2.5 Flexity Swift da Metro do Porto, S.A.

Tabela 2.2 Material circulante da Metro do Porto S.A.

Características	Flexity Outlook	Flexity Swift
Número de veículos	72	30
Comprimento	35,002 mm	37,070 mm
Largura	2,650 mm	2,650 mm
Velocidade máxima	80 km/h	100 km/h
Raio mínimo de curva horizontal	18 m	25 m
Rampa Máxima	68 ‰	70 ‰
Chão Rebaixado	100%	70%
Lugares sentados	80	100
Lugares em pé	214 (4 passageiros / m ²)	148 (4 passageiros / m ²)

Constata-se então que a diferença fundamental entre o Metro Ligeiro e o Eléctrico reside na categoria do direito de passagem, com as implicações que daí advêm. Com o aumento do grau de reserva da via, aumentam, numa primeira instância, também a velocidade, fiabilidade e nível de serviço e, numa segunda ordem, o espaçamento entre estações/paragens, a capacidade e distância média de viagens.

2.2.3. METRO LIGEIRO RÁPIDO

O Metro Ligeiro Rápido (MLR) é o modo com maior desempenho dos diferentes tipos de Metro Ligeiro e a sua característica diferenciadora é o facto de operar num direito de passagem de Categoria A, completamente separado da envolvente, a menos de algumas raras intersecções de nível completamente controladas [3]. Este facto permite aos veículos, muito semelhantes em tamanho e concepção aos veículos de Metro Ligeiro convencionais, atingir velocidades muito superiores às atingidas pelos sistemas de Metro Ligeiro. Em numerosas cidades com redes de Metro Ligeiro, algumas linhas apresentam direito de passagem completamente reservado e, logo, constituem um Metro Ligeiro Rápido. Casos exemplificativos são Gotemburgo, na Suécia, Frankfurt, Alemanha. Linhas de Metro Ligeiro Rápido têm sido introduzidas em sistemas novos de Metro Ligeiro e, tirando partido da vantagem da via exclusiva, completamente automatizadas, tais como em Vancouver, Canadá; London-Docklands, Reino Unido e Gotemburgo. É natural que este modo, com a sua reserva de via e potencialidade para a total automatização, venha a ser uma opção cada vez mais frequente no universo do transporte público urbano.

2.3. COMBOIO RÁPIDO URBANO OU METRO

Em muitos aspectos, o Metro representa o modo óptimo para um serviço de elevada capacidade de transporte urbano de passageiros. Tem direito de passagem completamente controlado, sem nenhuma interferência; método de guiamento simples, tracção eléctrica e sinalização redundante que permitem a adopção da máxima velocidade possível entre estações consecutivas. É bastante confortável, altamente eficiente em termos de utilização da energia, extremamente fiável e quase absolutamente seguro.

A operação de uma Unidade de Transporte (UT) com até dez veículos longos manobrada por uma só pessoa faz com que este modo apresente capacidade e rentabilidade laboral muito superior a qualquer outro sistema de metro e só excedida pelo comboio regional nos modos ferroviários. Metodologias de cobrança das tarifas afastadas dos veículos, plataformas elevadas e até quarenta portas de elevado débito, fazem com que operações de embarque e desembarque sejam 3 a 5 vezes superiores ao ML e 10 a 20 vezes as dos autocarros, supondo estes no máximo do desempenho. Devido à Categoria A do seu direito de passagem, o Metro é o sistema mais pré-disposto a uma automatização completa, apresentando, desde o final da década de 1990, exemplos de estações sem pessoal e controlo central de

todas as operações. Os melhores exemplos são a Linha D do Metro de Lyon, a Linha 14 do Metro de Paris e a MRT Nordeste em Singapura. A tendência para uma completa automação das operações é a de crescimento e aceleração desse crescimento [3].

O Metro requer também o maior investimento de entre todos os modos aqui explorados, primeiramente devido à completa separação do seu direito de passagem e estações de grande desenvolvimento sendo, por isso, a sua primeira aplicação ao longo de corredores com grandes volumes de passageiros. Deve notar-se contudo, que caso o este volume seja de tal ordem que é necessário um sistema de elevada capacidade e alto nível de serviço, o Metro apresenta o mais baixo custo de investimento e custo de operação por passageiro de todos os modos de metro. O custo marginal de aumento de capacidade (aquisição veículos e/ou acomodação de novas viagens) é também o mais baixo de entre todos estes modos.

2.3.1. HISTÓRIA DO METRO

A história do Metro é geralmente considerada como tendo tido início com a abertura em 1863 da *Metropolitan Railway*, agora parte do Metro de Londres (*London Underground*), desenvolvida a partir do sistema ferroviário convencional para fazer as ligações entre as várias estações de comboios de Londres [19]. Os seus 6 km de túnel foram executados pelo método a céu aberto (*cut and cover*) ao longo dos arruamentos sempre que possível. Apesar de as locomotivas disporem de mecanismos especiais para minimizar a sua emissão, os fumos expelidos pelas máquinas a vapor que consistiam na sua forma de tracção causaram de imediato bastante desconforto aos utilizadores e limitaram a atractividade do novo modo de transporte intra-urbano. Ainda assim, o serviço rápido oferecido pelo novo modo atraiu numerosos passageiros. Entre 1863 e 1890 foram apresentadas uma série de propostas para a construção de modos sem fumos como o *Transporte Pneumático*, ou transporte movido por cabos, mas sem que alguma fosse considerada solução [20]. Esta viria a ser instalada como a *City & South London Railway* em 1890 com tracção eléctrica por terceiro carril; disposta ao longo de um tubo metálico com cerca de 3m de diâmetro, profundamente enterrado nas argilas de Londres¹, despoletando o desenvolvimento de sistemas de comboios enterrados em Budapeste (Império Austro-Húngaro, 1896), Glasgow (Escócia, 1897), Boston e Nova Iorque (Estados Unidos da América, 1908 e 1904), Paris (França, 1900), Berlim e Hamburgo (Alemanha, 1902 e 1912) e Buenos Aires (Argentina, 1914). No eclodir da I Grande Guerra, que parou efectivamente o desenvolvimento de novos sistemas, havia 11 cidades com comboios rápidos urbanos. As condições instáveis no período entre as duas Guerras permitiram apenas a execução de 6 novos sistemas em outras tantas cidades com o Metro de Moscovo a ser inaugurado como o último sistema do período pré-guerra. No pós-guerra, os elevados custos associados com a construção deste modo impediram que a Europa e o Japão conseguissem investir em novos sistemas, enquanto nos Estados Unidos da América a atenção estava agora voltada para a massificação do transporte privado (ver Capítulo 2). Contudo, com o passar do tempo, as entidades competentes têm vindo a reconhecer a importância do transporte público de elevada capacidade e a prova do aumento significativo neste modo é o facto de o número de sistemas em todo o mundo ter quintuplicado no período entre 1955 e 2006.

2.3.2. TECNOLOGIA DO METRO

Os sistemas recentes de Metro apresentam veículos com 16 a 23 m de comprimento, e 2,500 a 3,200m de largura, utilizando tecnologia de captação de energia por terceiro carril, apoiados em 2 bogies de 4

¹ Daí o nome popular “*Tube*” para o metro de Londres

rodas cada, ainda que tenham surgido recentemente alguns conjuntos de veículos de “corpo contínuo”, articulados para melhor poderem percorrer curvas – horizontais e verticais - com menor raio.

Estes novos veículos, utilizados em Roma e Singapura, por exemplo, apresentam a vantagem de eliminar portas entre veículos consecutivos viajando numa UT, o que melhora a distribuição de passageiros, mas, retroactivamente, têm as importantes desvantagens de não se adaptarem a diferentes volumes da procura e de uma avaria num dos veículos parar toda a composição.

Operando em UT de 1 a 10 veículos cuja capacidade unitária varia entre 120 e 250 lugares, dos quais 20 a 60% sentados, com velocidades na ordem dos 25 a 60km/h e com frequências de ponta de 20 a 40 comboios por hora, o Metro consegue movimentar até 62.000 pessoas/hora por linha (Nova Iorque). Contudo, a maioria dos sistemas funciona com uma capacidade oferecida de 8.000 a 25.000 lugares/hora.

Os veículos são sempre adaptados ao perfil do traçado que a entidade gestora do sistema tem previsto, ou elaborado colaborativamente com esta, partindo de uma tecnologia de base comum da adjudicatária do material circulante.

2.4. COMBOIO REGIONAL

Representando o serviço local das linhas ferroviárias convencionais, o comboio regional é operado pelas companhias de caminhos-de-ferro na sua infra-estrutura – em particular, no seu direito de passagem – que é separada e controlada, com alguns cruzamentos de nível largamente espaçados e controlados por barreiras móveis. A tracção deste modo é essencialmente eléctrica, subsistindo contudo nalguns sistemas as carruagens movidas a motores diesel (automotoras). Com veículos grandes operados individualmente; em comboios de unidades múltiplas; ou movidos por locomotivas, estes modos oferecem um excelente nível de conforto e elevada velocidade durante as suas longas viagens - nos Estados Unidos da América, a média é de 35km [3]. A maioria dos serviços de comboio regional consiste num número de linhas que irradiam do centro das cidades para estações localizadas nos subúrbios e o acesso dos passageiros ao sistema é realizado caminhando, de bicicleta, de autocarro ou por duas formas de interface com o tráfego automóvel privado: *Park-and-Ride* (P+R) – livremente traduzido por “Estacione e Viaje”, é o interface resultante da disponibilização de lugares de estacionamento de viaturas nas áreas limítrofes das estações; *Kiss-and-Ride* (K+R) – livremente traduzido para “Despeça-se e Viaje” é a disponibilização de uma área em zonas limítrofes de estações ou outros terminais onde a paragem de veículos automóveis é permitida pelo tempo estritamente necessário para largar passageiros e eventual bagagem.



Imagem 2.6 Park and Ride



Imagem 2.7 Kiss and Ride

Estações centrais de cidades onde coexistem os modos ferroviários inter-cidades são de número reduzido, oferecendo assim pouca cobertura ao centro urbano (relembrar que foi devido a esta pequena cobertura que houve a necessidade de criar o Metro – ver secção 2.3.1.). Uma vez que este modo serve primordialmente trajectos dos subúrbios para os centros das cidades em viagens longas, os seus veículos oferecem muito maior percentagem de lugares sentados que qualquer outro dos modos abordados: até 128 lugares em carruagens de um piso ou até 185 em carruagens de piso duplo. As velocidades médias medem-se entre os 30 e os 75km/h, com velocidades máximas verificadas nos 130km/h. A produtividade laboral deste modo consegue ser muito elevada, ainda que haja ainda alguns sistemas em que, por diversos motivos - que variam desde uma gestão desinteressada, insuficiente assistência financeira ao melhoramento dos sistemas e inadequadas manutenção e modernização – o potencial intrínseco não seja completamente desenvolvido, o que conduz à presença de uma carga laboral muito superior ao que seria necessário. Só graças ao elevado desempenho inerente a estes sistemas é que, apesar de uma ineficiente gestão, eles continuam a consistir um serviço de extrema utilidade e valor nas áreas metropolitanas.

2.5. SISTEMAS HÍBRIDOS

Como já foi referido, as empresas de índole industrial fornecedoras de material circulante adoptaram uma filosofia de “personalização” de modos, criando soluções à medida para as entidades gestoras dos sistemas. Esta política tem vindo a concretizar-se numa continuidade de sistemas em que diferenças subtis nos aspectos tecnológicos do material circulante funcionam positivamente na adaptação de conceitos gerais (transporte guiado, tracção eléctrica, elevado desempenho, velocidades altas e capacidades evolutivas) às mais díspares distribuições populacionais e aspectos geográficos bastante distintos. Esta continuidade de modos estende-se agora para modos mistos, que apresentam características de vários sistemas, para conseguir satisfazer as necessidades mais específicas de entidades gestoras que, por seu lado, apostando nas vantagens inequívocas dos sistemas de metro para fazer face a uma crescente procura de modos mais eficientes e sustentáveis, são o verdadeiro motor do desenvolvimento da universalidade dos sistemas de metro. É assim que surgem os modos híbridos, com particularidades que lhes permitem dar resposta a diferentes solicitações. É o caso do *tram-train*, que deveria designar-se por Eléctrico Inter-cidades (EI) ou o Metro Ligeiro Inter-cidades (MLI), devido às suas características duais. Adopta-se neste trabalho, contudo, a terminologia mais abrangente de Veículo Leve Inter-cidades (VLI). Com o crescimento das áreas urbanas e o aumento do número de viagens dos distritos de negócios centrais das cidades para a sua periferia, e entre periferias (por exemplo residenciais e industriais), tornou-se clara a necessidade de modos duais que possam operar com alta qualidade nos centros urbanos, utilizando a rede de eléctricos ou de metro ligeiro e depois consigam também circular na rede de comboios regionais para aliviar os passageiros das

sucessivas mudanças entre modos ao longo da mesma viagem. Assim, o VLI percorre parte do seu trajecto na linha de eléctrico ou de metro ligeiro, passa por uma zona de transição necessária para a compatibilização de modos e serve posteriormente estações de comboio regional bastante mais afastadas. Como é natural, têm de dispor de ambos os métodos de captação (ou fornecimento) de energia presentes em ambas as redes em que operam, (isto é: diferentes voltagens ou motor a diesel e captação eléctrica) e têm de conseguir interagir com o sistema de sinalização do comboio regional.

Karlsruhe (Alemanha) foi a primeira cidade a implantar um modo deste tipo, [21] com um sucesso extraordinário, conseguindo um aumento no número de passageiros na ordem de 30 a 60% em várias linhas de comboios regionais pré-existent. O seu exemplo levou várias outras cidades a adoptar este conceito. Saarbrücken (Alemanha) construiu uma nova linha de Metro Ligeiro que corre em direitos de passagem de categorias B e C no centro da cidade e depois aborda a linha de comboio convencional alemã e francesa, circulando até Sarreguemines, cidade francesa. As ramificações do Metro do Porto até aos concelhos de Póvoa do Varzim e Vila do Conde adaptando a linha para a circulação do Metro Ligeiro consistem numa abordagem simplificada ao princípio aqui descrito.

2.6. REVISÃO, COMPARAÇÃO DE SISTEMAS FERROVIÁRIOS DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS

Os quatro modos básicos de transporte ferroviário urbano de passageiros não são desconexos nem distintamente separados uns dos outros. As diferenças entre Eléctricos e Metro Ligeiro e as diferenças entre Metro e Comboio Regional são particularmente complexas. A diferenciação mais clara é entre o Metro Ligeiro e o Metro: direito de passagem completamente controlado, plataformas altas, obtenção de energia, operação em comboios longos e controlo automático redundante são factores distintivos.

Características técnicas dos diferentes modos de transporte público sobre carris estão sistematizadas na tabela 2.3. A grande diversidade aí encontrada retira a validade a alguns preconceitos como o de entender o transporte urbano de passageiros em ferrovias como sendo demasiado caro e só aplicável a poucas cidades. Esta diversidade nas características dos sistemas de transporte urbano sobre carris faz com que sejam adequados para uma grande variedade de condições. Os modos de mais elevado desempenho não são aplicáveis senão a grandes áreas metropolitanas, mas modos de mais baixo desempenho como eléctricos e metro ligeiro podem ser óptimos para muitas cidades de média dimensão. Quando é efectuada uma comparação entre diversos modos levando em linha de conta a capacidade de atrair passageiros e todos os impactos, positivos e negativos, incluindo efeitos indirectos para a totalidade do tempo de vida útil de um projecto, conclui-se que *“Se o objectivo de um sistema de transporte público é a atracção de utilizadores de automóvel, modos sobre carris são muitas vezes a mais barata e eficiente de todas as alternativas possíveis.”* [3]. Na realidade, para cada novo sistema, ou ampliação de sistema antigo, efectuado nas décadas mais recentes, houve lugar a um conjunto de estudos que terá demonstrado precisamente este facto.

Tabela 2.3 Características técnicas e operacionais de sistemas de Metro e Comboio Regional

	Eléctrico	Metro Ligeiro	Metro	Comboio Regional
Características dos Veículos / comboios				
Mínimo de unidades operacionais	1	1	1-3	1-3
Conjunto máximo em comboio	3	2-4	4-10	4-10
Comprimento do veículo	14-35	14-54	15-23	20-26
Altura de Chão	Baixo ou Alto	Baixo ou Alto	Alto	Alto
Lugares sentados (por veículo)	22-40	25-80	32-84	80-175
Lugares totais (por veículo)	100-250	110-350	140-280	140-210
Equipamentos Fixos				
% da extensão de linha reservada	0-40	40-90	100	100
Controlo do veículo	Manual/visual	Manual/visual	Sinalização	Sinalização
Cobrança de tarifas (<i>self-service</i> ou:)	A bordo	A bordo ou em estação	Em estação	Em estação ou a bordo
Fornecimento de Energia	Pantógrafo e outros[22]	Pantógrafo	Terceiro carril ou pantógrafo	Pantógrafo, terceiro carril ou diesel
Estações				
Altura de Plataforma	Baixa	Baixa ou alta	Alta	Alta ou baixa
Controlo de acessos	Nenhum	Nenhum ou total	Total	Nenhum ou total
Características operacionais				
Velocidade máxima (km/h)	60-70	60-120	80-120	80-130
Velocidade média de operação (km/h)	12-20	18-50	25-60	40-75
Frequência Máxima				
Hora de Ponta ² (UT/h)	60-120	40-90	20-40	10-30
Fora de hora de Ponta ³ (UT/h)	5-12	5-12	5-12	1-6
Capacidade (passageiros/h)	4.000-15.000	6.000-20.000	10.000-60.000	8.000-45.000
Fiabilidade	Baixa a Média	Alta	Muito Alta	Muito Alta

² Em troços comuns dentro da mesma rede³ Em linhas individuais

Aspectos do Sistema				
Rede e cobertura de área	Extensa com boa cobertura	Boa cobertura de centro urbano, usualmente ramificada	Predominantemente radial com boa cobertura de centro urbano	Radial, com cobertura limitada no centro urbano, mas boa nos subúrbios
Espaçamento entre estações (m)	250-500	350-1600	500-2000	1200-7000
Duração média de viagem	Curta a média	Média a longa	Média a longa	Longa
Relação com outros modos para além de caminhar	Abastece outros modos de maior capacidade	Abastecido por autocarros, P+R e K+R	Abastecido por autocarros, ML, P+R e K+R	Abastece P+R, K+R, Autocarros, ML, Metro

ATRIBUIÇÕES PRESENTES E FUTURAS DOS SISTEMAS DE METRO

Os sistemas de metro ocupam hoje um lugar de extrema importância no modelo de desenvolvimento sustentável da Europa. O Relatório Técnico 2007/018 da Comissão Europeia – Documento Preparatório em relação ao seguimento da Estratégia Temática no Ambiente Urbano Planos de Transporte Urbano Sustentável de 25 de Setembro de 2007 [23]- estabelece os vários desafios que se colocam a um sector especialmente estratégico no que diz respeito a ambiente urbano. Os temas aí identificados como mais importantes são: a baixa qualidade do ar; o congestionamento e volume de tráfego; os elevados níveis de ruído ambiente; os elevados níveis de emissões de gases de estufa; exclusão social; dispersão urbana e abandono a que está votado muito do património edificado. Estes temas constituem elevadas pressões sobre a Europa, já que têm efeitos significativos sobre o ambiente, a saúde pública e desempenho económico das cidades europeias. A Estratégia Temática sobre o Ambiente Urbano materializada na comunicação COM(2005) 718 final, [24] aponta para a significativa contribuição que o tráfego urbano tem nestas pressões e recomenda vivamente o desenvolvimento e implementação dos Planos de Transporte Urbano Sustentável já referidos.

O referido documento preparatório [23] identifica os seguintes desafios ao ambiente urbano e transportes urbanos:

- A evolução dos padrões de mobilidade reduz o impacto potencial dos avanços tecnológicos verificados no âmbito das emissões, ruído e eficiência energética de veículos rodoviários, já que o desenvolvimento económico está associado a uma crescente taxa de posse de veículos e a um maior volume de tráfego.
- A tendência para a dispersão urbana, ou seja a expansão urbana pouco estruturada, provoca viagens mais longas dos cidadãos europeus, dentro de um intervalo de tempo limitado e praticamente constante, o que leva a um aumento das velocidades e criam uma procura continuada da rodovia. A resposta mais básica à pressão criada por esta procura tem sido usualmente a expansão da rede rodoviária em detrimento de outros modos, sem coordenação com a valorização dos terrenos, o que, por sua vez, leva a maior dispersão urbana, maiores dificuldades de cobertura por parte dos transportes públicos e, logo, maior dependência da viatura própria.
- Contribuição para alterações climáticas. Ao longo dos últimos 100 anos, a temperatura média global aumentou 0,6°C e a temperatura na Europa cerca de 0,95°C. O adiamento de medidas para combater esta subida da temperatura média não é uma opção racional, já que quanto mais tarde se intervier, maior a probabilidade de as alterações climáticas serem irreversíveis. Se a

tendência actual continuar a verificar-se, as emissões de CO₂ por parte dos transportes terá aumentado em 2010 cerca de 40% relativamente aos níveis de 1990 e em 2030 terá crescido em 27% relativamente ao ano 2000, contribuindo em cerca de 29% das emissões de CO₂ totais da Europa. O tráfego rodoviário constitui cerca de 84% das emissões de transportes e o tráfego rodoviário urbano representa cerca de 40% das emissões de transportes e, logo, aproximadamente 11% do total de emissões da União Europeia (UE). Em Março de 2007, o Conselho Europeu comprometeu a Europa para, até 2020, reduzir em pelo menos 20% as emissões de gases contribuintes para o efeito de estufa, tomando os valores de 1990 como base. As acções relativas ao transporte urbano são centrais para se atingir esta meta.

- O desafio persistente da poluição atmosférica produzido pelo tráfego rodoviário é relativo a outro tipo de emissões. Entre estas, as partículas inaláveis e NO_x são os agentes poluentes que mais preocupações levantam, uma vez que os limites de valores diários de PM₁₀ e valor anual de NO₂ são sistematicamente ultrapassados. O tráfego rodoviário também contribui para elevados índices de benzeno e hidrocarbonetos poli-aromatizados em alguns centros urbanos. No ano 2000, estimava-se que a exposição a partículas inaláveis, em particular às PM_{2.5}, reduzia a esperança média de vida em cerca de 9 meses na Europa a 25, ou seja, aproximadamente 3,6 milhões de anos-vida perdidos ou 348.000 mortes prematuras/ano. Os actos legislativos entretanto colocados em vigor provocaram melhoramentos significativos e espera-se que cerca de 2020, estas emissões reduzam a esperança média de vida em apenas (!) 5,5 meses. Ainda assim, este valor equivale a 272.000 mortes prematuras e os custos associados aos cuidados de saúde despoletados por estas emissões contabilizam-se em milhares de milhões de euros/ano.
- Segurança rodoviária em aglomerados urbanos: cerca de dois terços dos acidentes rodoviários totais e um terço das fatalidades rodoviárias acontece dentro dos aglomerados urbanos, com peões, ciclistas e utilizadores de motociclos e motorizadas as principais vítimas, sobretudo na faixa etária de 14 a 25 anos. A maioria dos acidentes deve-se a má concepção das estradas, má condução e velocidades excessivas. Nalguns centros urbanos, a velocidade regulamentar é excedida por mais de metade dos veículos.
- A exposição ao ruído provocado pelo tráfego diminui a qualidade de vida e a saúde dos cidadãos. Os níveis de ruído produzidos pelo trânsito urbano ultrapassam os limites estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde em muitas cidades e provocam incómodo e distúrbios do sono que afectam a saúde. Os dados mais recentes apontam para que cerca de 20% dos europeus sofram de níveis de ruído que cientistas e especialistas em saúde consideram ser inaceitáveis, enquanto 40% da população reside nas chamadas “áreas cinzentas – do inglês *grey areas*”, onde os níveis de ruído são de tal ordem que provocam incómodo grave durante o dia. Estudos epidemiológicos sugerem o aumento dos riscos de doenças cardiovasculares, incluindo pressões altas e enfartes de miocárdio em pessoas cronicamente expostas a elevados níveis de ruído rodoviário como o que se verifica em muitas cidades; por exemplo na Alemanha, estima-se que 4.000 mortes prematuras/ano podem ser atribuídas à exposição ao tráfego rodoviário.
- O consumo energético dos transportes europeus representa 30% do total do consumo energético da EU. Metade do combustível dos veículos rodoviários é consumida em áreas urbanas. Cerca de 98% do mercado da energia de transportes depende do petróleo, cuja maioria (75%) é devido a transporte rodoviário. Nos próximos 20 a 30 anos, 70% das necessidades europeias de petróleo serão satisfeitas por importação, uma boa parte desta proveniente de regiões ameaçadas por insegurança. O aumento da procura de combustíveis fósseis, sobretudo gasolina, gasóleo e gás, contribui para maiores quantidades de emissões de

gases de efeito de estufa (GHG). Prevê-se que em 2030, o consumo de energia no transporte de passageiros represente cerca de 55% do consumo total, com o transporte de mercadorias a representar os restantes 45%.

A exposição destes desafios mostra que os transportes tendem a provocar impactos negativos persistentes a nível local, regional e global, particularmente no que diz respeito a alterações climáticas e saúde pública. É improvável que os avanços tecnológicos por si só consigam reduzir estes impactos, em face da crescente procura por transportes. Esta procura é dominada pelos transportes rodoviários e é necessário encontrar respostas integradas e holísticas, esforços conjuntos das autoridades e governos locais, nacionais e europeus, para inverter as tendências descritas anteriormente. Os Planos de Transporte Urbano Sustentável (PTUS) procuram ser a materialização deste esforço conjunto.

O Relatório sobre o Transporte Urbano na Europa, documento preparatório de um Livro Verde sobre transporte urbano preparado para a Comissão Europeia, Direcção Geral da Energia e Transportes pela MVV Consulting e Tractebel Development Engineering [25] contém os seguintes elementos principais:

- Revisão dos dados actuais e tendências
- Resultados das consultas a partes interessadas
- Propostas preliminares nas opções políticas de transportes urbanos.

3.1. DEMOGRAFIA

O relatório de 2005 do Departamento de Assuntos Sociais e Económicos, Divisão de População das Nações Unidas, apresentou as seguintes estatísticas relativas à distribuição de pessoas por áreas urbanas e rurais na Europa:

Tabela 3.1 Demografia na Europa a 25 e a 27

Ano	2005			2030		
	População Urbana	População Rural	População Total	População Urbana	População Rural	População Total
	(milhares)	(milhares)	(milhares)	(milhares)	(milhares)	(milhares)
EU-25	341.875	117.510	459.385	373.741	90.485	464.226
% total	74,4	25,6	100	80,5	19,5	100
EU-27	358.933	129.889	488.822	390.775	98.979	489.754
% total	73,4	26,6	100	79,8	20,2	100

A análise quantitativa dos dados demográficos na Europa é dada pela declaração de impacto da Temática Estratégica - COM(2005) 718 final [24]– na seguinte forma:

“A população vai aumentar até cerca de 2020, depois estabilizará e ainda mais tarde entrará em declínio. Os números da população activa vão declinar mais cedo e haverá um aumento claro da população mais velha (idades de 65 anos e superiores), que apresentam necessidades especiais no que diz respeito a habitação e transportes. Para além disso, mudanças no perfil da população implicam que algumas regiões observarão um crescimento considerável (por exemplo o sudeste de Inglaterra) enquanto outras declinam (por exemplo Alemanha oriental). A gestão da mudança na

população urbana enquanto se mantém uma qualidade elevada do ambiente será um desafio fulcral para muitas áreas urbanas.(...)”

Uma análise qualitativa é apresentada num outro estudo do Conselho Europeu das Regiões e Municípios – “*The impact of demographic change on local and regional government*” [26] – como se segue:

“Os europeus estão a ficar mais velhos, em menor número e mais heterógeneos. As alterações demográficas são aparentes em todos os países da Europa e indicam redução e envelhecimento da população, assim como migração regional e internacional resultando em heterogeneidade. Estas tendências interagem de diferentes formas, a redução do número de pessoas contribui para o envelhecimento e a suburbanização (migração) explica alguma contração no número de habitantes nalgumas cidades. A estrutura da população também será afectada. A percentagem dos cidadãos idosos e muito idosos vai crescer, assim como a taxa de imigrantes. Na UE-25, a proporção de cidadãos idosos (idade igual ou superior a 65) cescerá de 16,4% em 2004 para 29,9% em 2050, ou seja, de 75.3 milhões em 2004 para 134.5 milhões em 2050.”

As alterações demográficas terão grande impacto no planeamento do território e em particular dos transportes públicos, no sentido em que estas transformações propagar-se-ão ao sector em mudanças de volume de tráfego e na sua distribuição espacial, propósito de viagens, e escolha modal, e desempenho de sistemas. Para o transporte público, menos população significa menos passageiros, o que poderá levar a menos ocupação, logo menos oferta, logo menor atractividade dos modos, o que pode constituir uma espiral de extinção.

Numa contribuição para o Livro Verde do Transporte Urbano, o Departamento para Desenvolvimento Urbano do Senado da Alemanha [25] elenca uma série de desafios que os transportes urbanos terão de encarar:

- A salvaguarda da mobilidade de cidadãos mais velhos
- População mais diversa implica transportes mais diversos
- A cidade para todos
- Tendências demográficas e o resultante padrão de distribuição espacial
- Viabilidade económica do transporte urbano em risco
- Acções apropriadas relativas ao transporte urbano devem ser tomadas já.

3.2. CRESCIMENTO DOS TRANSPORTES NA UE-25

A Imagem 3.1 mostra a evolução de passageiros e mercadorias transportados na Europa a 25, comparados com o produto interno bruto, tomando o ano de 1995 como base e igual a 100.

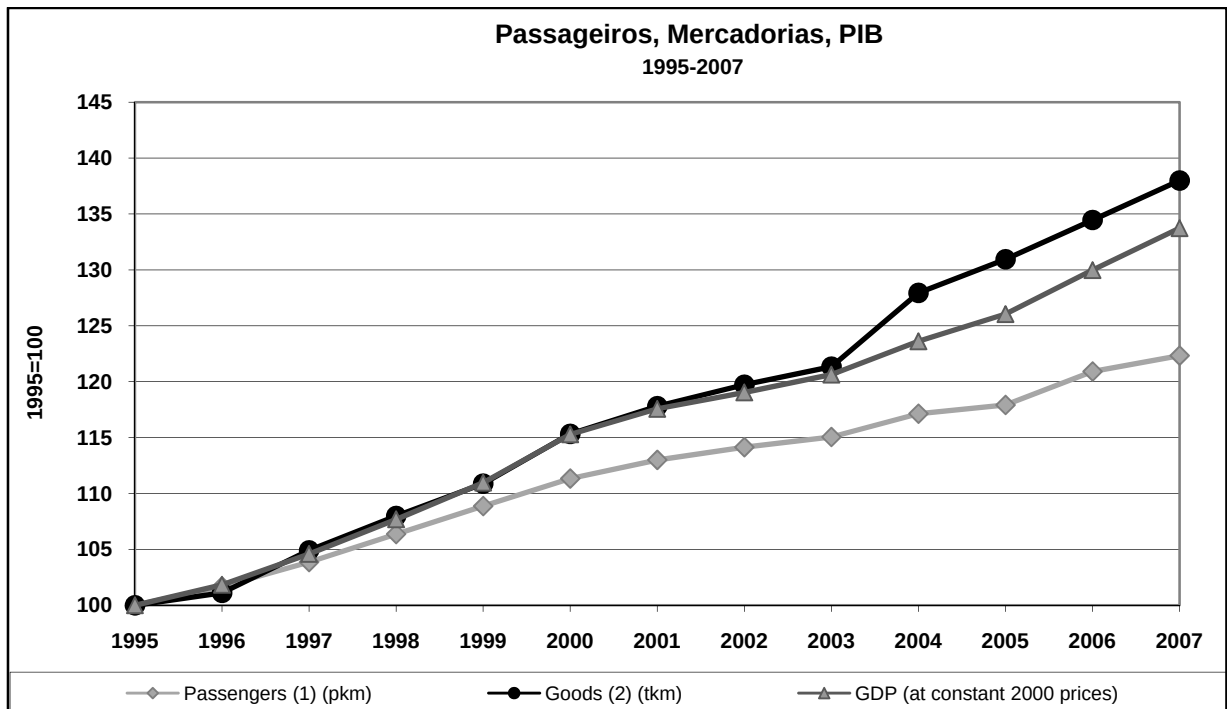


Imagem 3.1 Passageiros, Mercadorias e Produto Interno Bruto 1995 a 2007

NOTAS: Transporte de passageiros inclui: automóveis, motocicletas, autocarros, eléctricos e metros, comboios, marítimo e aéreos. O índice corresponde ao crescimento em passageiro X quilómetro.
 Transporte de mercadorias inclui os seguintes modos: rodoviário, marítimo, fluvial, *pipeline*, ferroviário e aéreo. O índice corresponde ao crescimento em tonelada X quilómetro.
 O PIB é comparado a preços e taxas de câmbio constantes de 1995.

Da análise da Imagem 3.1 conclui-se que o volume de passageiros evoluiu ligeiramente abaixo do crescimento do Produto Interno Bruto, enquanto o crescimento da tonelagem transportada foi ligeiramente superior ao do PIB. Estes dados, sendo os mais recentes disponíveis, são anteriores à actual situação em que o PIB teve tendência a verificar um crescimento próximo do 0, ou até alguma contracção. Ainda assim, a correlação entre desenvolvimento económico e o transporte quer de mercadorias, quer de passageiros é claramente validada. É de esperar, portanto, que com a estabilização e retoma da economia mundial e consequentemente com a prossecução do Pacto de Estabilidade e Crescimento, os volumes de pessoas e bens transportados na Europa tenha tendência a crescer.

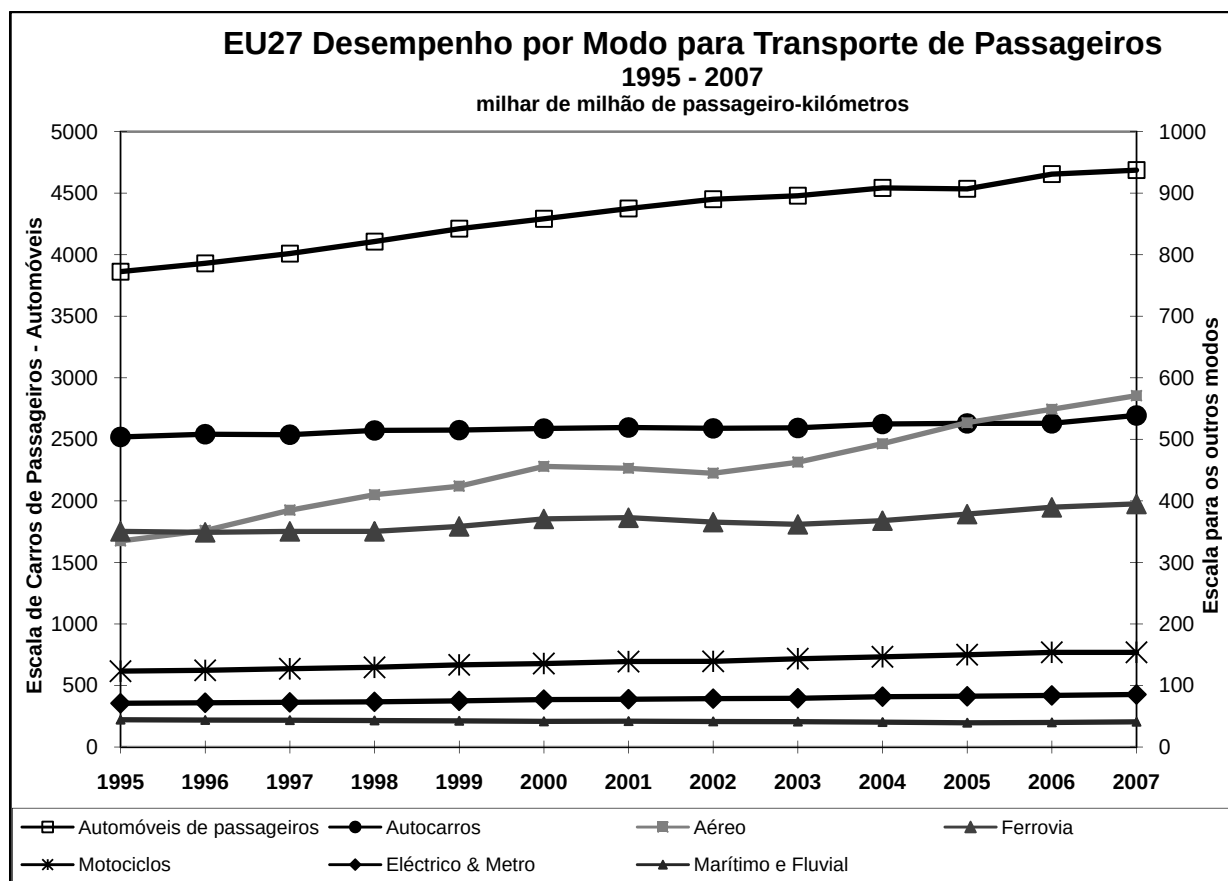


Imagem 3.2 Distribuição modal do transporte de passageiros entre 1995 a 2007

Da análise da Imagem 3.2, conclui-se que o aumento no número de passageiros verificado entre 1995 e 2007 foi sobretudo canalizado para o transporte rodoviário, com um aumento expressivo do transporte aéreo. Dos dados recolhidos, construiu-se a tabela 3.2, que evidencia variação por modo:

Tabela 3.2 Variação por modo nos anos 1995 a 2007 (em milhar de milhão de pass. X km)

Modo \ Ano	1995	2007	Variação
Automóveis de passageiros	3 863 018	4 688 035	21.36%
Motociclos	123 316	153 938	24.83%
Autocarros (incluindo expressos)	503 975	538 952	6.94%
Ferrovias	350 519	395 122	12.73%
Eléctrico & Metro	71 145	85 432	20.08%
Aéreo	335 000	571 000	70.45%
Marítimo e Fluvial	44 400	41 000	-7.66%
Total	5 291 373	6 473 479	22.34%

Não é estranho a estes resultados a introdução de novos modos como as companhias aéreas *low-cost* que vieram massificar o transporte aéreo, mas ao analisar estes dados assumindo a correlação com o crescimento do Produto Interno Bruto, é evidente que o crescimento marginal em volume de passageiros em autocarros representa na realidade uma redução no peso do modo, e, retirando a contribuição maciça do transporte automóvel de passageiros, observamos a seguinte evolução (Tabela 3.3) nos outros modos de transporte terrestre:

Tabela 3.3 Variação no volume de passageiros X km de outros transportes terrestres nos anos 1995 a 2007

Modo \ Ano	1995	2007	Variação
Transporte terrestre excluindo automóveis de passageiros (em milhar de milhão de pass. X km)	1 048 955	1 173 444	11.87%

Ora situando-se esta evolução em cerca de metade do crescimento do PIB, conclui-se que ocorreu uma contracção nos transportes públicos, em que o sector dos autocarros foi o mais fortemente penalizado, logo seguido da ferrovia, tendo o único modo especificamente urbano (eléctricos e metros) sido o que mais cresceu.

3.3. ENERGIA

O consumo total de energia na UE27 em 2006 foi de 1 176,1 Mega Toneladas de Petróleo Equivalente (Mtoe), sensivelmente o mesmo valor verificado em 2004 e ligeiramente superior ao ano 2005.

Consumo de Energia Final - EU27
por sector (Mtoe)

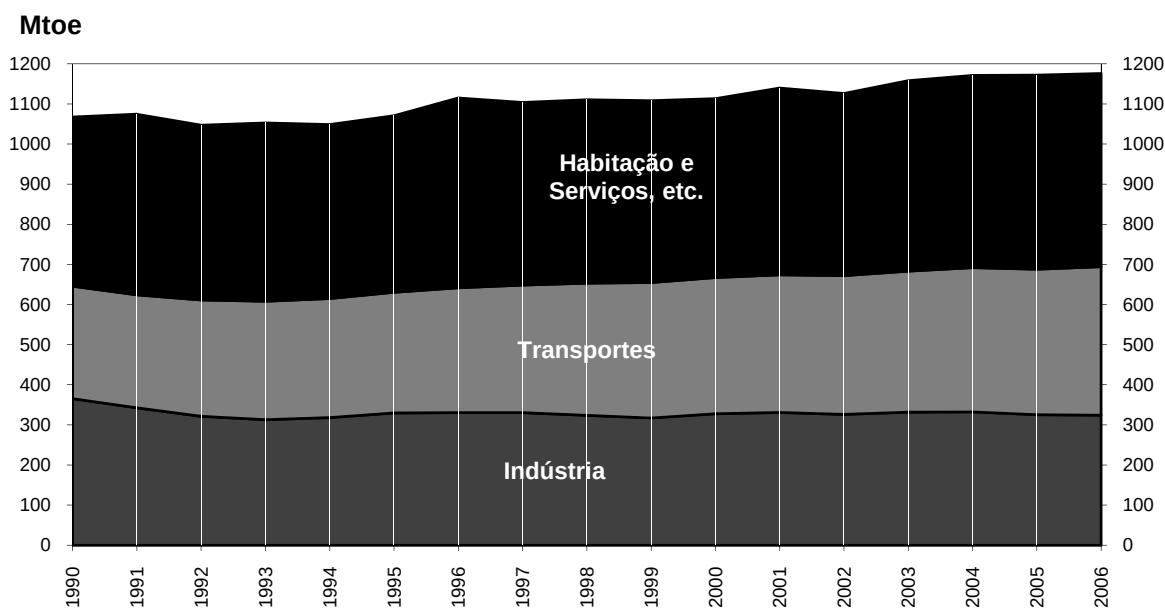


Imagem 3.3 Distribuição do consumo de energia na UE27 por sector

Distribuição do consumo de energia na UE27 e em Portugal por sector (em 2006)

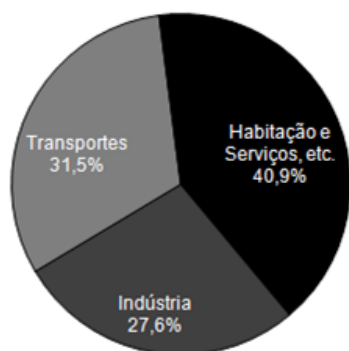


Imagem 3.4 Europa a 27

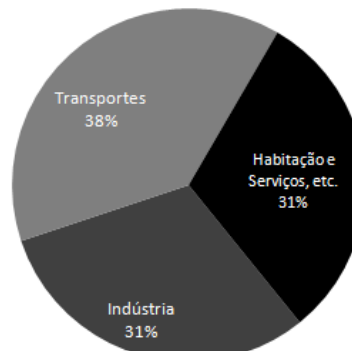


Imagem 3.5 Portugal

Destes, os transportes significaram 31,5% (Tabela 3.4) do consumo total de energia, aumentando a sua cota de 26,8% em 1990. Este aumento significativo é feito parcialmente à custa de uma contracção no consumo energético da indústria que é hoje em dia, dos três macro-sectores analisados, o que menos consome.

Tabela 3.4 Consumo de energia na UE27 e UE25 em 2006 (Mtoe)

Todos os sectores			Transportes	Indústria				Habitação e Serviços, etc.	Indústria	
				Rodoviários	Ferrovíários	Aéreos	Navegação fluvial		Habitação	Serviços, etc.
EU27	1176,1	324,3	370,3	303,3	9,2	51,9	5,9	481,5	304,4	177,2
Share	100,0%	27,6%	31,5%	81,9%	2,5%	14,0%	1,6%	40,9%	63,2%	36,8%
EU25	1141,4	311,0	363,2	296,8	9,0	51,5	5,9	467,3	294,4	172,9
Share	100,0%	27,2%	31,8%	81,7%	2,5%	14,2%	1,6%	40,9%	63,0%	37,0%

Da energia dispendida em transportes na UE27, verifica-se que o transporte rodoviário é responsável por 81,9% deste consumo. Nestes dados não foi segregado o transporte urbano.

No documento “*Energia e Transportes Europeus, Tendência até 2030 – actualização de 2005, Maio de 2006 – Directoria Geral da Energia e transportes, Comissão Europeia*”, citado em [25], são apresentadas as seguintes análises e previsões:

“A procura de energia para transportes em 2030 será superior em 21% ao que se registou no ano 2000. Após ter observado elevadas taxas de crescimento na década de 1990, o aumento do uso de energia para transportes desacelerou. No período de projecção a taxa de crescimento da procura de energia para transportes declinará com o tempo, atingindo o valor mínimo na década de 2030. Isto reflecte o declínio das taxas de crescimento de transportes quer de passageiros quer de mercadorias. Para além disso, haverá importantes melhorias na eficiência energética no transporte de passageiros, por exemplo nos carros privados. Por isso, a procura de energia para transportes crescerá menos do que a actividade correspondente (...).”

Os dados sobre o consumo de energia por parte dos transportes públicos de passageiros foram compilados pela União Internacional para os Transportes Públicos (UITP) na sua base de dados

“Mobilidade nas Cidades” de 2001 [25] e aí apresentam-se os resultados da análise de um conjunto considerável de cidades europeias.

A UITP definiu alguns conceitos importantes como sejam o consumo energético anual por passageiro transportado, para toda a população, medida no veículo e no produtor e consistem da soma de:

- O consumo anual de energia para o transporte motorizado privado dentro de uma área metropolitana. Transporte motorizado privado refere-se a veículos ligeiros de passageiros, motociclos, táxis e táxis colectivos. O consumo de cada tipo de combustível - gasolina, gasóleo e Gases de Petróleo Liquefeitos (GPL) - foi convertido numa unidade comum, o Megajoule (Mj), de acordo com os seguintes factores de conversão:
 - o 1 litro de gasolina = 34,7 Mj
 - o 1 litro de gasóleo = 38,3 Mj
 - o 1 litro de GPL = 26,3 Mj
- O consumo anual de energia para o transporte público (no veículo) é calculado com base no uso de combustível (gasolina, gasóleo e GPL) e electricidade (kWh) para a operação dentro da área metropolitana. O consumo da electricidade engloba tanto a tracção dos veículos, como a electricidade gasta nos equipamentos que constituem a infra-estrutura da rede, ou seja, estações e paragens (ventilação, escadas rolantes, iluminação, etc.). O consumo de cada tipo de combustível - gasolina, gasóleo e Gases de Petróleo Liquefeitos (GPL) – e da electricidade foi convertido numa unidade comum, o Megajoule (Mj), de acordo com os seguintes factores de conversão:
 - o 1 litro de gasolina = 34,7 Mj
 - o 1 litro de gasóleo = 38,3 Mj
 - o 1 litro de GPL = 26,3 Mj
 - o 1 kWh = 3,6 Mj
- O consumo anual de energia para o transporte público (no produtor) é calculado com uma base semelhante ao cálculo do consumo de energia no transporte público (no veículo), residindo a diferença na conversão do kWh em Mj. Contabilizando o rendimento das centrais onde se queima combustível para obtenção de energia eléctrica como sendo de 40%, obtém-se os seguintes factores de conversão:
 - 1 litro de gasolina = 34,7 Mj
 - 1 litro de gasóleo = 38,3 Mj
 - 1 litro de GPL = 26,3 Mj
 - 1 kWh = 9,0 Mj

A Imagem 3.6 mostra o consumo energético anual por passageiro transportado, para toda a população das cidades seleccionadas (no veículo), de acordo com a definição anterior. As cidades estão ordenadas no sentido decrescente do consumo de energia anual:

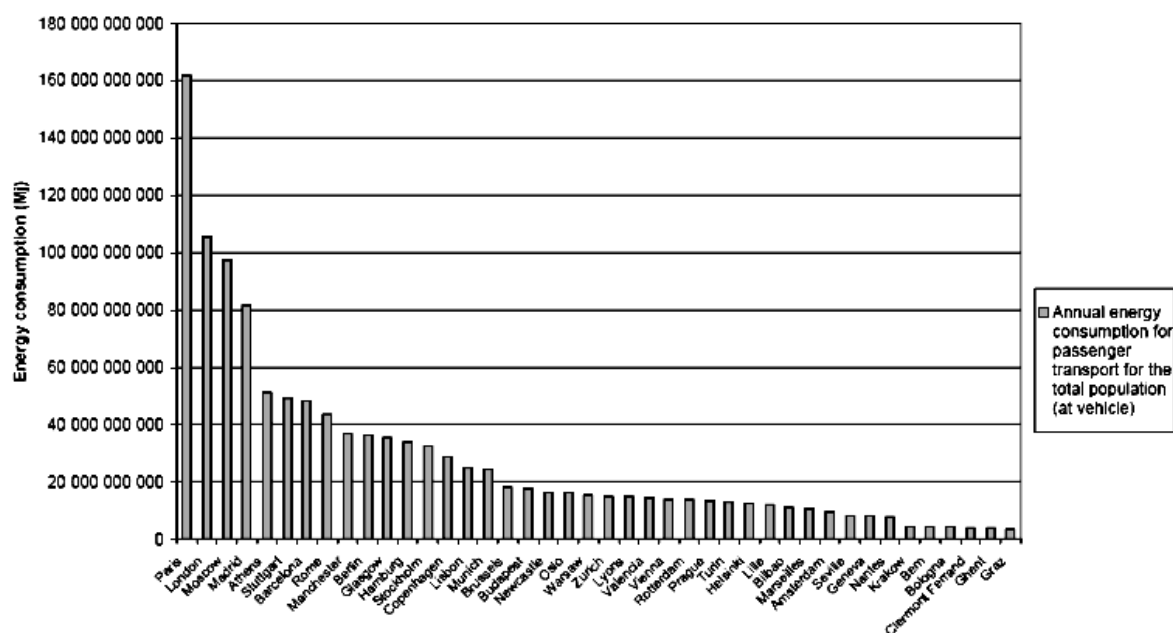


Imagem 3.6 Consumo energético anual por passageiro transportado, para toda a população (no veículo)

As cidades que apresentaram o maior consumo de energia em transporte de passageiros (no veículo) em 2001 foram respectivamente: Paris (162,1 Pj⁴), Londres (105,4 Pj) e Moscovo (97,2Pj). Assumindo o consumo na população urbana total da Europa igual à média das cidades que foram utilizadas como amostra neste cálculo, a UITP concluiu que o consumo total de energia para o transporte de passageiros na UE27 em 2001 foi de 6 255 Pj. Com a conversão assumida como 1 toe equivalente a 41,86Gj (Gigajoule), estima-se que a energia total anual consumida para o transporte de passageiros (no veículo) em áreas urbanas na UE27 em 2001 terá sido de 109,6 milhões de toe.

Na Imagem 3.7 mostra-se o consumo energético anual por passageiro transportado, para toda a população das cidades seleccionadas (no fornecedor), respeitando as mesmas premissas:

⁴ 1 Pj = 10¹⁵j = 10⁹Mj

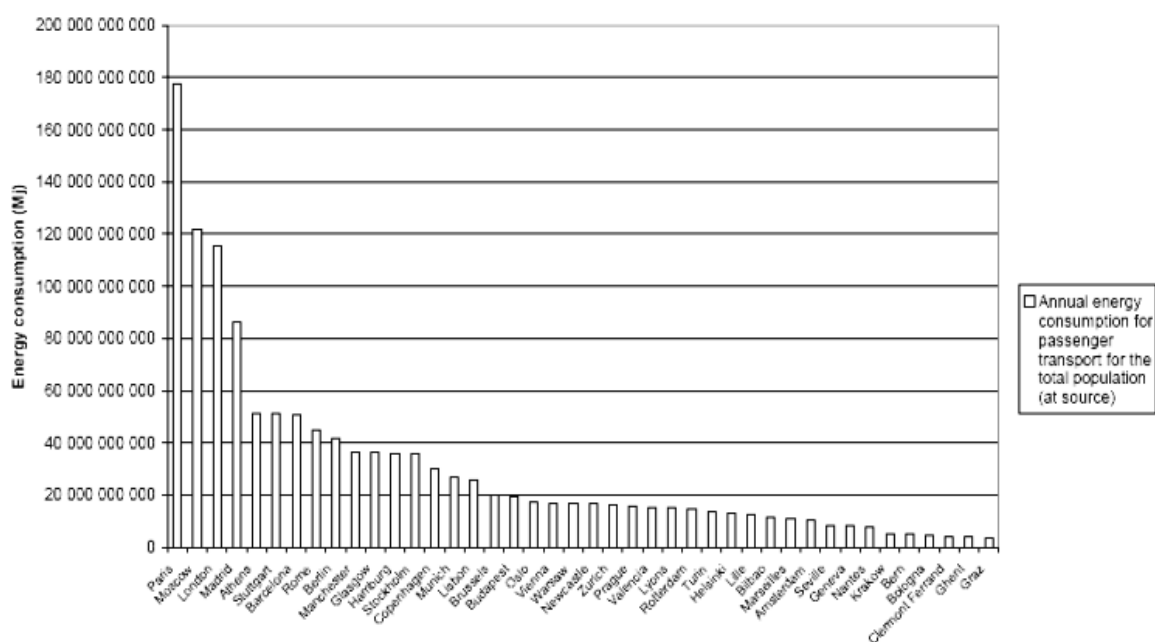


Imagem 3.7 Consumo energético anual por passageiro transportado, para toda a população (no fornecedor)

As cidades que apresentaram o maior consumo de energia em transporte de passageiros (no fornecedor) em 2001 foram respectivamente: Paris (177,6 Pj^5), Moscovo (122,0 Pj) e Londres (115,4 Pj). Partindo dos mesmos pressupostos que anteriormente, a UITP estimou o consumo total anual para o transporte urbano de passageiros (no fornecedor) para a UE27 em 2001 em 118,5 milhões de toe.

Destes dados resulta então que a percentagem de consumo energético para os transportes urbano de passageiros (no fornecedor), quando comparado com o consumo total de energia em transportes na Europa a 27 em 2001, é de cerca de 35%.

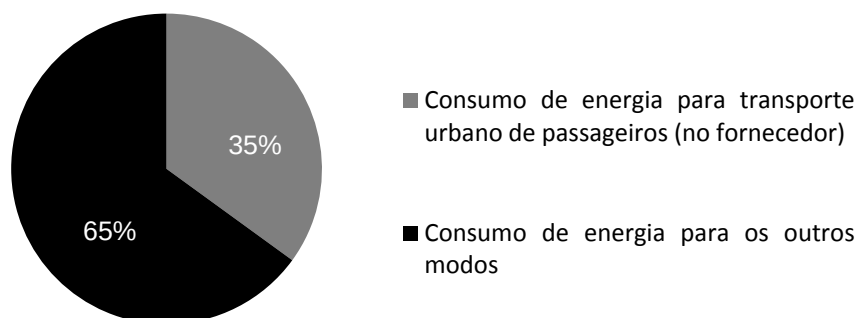


Imagem 3.8 Percentagem do consumo total de energia no transporte urbano de passageiros face ao total de energia consumida em todos os transportes na UE27 em 2001

⁵ 1 $\text{Pj} = 10^{15} \text{J} = 10^9 \text{Mj}$

A Imagem 3.9 representa o consumo anual de energia para transporte de passageiros (no veículo) de acordo com o modo de transporte – privado ou público – de acordo com as definições já mencionadas.

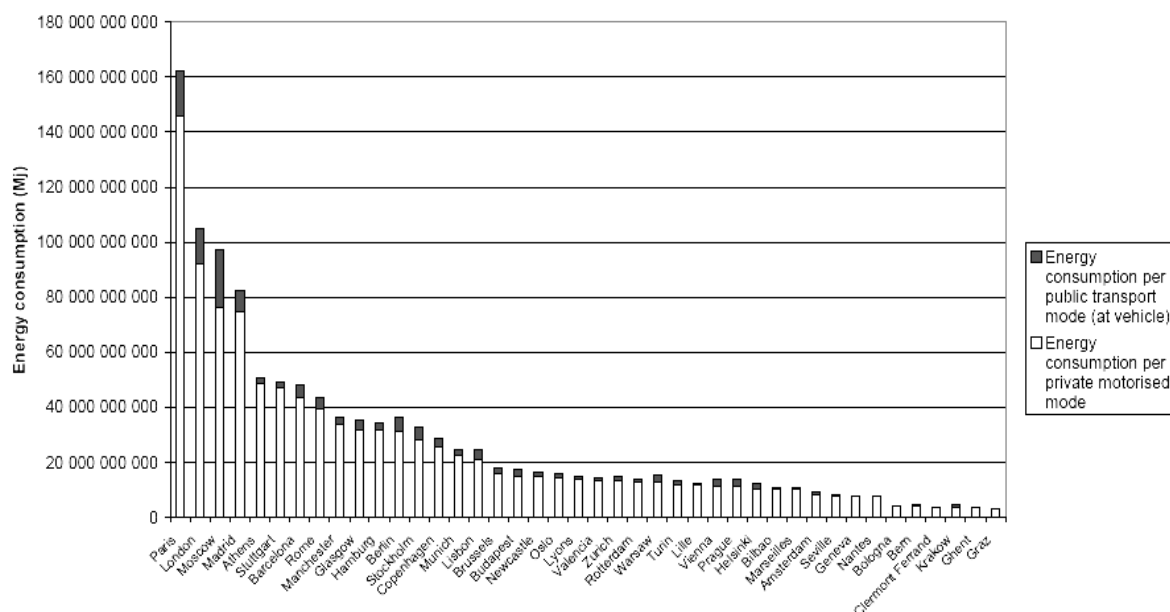


Imagem 3.9 Consumo de energia para os modos privado e público de transporte de passageiros (no veículo) em algumas cidades europeias

Globalmente, para todas as cidades da amostra, a distribuição do consumo de energia por modo de transporte é então o representado na Imagem 3.10.

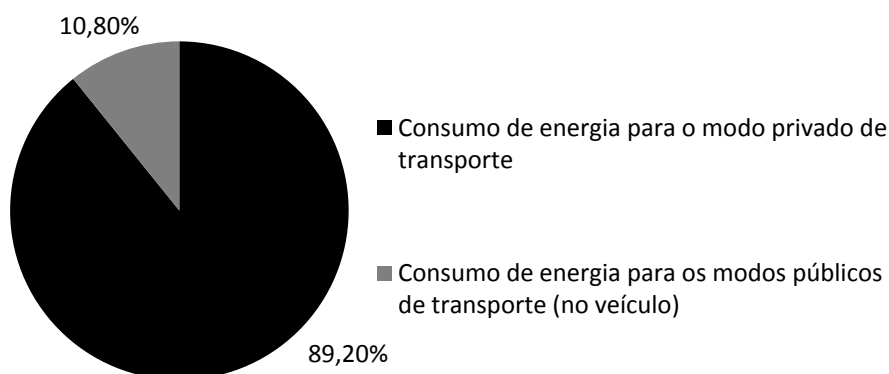


Imagem 3.10 Percentagem do consumo total de energia no transporte privado urbano de passageiros face ao consumo em modos de transporte público (no veículo) -2001

A Imagem 3.11 representa o consumo anual de energia para transporte de passageiros (no fornecedor) de acordo com o modo de transporte – privado ou público – de acordo com as definições já mencionadas.

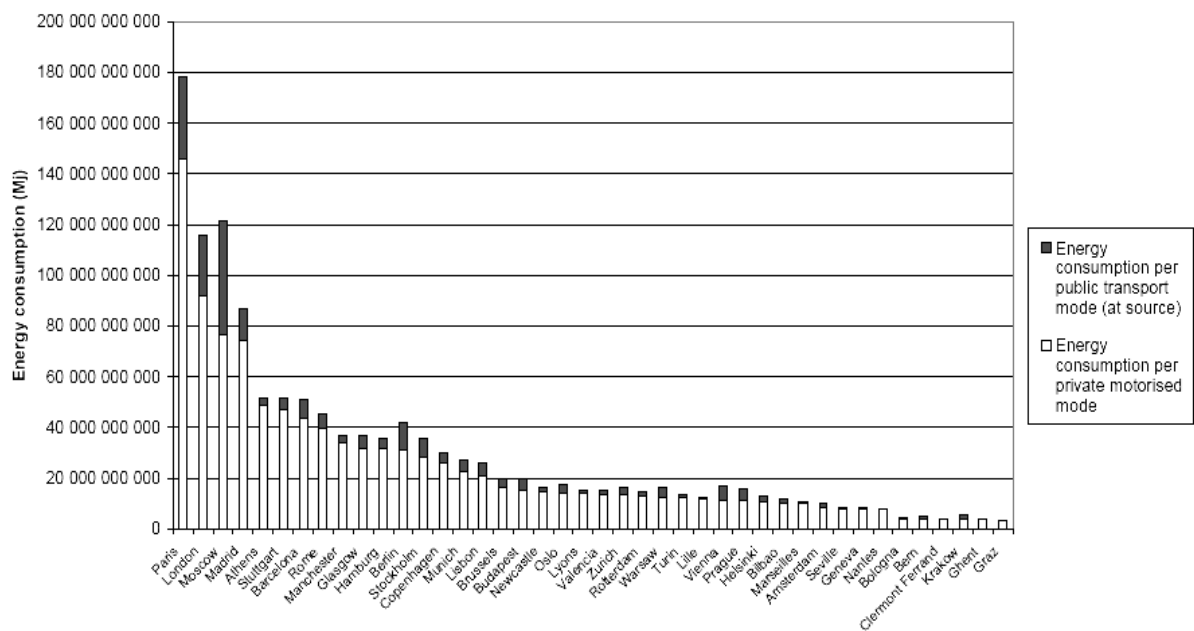


Imagem 3.11 Consumo de energia para os modos privado e público de transporte de passageiros (no fornecedor) em algumas cidades europeias

Globalmente, para todas as cidades da amostra, a distribuição do consumo de energia por modo de transporte é então o representado na Imagem3.12.

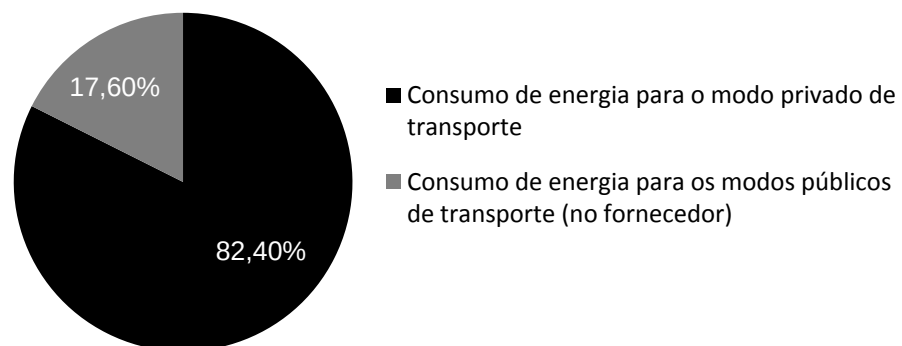


Imagem 3.12 Percentagem do consumo total de energia no transporte privado urbano de passageiros face ao consumo em modos de transporte público (no fornecedor) - 2001

3.4. AMBIENTE

3.4.1. EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

A maioria das estatísticas de índole ambiental está disponível a nível nacional ou a nível europeu e raramente apresentam dados segregados de áreas urbanas. Neste trabalho abordam-se apenas os agentes de poluição que podem ser separados entre áreas urbanas e não urbanas, mas também de acordo com os modos responsáveis pelas suas emissões. Assim, apesar da nocividade do *ozono* e das *partículas suspensas* referir-se-á apenas a sua diminuição relativa nos países aderentes à Agência

Ambiental Europeia (EEA), como demonstrado na imagem 3.13, remetendo uma análise mais detalhada para o Documento Preparatório do Livro Verde sobre Transporte Urbano Sustentável.

Transport emissions of air pollutants in EEA member countries

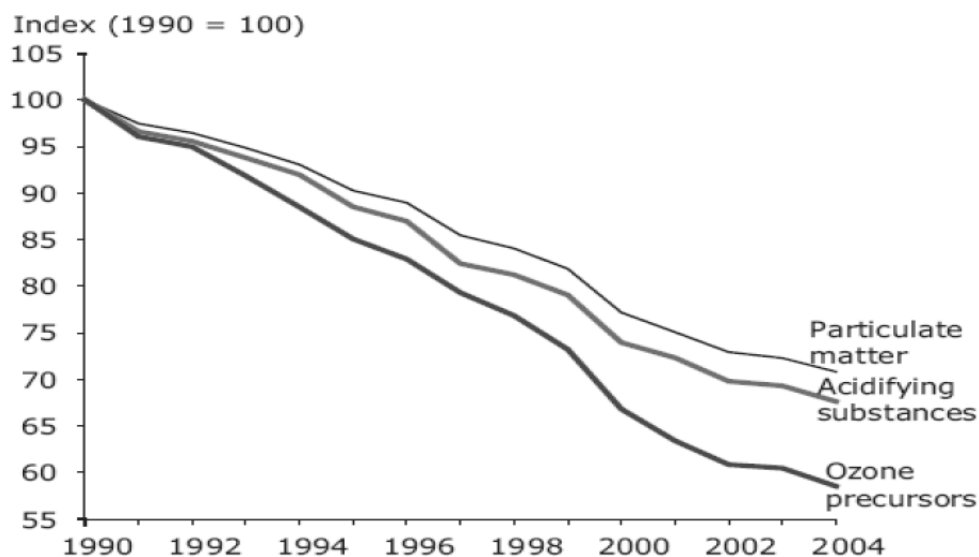


Imagem 3.13 Emissões de poluentes atmosféricos (PM₁₀, NO_x e NMVOCs, e SO_x, NO_x, NH₃) nos países membros da EEA 1990-2004

As emissões de CO₂ em 2004, na UE25 distribuíram-se pelos vários sectores de actividade de acordo com a tabela 3.5, expressa em milhões de toneladas de CO₂:

Tabela 3.5 Emissões de CO₂ de acordo com o emissor na UE25 em 2004

Total	Geração de energia e calor	Indústria	Habitação	Serviços, etc.	Transportes				
					Transportes Parcial	Rodoviário	Aéreo	Fluvial	Ferrovial
3 863	1 512	599	470	262	1 021	859	139	15	8
					100%	84.13%	13.61%	1.47%	0.78%
100%	39.13%	15.50%	12.16%	6.78%	26.42%	22.23%	3.60%	0.39%	0.21%

A Imagem 3.14 mostra a evolução passada de emissões de CO₂ na UE25 entre 1990 e 2004, tomando 1990 como base.

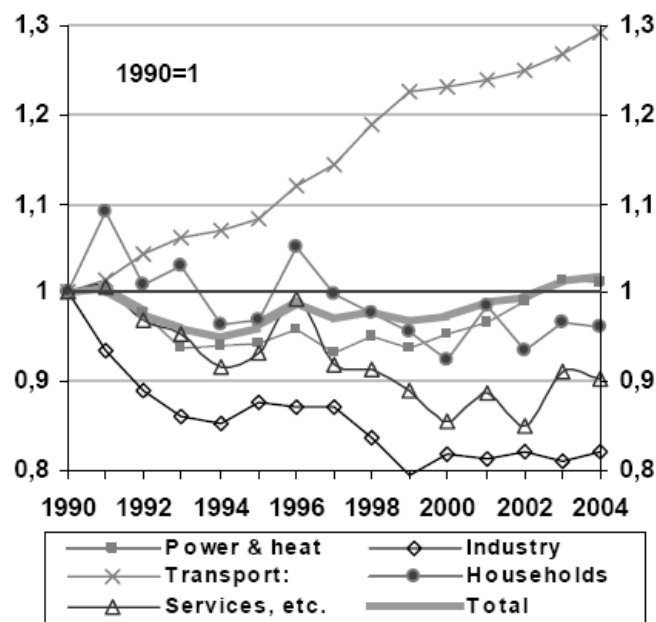


Imagem 3.14 Evolução das emissões de CO₂ por sector nos países membros da EEA 1990-2004

As emissões de CO₂ do sector dos transportes têm vindo a crescer desde 1990 e no ano 2004 representaram cerca 1,3 vezes os valores de 1990. Em todos os outros sectores, a tendência tem sido de uma gradual diminuição de emissões. De acordo com a EEA, a UE15 é responsável por 83% das emissões de transportes de GHG (excluindo a aviação internacional e o transporte marítimo). Este crescimento pode ser atribuído aos volumes crescentes de tráfego rodoviário (ou seja: automóveis privados, veículos ligeiros de mercadorias e camiões), transporte aéreo e transporte marítimo internacional.

A imagem 3.15. evidencia as emissões de GHG por modo de transporte dos 32 países da EEA, incluindo todos os transportes internacionais. O aumento das emissões de GHG e do uso de energia no sector dos transportes é o resultado de volumes crescentes no transporte. O transporte rodoviário é, de longe, o que mais contribui para estes aumentos, com uma percentagem de 93% das emissões. Este crescimento foi verificado tanto no transporte de passageiros (aumento de 27% no período de 1990 a 2004) como no transporte de mercadorias (aumento de 51% no período de 1990 a 2003).

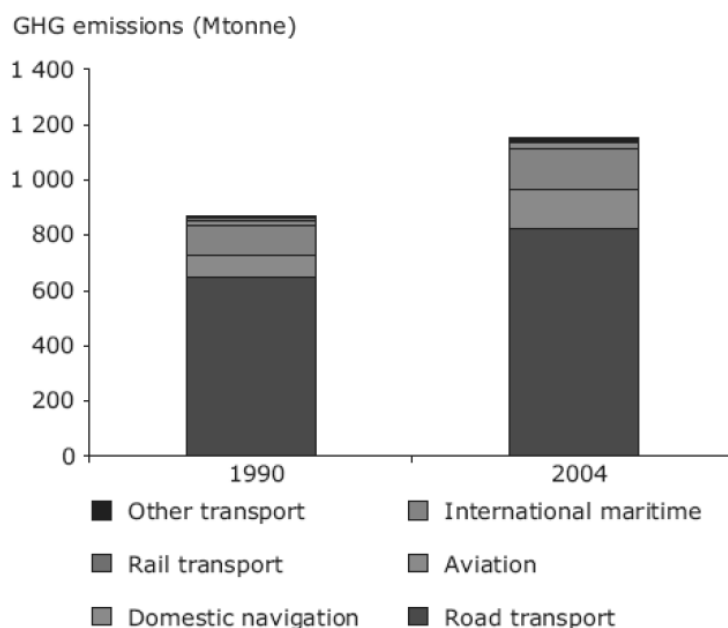


Imagem 3.15 Evolução das emissões de GHG por sector dos transportes (incluindo transporte internacional) nos países membros da EEA 1990-2004

As responsabilidades relativas pelas emissões em áreas urbanas são demonstradas na imagem 3.16, e no comentário subsequente, apresentados pela UITP nos documentos “Combustíveis Limpos Para Transporte Público Rodoviário”, 2004 e o relatório “Ecologia e Economia: o Debate da Escolha de Combustível”, Setembro de 2000, ambos citados em [25].

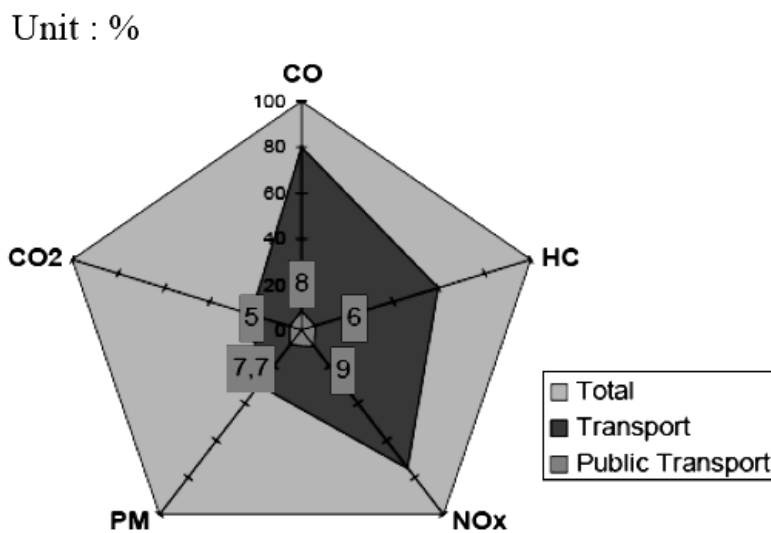


Imagem 3.16 Responsabilidades relativas das emissões de agentes poluentes - emissões totais, emissões de transportes rodoviários e emissões de autocarros (transporte público rodoviário)

Comentário “(...) Especialistas concordam que a primeira prioridade a ser resolvida neste século é a das emissões de CO₂. Estas ocorrem de cada vez que há queima de combustíveis fósseis e contribui para o efeito de estufa e aquecimento global. Assim, veículos de motores térmicos são responsáveis por 22% das emissões de CO₂ nos estados membro da UE15, com apenas 5% gerado por autocarros

regulares e autocarros expresso. Este modo não constitui assim um assunto prioritário nas estratégias de combate aos gases contribuintes para o efeito de estufa”[25].

3.4.2. Ruído

Ruído ambiental, também designado ruído comunitário, residencial, ou doméstico é definido como ruído emitido por todas as fontes excepto o ruído no local de trabalho em indústrias. As maiores fontes de ruído ambiental incluem o tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo; indústrias; trabalhos de construção e obras públicas e a vizinhança. As maiores fontes de ruído no interior de edifícios são os sistemas de ventilação, equipamento de escritório, electrodomésticos e vizinhos [25].

Na UE, cerca de 40% da população está exposta a pressões sonoras com origem no tráfego rodoviário que excedem os 55dB(A) no período diurno e 20% estão expostos a níveis superiores a 65dB(A). Quando todo o ruído emitido por transportes é considerado, estima-se que mais de metade dos cidadãos europeus vivam em zonas onde o conforto acústico não é garantido. Durante o período nocturno, mais de 30% estão expostos a pressões sonoras que ultrapassam os 55dB(A), que provocam distúrbios no sono.

Ao longo de mais de vinte anos, as iniciativas legislativas da comunidade têm-se orientado para a imposição de limites máximos da emissão de ruído por parte dos veículos, material aeronáutico e máquinas, com um objectivo de mercado comum, ou para a implementação de procedimentos de certificação internacionais, no caso de aeronaves, que assegurem que desde o fabrico, os novos veículos e equipamentos estejam em conformidade com a legislação aprovada.

Graças a estas iniciativas, conjuntamente com o desenvolvimento tecnológico, reduções no nível de ruído significativas foram alcançadas. Por exemplo: o ruído emitido por automóveis ligeiros de passageiros foi reduzido em 85% desde 1970 e o dos comerciais ligeiros reduziu em 90%; também no caso de aeronaves, a pegada acústica nas áreas circundantes aos aeroportos foi reduzida em 9 vezes, quando comparada com a tecnologia disponível em 1970.

Contudo, dados compilados dos últimos 15 anos não mostram melhorias significativas na exposição ao ruído ambiental, sobretudo no que diz respeito ao tráfego rodoviário. O crescimento em volume e a dispersão deste modo quer no espaço, quer no tempo, com a introdução de hábitos como actividades de lazer e turismo têm vindo a coarctar o impacto dos desenvolvimentos tecnológicos. As previsões para o crescimento do tráfego rodoviário e aéreo, combinados com a expansão dos comboios de alta velocidade, arriscam um agravamento do problema. No caso dos veículos motorizados, outros factores são também problemáticos, como o caso do ruído produzido no interface pneumático – superfície de rolamento até para velocidades relativamente baixas (50km/h) e a ausência de inspecções regulares ao ruído emitido e manutenções.

A maioria dos estados membros tem vindo a aprovar iniciativas legislativas referentes à emissão de ruído. Contudo, uma vez que estas iniciativas visam uma aplicação regional, a interoperacionalidade dos sistemas num mercado comum pode vir a estar em causa. No que diz respeito a áreas sensíveis, os pacotes legislativos nacionais, ainda que elaborados independentemente, têm-se mostrado com um grau de convergência considerável, no que diz respeito a critérios de qualidade dos modos rodoviários, ferroviários e nas emissões de alguns equipamentos. A situação referente ao tráfego aéreo e aos níveis de exposição é mais divergente. O tema do ruído em sistemas de metro, em particular, será abordado mais profundamente no capítulo 5 – Conforto em Sistemas de Metro.

3.5. CONGESTIONAMENTO DE TRANSPORTES

Congestionamento surge quando um veículo numa via atrasa outro veículo. Congestionamento induz tempo de viagem adicional, consumo de combustível adicional, poluição adicional e acidentes adicionais. Por outras palavras, para além do incómodo criado pelos utilizadores e residentes de áreas adjacentes às vias, o congestionamento tem um custo: valor do tempo dos utilizadores, custos ambientais de curto prazo e de acidentes sobre as comunidades a nível local e custos ambientais de longo prazo sobre a comunidade global.

O custo de congestionamento foi deduzido no “*Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, Keep Europe moving - Sustainable mobility for our continent*” [27] como representando cerca de 1% do PIB.

3.5.1. CONGESTIONAMENTO EM TRANSPORTES PÚBLICOS

Nos casos em que os modos de transporte público circulam em direitos de passagem de categoria C ou B, ou seja, misturados com o restante tráfego urbano, também estão sujeitos aos fenómenos de congestionamento. Para além deste tipo, há outra forma de congestionamento a que os passageiros dos transportes públicos estão sujeitos que é o efeito de multidão que ocorre quando o número de passageiros excede a capacidade do veículo de transporte público. Isto implica que os operadores de transporte público têm de fazer face não apenas aos custos mencionados anteriormente relativos ao congestionamento de vias, mas também têm de suportar os custos adicionais de aumentar a oferta de lugares através de, por exemplo, veículos complementares para manter a oferta a níveis aceitáveis ou obrigatórios para o cumprimento das suas obrigações de serviço público. No relatório de posição da UITP “Uma rede de autocarros livre de congestionamento – Dezembro de 2001”, é explanada a seguinte análise:

“O congestionamento atrasa o serviço de transporte público à superfície e torna-o mais irregular. Provoca viagens mais demoradas, e tempos de espera dos utilizadores mais longos e aumenta o custo operacional para os operadores. Um estudo desenvolvido em Bruxelas (Bélgica) em 1999 avaliou o custo anual dos congestionamentos no tráfego para os operadores em cerca de 17,5 Milhões de Euros, ou seja, 18% do total dos seus custos de produção. A construção de novas estradas urbanas não é solução sustentável para o problema do congestionamento. É incompatível com as crescentes protecções ambientais e com os cada vez mais restringidos orçamentos públicos. Mais do que continuar a desenvolver redes de estradas expressas, a utilização da infra-estrutura existente necessita ser mais optimizada em termos de capacidade de transporte de passageiros (e não em termos de capacidade de veículo de passageiros, como é ainda demasiadas vezes o caso). A este respeito, vale a pena notar-se que autocarros – ou eléctricos – usam o espaço de forma muito mais eficiente que os automóveis ligeiros. Para além disso, o transporte público de passageiros raramente necessita de estacionar, enquanto o espaço requerido para estacionar um carro ligeiro é o equivalente a um escritório de um trabalhador.”[28]

3.5.2. ESCASSEZ

Outra forma de congestionamento ocorre quando um veículo impede o acesso de outro à rede; é designado por escassez e ocorre essencialmente em transporte público programado com horários utilizando uma infra-estrutura com acesso muito reservado (direitos de passagem de alta categoria B ou A). [25] Num contexto urbano ou metropolitano, a escassez afecta o modos ferroviários, comboios regionais e sistemas de metro, e possivelmente eléctricos quando circularem em vias de Categoria B ou A. Neste caso, e ao contrário do que acontece no congestionamento em que os utilizadores usam uma parte da capacidade da infra-estrutura sem levar em consideração o constrangimento que

provocam nos restantes utentes, o efeito do tráfego intenso nas ferrovias é conhecido e antecipado pelo operador. Por isso, há argumentos que dizem que num serviço de transportes públicos com a sua infraestrutura própria o congestionamento não deveria ocorrer. Contudo, é evidente que com o crescimento acentuado da procura por estes modos, problemas de capacidade também surgem, que levam a atrasos na rede não previsíveis por parte dos operadores. Como o congestionamento, a escassez também tem os seus custos, nomeadamente a não utilidade do tempo adicional de viagem dos passageiros e o custo da operação por tempo adicionado do operador.

Relativamente ao congestionamento e à escassez, devem estabelecer-se distinções entre:

- Congestionamento no transporte individual;
- Congestionamento que ocorre nos transportes públicos programados que partilham as vias com o tráfego “geral”
- Congestionamento e escassez que ocorrem em transportes públicos que utilizam a sua infraestrutura.

Os fenómenos de congestionamento e de escassez não são iguais em todas as cidades, por isso deve-se tentar compreender quais os factores que contribuem para estas perturbações. Estudos realizados nos Estados Unidos da América [3], a nível nacional, identificaram como principais factores contribuintes para o congestionamento de veículos rodoviários comerciais e de passageiros como tendo a seguinte importância relativa:

Tabela 3.6 Agentes indutores de congestionamento

Agente:	Contributo:
Estreitamento de via	40%
Incidentes de tráfego	25%
Trabalhos na via	10%
Clima adverso	15%
Mau dimensionamento de ciclos de semáforos (Sinalização)	5%
Eventos especiais, outros	5%

Os transportes públicos rodoviários sofrem o mesmo tipo de impactos acima definidos, com o contributo, ainda que pouco significativo, das operações de embarque/desembarque de passageiros, que, por sua vez, varia elasticamente com o congestionamento.

3.6. LIVRO VERDE - POR UMA NOVA CULTURA DE MOBILIDADE URBANA

No seguimento do documento preparatório abordado sumariamente nas secções 3.1. a 3.5. *Relatório sobre o Transporte Urbano na Europa*, a Comissão Europeia publicou, em 25 de Setembro de 2007 o Livro Verde – Por uma nova cultura de mobilidade urbana, COM(2007) 551 [29], onde se pode ler:

“Repensar a mobilidade urbana passa pela optimização da utilização de todos os meios, pela organização da «co-modalidade» entre diferentes meios de transporte colectivo (comboio, eléctrico, metro, autocarro, táxi) e particular (automóvel, motorizada, bicicleta, deslocação a pé). Passa igualmente pela consecução dos objectivos comuns de prosperidade económica, de gestão da procura de transportes como garantia da mobilidade, qualidade de vida e defesa do ambiente. Há igualmente que conciliar os interesses dos transportes de mercadorias e de passageiros, independentemente do meio de transporte utilizado. (...)”

No entanto, há uma ideia importante e recorrente: para serem eficazes, as políticas de mobilidade urbana devem adoptar uma abordagem tão integrada quanto possível, combinando as respostas mais adaptadas a cada problema individual: inovação tecnológica, desenvolvimento de sistemas de transportes não poluentes, seguros e inteligentes, incentivos económicos e alterações regulamentares.

Esta estratégia global terá em consideração todas as iniciativas pertinentes efectuadas no quadro das políticas comunitárias, tendo a preocupação constante de contribuir concretamente para a execução da Estratégia de Lisboa.

A União Europeia deve desempenhar um papel dinamizador que permita esta mudança, mas sem impor, de cima, soluções que podem ser desadequadas para a diversidade das situações locais.

O valor acrescentado europeu pode assumir diversas formas: promoção do intercâmbio de boas práticas a todos os níveis (local, regional ou nacional); apoio à definição de normas comuns e respectiva harmonização, se necessário; oferta de apoio financeiro aos mais necessitados; incentivo à investigação cujas aplicações permitam melhorar a mobilidade, a segurança e o ambiente; simplificação da legislação e, em certos casos, revogação de legislação existente ou introdução de novas leis.

O êxito da estratégia definida a nível europeu depende de uma acção decisiva a nível local. É às autoridades locais que cabe a adopção e execução das acções concretas.”

No Livro Verde, a Comissão Europeia indica cinco desafios relativamente à mobilidade urbana nas cidades e vilas europeias:

- Vilas e Cidades descongestionadas
- Vilas e cidades mais verdes
- Transportes urbanos mais inteligentes
- Transportes urbanos mais acessíveis
- Transportes urbanos seguros.

Nas opções sugeridas para fazer face a estes desafios torna-se evidente o papel fundamental que sistemas de metro, incluindo eléctricos, metro ligeiro, *cargo-trams* e Tram-trains, como explicitados nas secções anteriores podem vir a desempenhar numa Europa com uma nova “**Cultura da Mobilidade**”

3.6.1. PROBLEMÁTICA DO CONGESTIONAMENTO.

A introdução de sistemas de metro em todas as cidades onde ocorreu foi **sempre** acompanhada de uma redução significativa do volume de tráfego automóvel privado de passageiros, o que permite criar

reservas de capacidade nas vias ao longo das quais se desenvolveu a o sistema de Metro, contribuindo assim para uma redistribuição do tráfego, aliviando o congestionamento das cidades. Mais esforços devem ser, contudo, empenhados numa maior co-modalidade, ou seja, na integração de modos de uma forma eficiente e que promova as deslocamentos a pé ou de bicicleta. Nas palavras da própria comissão:

“A experiência das partes interessadas demonstra que não existe uma solução única para reduzir o congestionamento. No entanto, há que tornar atraentes e seguras as alternativas à utilização de transporte particular, como por exemplo a deslocação a pé, de bicicleta, em transportes colectivos, ou o uso de motorizada ou ciclomotor. Os cidadãos devem poder otimizar as suas deslocações através de ligações eficazes entre os diferentes meios de transporte. Cabe às autoridades promover a co-modalidade e redistribuir o espaço libertado pelas medidas de redução do congestionamento.”

3.6.2. PROBLEMÁTICA DA POLUIÇÃO

Neste aspecto, a Comissão é peremptória:

“A UE deve continuar a promover e apoiar a expansão, reabilitação e renovação de transportes públicos urbanos não poluentes, como tróleys, eléctricos, metro e comboio suburbano, bem como outros projectos de transportes urbanos sustentáveis.” [29]

Os sistemas de metro, não constituindo – de todo – a única solução para a problemática da poluição, consistem numa abordagem extremamente vantajosa de vários pontos de vista, ainda que, como já foi referido, possam, nalgumas condições extremas de utilização, provocar mais ruído que outros modos. Ainda assim, novas tecnologias nos sistemas de frenagem e de inspecção da conservação de carris e de material circulante podem reduzir – e até eliminar – esse problema.

3.6.3. SISTEMAS DE TRANSPORTES INTELIGENTES

Como foi já referido, os sistemas de metro são extremamente aptos para integrar sistemas de transporte inteligentes, já que, nas categorias mais elevadas direito de passagem conseguem encontrar-se sistemas completamente automatizados. Sendo também os modos de mais elevado desempenho e capacidade, não é mais do que natural que o desenvolvimento das redes de transportes inteligentes seja construída em torno destes modos – até porque, pela sua menor flexibilidade terão mais dificuldade em adaptar-se às características dos demais. É nos sistemas de natureza ferroviária que se assistem aos maiores desenvolvimentos em termos de cobrança de tarifas, informação a passageiros e escalonamento de operações.

3.6.4. ACESSIBILIDADE

A acessibilidade e forma de a potenciar, assim como a atractividade dos sistemas de Metro serão abordados no Capítulo 5: Comodidade em Sistemas de Metro,

3.6.5. SEGURANÇA

A segurança em sistemas de metro será abordada no capítulo 4: Segurança em Sistemas de Metro do presente trabalho.

3.7. PERSPECTIVA FUTURA, CUSTOS E FINANCIAMENTO DE SISTEMAS DE METRO

Um estudo publicado em 2004 pela União Internacional para o Transporte Público (UITP) para a European Rail Research Council (ERRAC) em sistemas de Metro e Metro Ligeiro e citado em [25], evidenciou os seguintes factos:

As linhas de eléctrico e de metro ligeiro (ML) existentes na Europa representavam um total de 8 060 km, dos quais 4 793km na UE15, 2 240km na UE10 (países que aderiram em Maio de 2004) e 1 027km nos outros países que forma considerados no estudo e que constituem a Europa “além de 25” (Noruega, Suíça, Bulgária, Roménia, Turquia e os países dos Balcãs).

A frota total incorpora cerca de 25 000 veículos. Destes, 42% da frota da UE15, 67% da frota da UE10 e 48% da frota “além UE25” apresenta mais de 20 anos em serviço e deve ser substituída até 2020.

“Em termos de infra-estrutura, expressam em linhaXkm, um crescimento de 40% está confirmado nos próximos 20 anos. Em termos de cidades equipadas com eléctrico ou metro ligeiro, o crescimento chegará aos 55%. 739km de linha dupla estão a ser construídas e 1 473km estão em fase de planeamento.

Com um custo de construção (excluindo o material circulante) estimado em 1.5 milhões de euros por quilómetro, a avaliação monetária do mercado estará em cerca de trinta mil milhões até 2024 (9.5M€ para linhas em construção e 22M€ para linhas planeadas). Estes números não incluem despesas com recuperações ou remodelações de linhas, que se esperam que tenham forte desenvolvimento nos novos estados membros. Do lado da infra-estrutura, espera-se que investigação e desenvolvimento em termos de engenharia civil venham a representar apenas uns modestos 1 a 2% da despesa total, ou seja, entre 300 a 600 milhões de euros.

No que diz respeito a material circulante, prevê-se que entre 7500 (expectativa conservadora) e 9000 (número máximo) novos veículos venham a ser encomendados quer para reformas de sistemas, quer para linhas novas. Tomando duas hipóteses de custo de 1,2 e 1,5 milhões de euros por veículo, chegamos a um valor de mercado na ordem de 9 e 14 mil milhões de euros. Despesas em investigação e desenvolvimento podem ser estimadas em 1,5% deste valor e devem ser aumentadas para 3%, de acordo com recomendações da Comissão Europeia. Pensa-se que este aumento para 340 milhões de euros em I&D venha a ter um retorno de investimento na ordem de 450 a 1400 milhões através de um decréscimo nos custos de 5 a 10%.”

As linhas de Metro na Europa representam cerca de 2 346km das quais 2 072km na UE15, 93km na UE10 e 181km na “além UE25”, conforme definidas anteriormente. A frota total é de cerca de 19 200 veículos, com a UE15 a contabilizar pouco menos de 90% deste número, a UE10 com cerca de 6% e a além UE25 com cerca de 4%.

“Em termos de infra-estrutura expressa em quilómetros de linha, o crescimento dos sistemas de metro é mais moderado que o crescimento dos sistemas de eléctrico e metro ligeiro, mas ainda assim apresentado um aumento substancial de cerca de 21% (135km em construção e 503km planeados). Assumindo um custo por quilómetro de linha médio na ordem dos 150 milhões de euros (excluindo material circulante), a avaliação monetária deste mercado é da ordem de 95 mil milhões de euros (20 mil milhões em linhas já em construção e 75 mil milhões planeados. Estes números não incluem investimento em recuperação/remodelação, nem em automatização de linhas. A remodelação deverá crescer exponencialmente nos novos estados membros e a automatização das linhas convencionais deve aumentar também na UE15, representando uma grande parte da investigação e desenvolvimento nos próximos anos. Do lado da infra-estrutura, espera-se que investigação e desenvolvimento em

termos de engenharia civil venham a representar apenas uns modestos 1 a 2% da despesa total, ou seja, entre 950 a 1 900 milhões de euros.

No que diz respeito a material circulante, prevê-se que cerca de 14 000 novos veículos venham a ser encomendados quer para reformas de sistemas, quer para linhas novas. Tomando para custo unitário 1,5 milhões de euros por veículo (média entre veículo motorizado e atrelado), chegamos a um valor de mercado na ordem de 21 mil milhões de euros. Despesas em investigação e desenvolvimento podem ser estimadas em 1,5% deste valor e devem ser aumentadas para 3%, de acordo com recomendações da Comissão Europeia. Pensa-se que este aumento para 630 milhões de euros em I&D venha a ter um retorno de investimento na ordem de 1 050 a 2 100 milhões através de um decréscimo nos custos de 5 a 10%.”

Deste estudo conclui-se que o mercado em sistemas de metro representará até 2020 algo como 140 mil milhões de euros, sem contar com remodelações de sistemas e esforço na automatização.

A Comissão Europeia, no Livro Verde já referido [29], aborda a questão do financiamento da seguinte forma:

“É necessário financiamento substancial e de vária ordem para investir em infra-estruturas e nós de correspondência para passageiros, na manutenção e funcionamento de redes, renovação e manutenção de frotas, sensibilização das populações e campanhas de comunicação. A responsabilidade por este investimento cabe, essencialmente, às autarquias locais envolvidas. (...)”

Todas as partes interessadas a nível local, regional, nacional e comunitário devem contribuir. Os utentes deveriam também contribuir pagando um preço justo pelos serviços de transportes colectivos, e estão dispostos a fazê-lo por um serviço de alta qualidade. O financiamento privado, habitualmente sob a forma de parcerias público privadas, pode ser importante, mas exige um enquadramento jurídico estável. As taxas de estacionamento e as taxas de circulação urbana podem contribuir para o financiamento dos transportes urbanos, em especial reservando as receitas obtidas para o financiamento de medidas de transporte urbano(...)

Na sua política sobre auxílios estatais, a Comissão está empenhada em ter em consideração os benefícios ambientais do investimento em transportes respeitadores do ambiente e da necessidade de mudar para meios de transporte menos poluentes. A título de exemplo podem referir-se as orientações em matéria de auxílios estatais à protecção do ambiente, que prevêem determinadas isenções, no caso de auxílios para aquisição de novos veículos de transporte, para acelerar a adopção de normas comunitárias antes de estas se tornarem obrigatórias. Além disso, a proposta da Comissão de um novo regulamento de isenção por categorias distingue explicitamente como elegíveis os investimentos em activos nos meios e equipamentos de transporte, excepto no transporte rodoviário de mercadorias e no transporte aéreo(...)”

Para enquadrar estes investimentos, o “The Urban Transport Benchmarking Initiative - Year three final report”, preparado por Transport & Travel Research Ltd, publicado a 31 de Julho de 2006 para a Direcção Geral de Transportes e Energia da Comissão Europeia e citado em [25], evidencia que cidades com metro apresentam maior utilização de todos os modos de transportes públicos:

Figure 3.10: Modal share of all public transport modes with metro cities identified

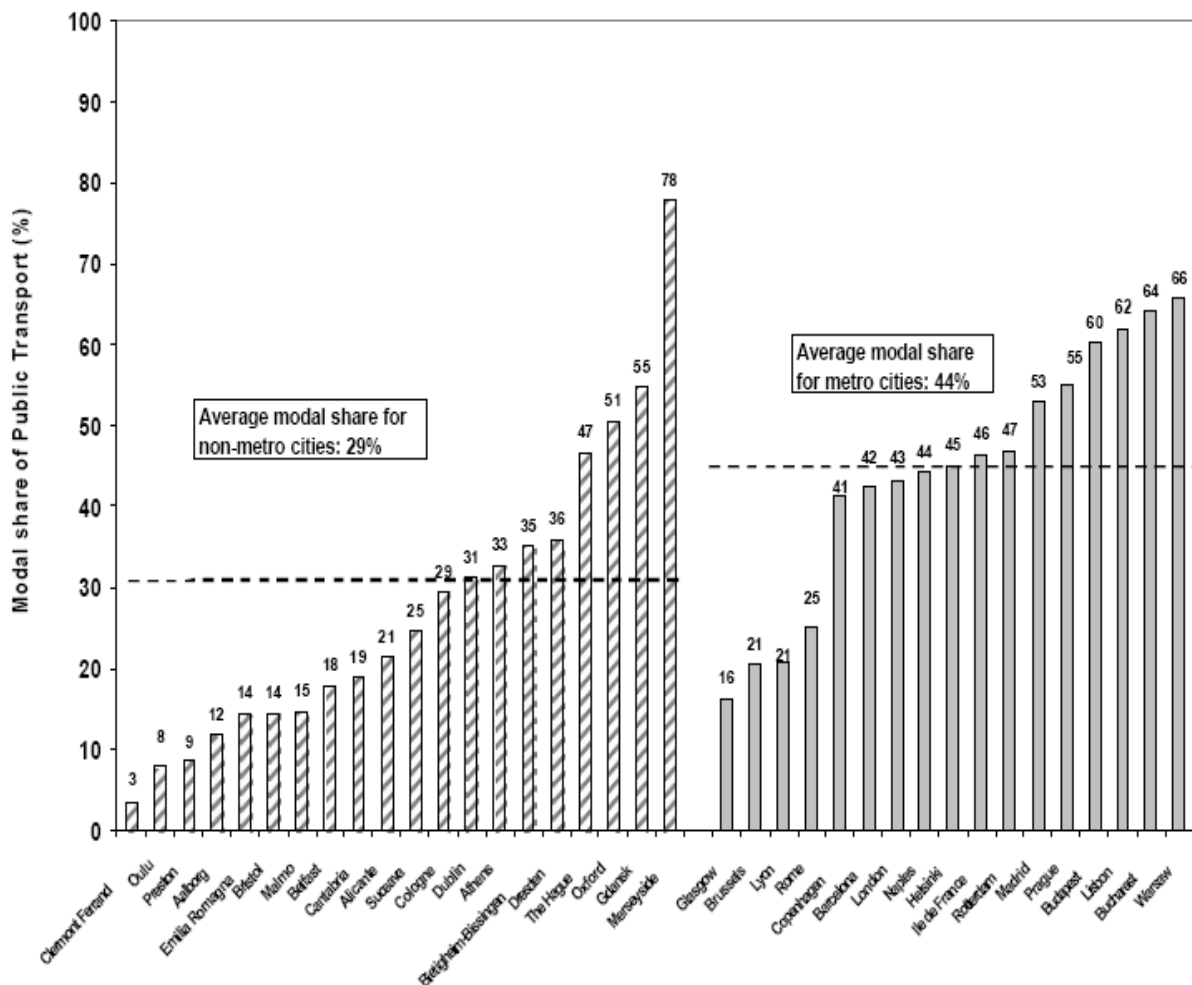


Imagem 3.17 Influência da presença de metro na utilização de transportes públicos

4

SEGURANÇA EM SISTEMAS DE METRO

Segurança é a condição de estar protegido das consequências físicas, sociais, financeiras, emocionais, psicológicas, entre outras, de falhas, erros, defeitos ou outras causas ou eventos considerados não desejáveis.

A segurança dos utentes em sistemas de metro é encarada desde várias perspectivas:

- A segurança durante a circulação;
- A segurança durante os movimentos de embarque e desembarque;
- A segurança durante a estadia em paragem, estação ou terminal.

4.1. SEGURANÇA DURANTE A CIRCULAÇÃO

Há várias componentes na aferição da segurança durante a circulação em sistemas de metro:

- As características físicas da circulação das composições, reflectidas na velocidade de circulação, nos raios das curvas descritas ao longo do trajecto, no risco de colisão com objectos marginais à via;
- O risco de colisão entre composições circulando no mesmo sentido ou em sentidos opostos em movimento;
- O risco de colisão com outras composições por motivo de paragem inesperada;
- O risco de colisão com outros objectos presentes na via;
- No caso de vias partilhadas (Vias categoria de direito de passagem B ou C), o risco de colisão com outros modos que operam no espaço comum entre modos (por exemplo automóveis em cruzamentos ou peões trespassando a via)

A forma como na actualidade são adjudicados fornecimentos de material circulante, numa lógica de sistema integrado indica um elevado grau de adaptação das empresas fornecedoras de veículos que, ao colaborarem activamente no desenvolvimento dos programas de trabalhos de uma renovação, remodelação ou instalação de um novo sistema, garante *a priori* que, salvo erro humano na condução de veículos, os riscos de colisão com objectos marginais à via ou o risco de colisão entre veículos circulando em sentidos opostos é extremamente baixo.

Pode assim afirmar-se que a segurança deve ser construída de raiz num novo sistema de metro.

Uma medida da segurança é obtida pela análise quantitativa do risco associado a cada uma destas componentes, que, sendo derivada de registos históricos de eventos, permite estimar frequências de fatalidades equivalentes associadas a cada uma das causas descritas.

O conceito de fatalidade equivalente, conforme definido pelo *Director of policy, research and risk, Rail Safety and Standards Board* – Reino Unido) [30] permite levar em linha de conta os ferimentos ligeiros e graves que passageiros sofreram na medida em que cada fatalidade corresponderá a 10 ferimentos graves e a 200 traumas ligeiros ou choques de classe 1 (reportáveis) e a 1000 traumas ligeiros ou choques de classe 2 (não reportáveis). As classes definem-se como sendo de classe 1 os traumas ligeiros resultantes de presenciar acidentes dos quais resultem fatalidades, ou descarrilamentos, colisões ou incêndios e de classe 2 os eventos não incluídos na classe 1, como, por exemplo, abuso verbal, e presenciar agressões físicas, acidentes de onde não resultem fatalidades ou situações de perigo iminente sem ocorrência de incidente.

Para além destes parâmetros, é avaliado em £1,652,000 (um milhão, seiscentas e cinquenta e duas mil libras o valor de prevenir uma fatalidade em sistemas guiados.

Um outro aspecto prende-se com a percepção que os utentes têm desta segurança, ou antes, do risco associado à circulação em composições de sistemas de metro.

Esta percepção é muitas vezes errónea, como demonstrado por Thomas et al em “*Rail passenger perceptions of risk and safety and priorities for improvement*” [31]. Neste estudo, que foi realizado tendo por base inquéritos a utilizadores de comboio convencional, no seguimento da recomendação 60 do inquérito ao acidente de Ladbroke Grove, para tomar em consideração a opinião de passageiros informados na gestão de sistemas ferroviários, nomeadamente no que diz respeito a estratégias de investimento em segurança, concluiu-se que a relação entre o risco percebido pelos utilizadores e o risco real não é particularmente forte. Por exemplo, a maioria dos passageiros considera que é aconselhável abandonar uma composição acidentada, quando, na realidade, na maioria dos casos, a segurança será superior se os passageiros permanecerem no interior do comboio, simplesmente deslocando-se para a composição adjacente.

Independentemente do modo em que viajam, a percepção de risco por parte dos passageiros, correcta ou incorrecta, condiciona o seu comportamento. Por exemplo, passageiros que acreditem que têm pouca probabilidade de sobreviver a um acidente aéreo tendencialmente prestarão menos atenção à informação sobre segurança disponível. Daí que, a sobreavaliação do risco de incidentes pode provocar reacções de emergência quando não há, na realidade, motivo para tal. Há casos registados de passageiros a iniciar uma evacuação de uma aeronave por observarem a queima excessiva de combustível acumulado numa pequena poça que ocorre se o motor não tiver sido desligado correctamente. É por isso de muita importância a avaliação da percepção do risco em passageiros, para se poder assim prever o comportamento destes na ocorrência de um incidente.

Actualmente, a forma de minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes como os descritos nos pontos 2 e 3 da lista acima passa pela instalação de sensores de proximidade entre Unidades de Transporte, ainda que estes sistemas apresentem sempre a possibilidade de o operador escolher a acção a tomar em caso de aviso. A tendência geral para uma cada vez maior automatização dos sistemas de metro contribui para os desenvolvimentos tecnológicos associados à localização relativa de UT ao longo das linhas, prevenindo assim a colisão de composições circulando no mesmo sentido – o abalroamento.

Os objectos presentes na via são muitas vezes resultado de ineficácia de procedimentos no que diz respeito a trabalhos de reparação e manutenção da via por pessoal da empresa gestora do sistema. Decorre deste facto que só os registos de incidentes, avaliação e implementação de medidas preventivas destas ocorrências, feitos de uma forma séria e absolutamente rigorosa podem contribuir para a maior segurança no sistema. Compete às autoridades adjudicatárias estabelecer, em sede de

contrato de adjudicação da gestão da linha, as normas a seguir nas operações de inspecção, manutenção e reparação da infra-estrutura de forma que estes acontecimentos sejam prevenidos.

Relativamente aos acidentes descritos no ponto 5, onde outros modos estão envolvidos, devem fomentar-se campanhas de sensibilização alertando para a distância necessária para a imobilização de veículos ferroviários e, conseqüentemente, a absoluta prioridade que estes modos devem ter em casos espaços de circulação partilhada. A título de exemplo, a campanha de sensibilização de crianças e jovens “*TrackOff*” [32] do Reino Unido, tem dado bons resultados. A REFER associou-se também à campanha “Dia Europeu para a Segurança em Passagens de Nível” [33], que se espera também contribua para diminuir a sinistralidade nas intersecções nas vias com direito de passagem de categoria B ou C.

4.2. SEGURANÇA DURANTE MOVIMENTOS DE EMBARQUE E DESEMBARQUE

Os mecanismos de controlo de portas têm conhecido também avanços significativos, sendo cada vez mais raros os incidentes com pessoas a ficarem presas enquanto os veículos começam a deslocar-se. Mais uma vez, o papel do condutor é de extrema importância, sobretudo nos sistemas mais “ligeiros” (eléctricos e Metro Ligeiro), onde o condutor pode ter uma percepção global de todo o comprimento do comboio. Já no caso de metros, com UT que podem chegar às 10 carruagens, será aconselhada a manutenção de ajudantes na plataforma para indicar a partida ao condutor, que poderá não se aperceber de um incidente que lhe seja ocultado ou por outros passageiros, ou pela disposição física da própria estação.

De particular relevância neste aspecto é o risco de quedas ou outros acidentes que envolvam cidadãos mais idosos. Uma vez que os mecanismos de fecho automático de portas em sistemas de metro podem criar algum receio – sem a correspondência com o registo de incidentes, nos parâmetros já anteriormente definidos – afectando a adesão ao sistema da faixa etária mais idosa, abordar-se-á a problemática dos cidadãos mais velhos no Capítulo 5 – Comodidade em Sistemas de Metro.

Reportando ao mesmo estudo de Thomas [31], a tabela 4.1. mostra a percepção por parte dos passageiros de uma série de riscos e compara-a com o risco real, estabelecido em fatalidades equivalentes.

Tabela 4.1 A percepção média de riscos de ferimentos ou fatalidades numa série de incidentes e acidentes comparada com o risco real em fatalidades equivalentes

Incidentes ou acidentes que provocam fatalidades ou ferimentos	Percepção de risco (%)	Risco Real (%)
Um comboio de passageiros colidindo com outro comboio de passageiros ou de carga	16.7	5.2
Um comboio de passageiros colidindo com um objecto na via ou marginal à via	11.0	5.7
Pessoas atingidas pelo comboio em passagens de nível	5.8	5.2
Passageiros feridos em movimentos de embarque/desembarque	9.1	4.9
Sobrelotação no veículo ou na plataforma (cais)	5.6	0.1
Pessoas trespassando na linha	10.1	44.9
Derramamento de carga tóxica ou inflamável	0.1	0.1
Riscos associados a pessoal do sistema	9.1	10.0
Escorregamentos, tropeções ou quedas	11.4	10.4
Descarrilamento	9.2	3.1
Incêndio	3.8	0.4
Outros incidentes	6.5	10.0

Deve notar-se que a tabela 4.1. foi efectuada tendo por base as respostas a um inquérito realizado no Reino Unido e referente ao comboio convencional, e, por isso, os resultados aí presentes apenas

possam ser considerados como indicativos. Causas prováveis em sistemas de metro, em particular de eléctricos e metro ligeiro deveriam incluir a colisão com outros modos em cruzamentos de nível e não devem incluir o derramamento de cargas tóxicas ou inflamáveis.

4.3. A SEGURANÇA DURANTE A ESTADIA EM PARAGEM, ESTAÇÃO OU TERMINAL

Este é um aspecto da segurança associada aos sistemas de transportes públicos que depende de uma série complexa de factores económicos, sociais e políticos. Reportando novamente ao estudo de Thomas [31], foi elaborado um inquérito com vista a determinar como os utentes das linhas de comboio no Reino Unido investiriam meios na segurança em estações e plataformas. Para isto foi então pedido aos utentes que fizessem uma despesa simulada em vários aspectos ligados com a segurança em estações, ou seja, de um total de 100£ as pessoas escolheriam como repartir esse montante por seis áreas operacionais. As pessoas que responderam ao inquérito foram divididas pelo tipo de utilizador em que se inserem e os resultados estão presentes na tabela 4.2. Despesa simulada média em categorias operacionais de estações e plataformas de comboio, por tipo de viagem:

Tabela 4.2 Despesa simulada média em categorias operacionais de estações e plataformas de comboio, por tipo de viagem

Categoria operacional	Tipo de viagem		
	Casa-Trabalho N=120	Negócios N=38	Lazer N=123
Tipo de informação fornecida aos passageiros	15	15	12
Forma como a informação é transmitida aos passageiros	16	17	14
Forma como as estações são monitorizadas	27	21	28
Ambiente dentro das estações	12	15	13
Equipamentos das estações	12	11	13
Áreas de espera das estações	12	13	16

Mais uma vez se refere o facto deste inquérito como destinatários os utentes de comboios regulares, havendo as seguintes considerações a ter em atenção:

- A informação em sistemas de metro, ainda que importante em termos de linhas partilhadas, é menos crítica que no caso dos comboios convencionais.
- As operações de sistemas de metro envolvem percursos tipicamente mais curtos e mais frequentes.

Assim, será de esperar que, numa pesquisa semelhante tendo por alvo os utentes de um sistema de metro, a monitorização das estações surja como a primeira prioridade no investimento em termos de segurança, o que é também assinalado pelo estudo “*Older People & Public Transport*”[34], que se abordará em maior profundidade no capítulo 5 – Comodidade em Sistemas de Metro.

As estações e paragens em sistemas de metro, constituindo ou não interface com outros modos para além do acto de caminhar, têm uma importância extrema na atractividade dos potenciais utentes para o sistema. Uma vez que os passageiros cada vez mais tomam a circulação como segura – apesar dos efeitos mediáticos que cada acidente ou incidente constitui, a percepção do risco associado ao modo é

muito baixo, ver tabela 4.3 – Números reais e percepção de uma fatalidade por número de viagem de passageiros – o sistema como um todo será considerado seguro e, logo, atractivo se os passageiros tiverem a percepção de segurança nas estações e paragens.

Tabela 4.3 Números reais e percepção de uma fatalidade por número de viagem de passageiros

Modo de transporte	Milhões de viagens de passageiros	
	por fatalidade	Real Percepção
Autocarros (incluindo expressos)		333,33 11,11
Comboio		83,00 14,86
Barco ou navio		71,43 42,47
Automóvel		26,32 0,22
Avião		25,64 44,84
Motociclo		0,52 10,39

4.3.1. CRIMINALIDADE

A criminalidade, vandalismo ou comportamento inapropriado de outros passageiros são factores que contribuem significativamente para afastar os possíveis utentes de sistemas de transporte público, em particular de sistemas de metro. Em alguns países europeus, nomeadamente Suíça e França, o debate sobre o papel que uma polícia de transportes, com formação específica para fazer face aos desafios encontrados nas estações e no material circulante está em curso, reportando sobretudo ao exemplo do Reino Unido, onde a acção de uma unidade especial, a *British Transport Police*, reduziu o número de crimes em todos os sistemas ferroviários [35]. Na Suíça, o papel da polícia ferroviária compreende os seguintes aspectos [36]:

- Formação

Todos os agentes da polícia dos caminhos-de-ferro recebem formação numa escola de polícia reconhecida e terminam a sua formação básica com a patente profissional federal de polícia 1. Esta formação resulta numa colaboração eficaz com as polícias cantonais e municipais. As condições são assim garantidas para assumir o mandato de direito público.

- Equipamento

O equipamento é ditado pela missão específica de que são encarregados agentes da polícia dos caminhos-de-ferro: casaco de protecção e meios de defesa pessoal. Os agentes da polícia dos caminhos-de-ferro não carregam armas de fogo. O porte de tais armas não está previsto na Lei. Esta estipula que o Conselho Federal pode decidir a introdução do porte de arma, no caso da avaliação do perigo se alterar.

- Atribuições
- Presença em comboios e estações com o objectivo de proteger e ajudar os passageiros e o pessoal
- Manutenção da ordem pública
- Prevenção dos delitos; salvaguarda das provas

- Controlo das pessoas
- Encaminhamento de delinquentes aos órgãos de polícia competentes
- Apoio aos órgãos de polícia competentes
- Evacuação e salvamento
- Acompanhamento e enquadramento dos passageiros de transportes públicos
- Relatório/Denúncia de delitos às autoridades competentes

Num momento em que os sistemas de metro aplicam muito do seu investimento na automatização das operações, com o claro objectivo de reduzir custos melhorando o desempenho dos sistemas, este é um assunto que deve ser debatido em toda a Europa, de preferência com uma abordagem claramente europeia. A automatização pode ser excessiva no sentido em que desumaniza os sistemas de metro – com a introdução de sistemas de emissão de bilhetes automáticos, controle de acessos sem presença humana e operação dos veículos com recurso a cada vez menores tripulações – levando a uma desertificação das paragens e estações, o que aumenta o sentimento de insegurança por parte dos utentes. Uma abordagem europeia a uma polícia de transportes contribuiria significativamente para uma das metas da estratégia de Lisboa, no que toca à circulação de pessoas no espaço da união, já que fomentaria a utilização, até fora do local de residência habitual, dos cidadãos europeus. No Reino Unido, a polícia de transportes é um ramo da polícia civil; na Suíça, as empresas gestoras da infraestrutura é que asseguram este serviço. Ambas as abordagens apresentam aspectos positivos e merecem estudo e desenvolvimento próprio, na prossecução de uma política de transportes integrada, acessível e atractiva para os utilizadores.

4.3.2. ACTOS DE TERROR

Organizações radicais que tenham por objectivo: matar indiscriminadamente, em grandes números e com elevadíssimo impacto mediático têm nos sistemas de metro, particularmente metros enterrados, alvos preferenciais. Não só pela elevadíssima concentração de pessoas em certas horas do dia, como pelo factor multiplicativo que a limitação de uma explosão dentro de um túnel confere ao seu poder destrutivo mas também pelas consequências que uma evacuação caótica traz.

O Metro de Londres tem vindo a sofrer ataques desde 1885 [37], com o último a ocorrer, ainda que sem vítimas a 21 de Julho de 2007, 14 dias depois do atentado que vitimou 42 pessoas (incluindo os bombistas) e feriu mais de 700, das quais cerca de 100 foram internadas pelo menos por uma noite, em três composições a 7 de Julho de 2005 (14 pessoas perderam a vida num ataque a um autocarro coordenado com esse), no primeiro ataque perpetrado por radicais islâmicos ao sistema de transportes públicos de Londres. Os explosivos utilizados foram uma mistura caseira de peróxido de hidrogénio e farinha *Chapatti*, escondidos em mochilas [38].

O Metro de Paris foi vítima, em 1995 de um de vários ataques concertados ao comboio regional, TGV e metro, pelo grupo extremista GIA (Grupo Islâmico armado), de origem argelina [39].

O Metro de Moscovo foi o alvo escolhido em 1977 por, alegadamente, um grupo independentista Arménio. Em Fevereiro de 2004, um grupo separatista Tchetcheno “*Gazoton Murdash*” fez despoletar uma bomba, matando cerca de 40 pessoas e ferindo cerca de 120 [40].

4.3.3. ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO

O relatório técnico “*Protegendo os sistemas de transportes de Superfície e seus clientes de actividades terroristas – Estudos de casos das melhores práticas de segurança e uma cronologia de ataques*” de Dezembro de 1997 [41] estabelece alguns critérios para a segurança em sistemas de transporte, divididos pelas áreas de Planeamento e Concepção (pré-incidente); Resposta (incidente) e

Recuperação (seguimento). Neste estudo foi elaborado um enquadramento das políticas e melhores práticas da época em termos de combate a actos de terrorismo e grandes actos criminosos contra sistemas de transporte terrestre, incluindo transporte público. O objectivo desse documento foi de listar as práticas e procedimentos para se alcançar um “estado mínimo de preparação”. Utilizando a pesquisa levada a cabo por *Boyd, Maier and Associates (Perspectives on Transit Security for the 1990s: Strategies for Success)*, aí citada, as melhores práticas foram então definidas, entre outras, como sendo:

4.3.3.1. Práticas de distribuição de pessoal:

- Pessoal uniformizado
- Distribuído em postos fixos
- Patrulhas aleatórias
- Patrulhas dirigidas
- Patrulhas de saturação
- Pessoal não uniformizado (dissimulado)
- Patrulhas dirigidas
- Vigilância
- Esperas ou emboscadas

4.3.3.2. Concepção de Sistemas e Tecnologia

- Minimização de alvos
- Controlo de movimentos e saídas
- Utilização efectiva do espaço disponível
- Equipamento de vigilância
- Sinalização de tolerância Zero

4.3.3.3. Colheita de dados

- Registo de tarefas
- Relatórios dos operadores
- Formulários de registo de incidentes

4.3.3.4. Práticas operacionais

- Desenvolvimento de trajectos e horários
- Manutenção
- Formação e políticas do sistema

Deve ser notado que a percepção do público desempenha um papel importante na prevenção de crime e vandalismo. Por exemplo, vários operadores relatam que equipamento de vigilância inactivo ou a fingir pode ser quase tão efectivo como o real a deter vandalismo e crimes contra a propriedade.

4.3.3.5. Descrição dos Incidentes/Problemas

As organizações de ordem pública (polícias e tribunais) geralmente categorizam a actividade criminosa em três níveis, no que diz respeito a transportes públicos: os dois níveis mais altos são os que estão sob estudo nesta análise:

- Nível 1: Crime não violento

Inclui transgressões como fumar em zonas proibidas, *graffiti*, e não aquisição de título de transporte. É caracterizada por serem crimes menores e vandalismo básico contra o sistema de transportes e sua infra-estrutura, incluindo infracções relacionadas com a qualidade de vida. Pela sua natureza não são aqui debatidas.

- Nível 2: Crime violento e destrutivo

Estes são caracterizados por agressões ao sistema em si, incluindo equipamentos e pessoal; ou a passageiros.

- Nível 3: Violência e destruição premeditados

Estes são caracterizados por ataques violentos e potencialmente mortais a operadores e utentes dos serviços de transporte. Os seus impactos vão muito além do limite físico da propriedade do sistema de transportes ou do seu equipamento. Nalguns casos são ataques com motivações políticas e dirigidos contra governos ou grupos étnicos ou raciais.

Apresenta-se de seguida uma lista de crimes violentos extraída de Boyd *Et Al.*, por ordem crescente de gravidade:

- Objectos lançados contra veículos
- Agressão a passageiros
- Agressão a operadores ou condutores
- Agressões com armas
- Ameaças de bomba
- Fogo posto
- Crimes de ódio
- Homicídios

Para tornar a análise mais simples adoptou-se a categorização em três classes:

- Crimes contra a propriedade - incluem objectos lançados contra veículos; fogo posto e a maioria dos crimes de ódio;
- Crimes contra pessoas – incluem agressões a passageiros; agressões a operadores ou condutores; agressões com recurso a armas e homicídios
- Crimes de impacto dramático – incluem terrorismo, ameaças de bomba e alguns crimes de ódio

4.3.3.6. Critérios de Planeamento e Concepção, Resposta e Recuperação

Na tabela 4.4 listam-se procedimentos e estratégias a seguir no planeamento dos sistemas, de acordo com a expectativa do tipo de incidente (A.,B. ou C.) que se estima venha a ocorrer:

Na tabela 4.5. estabelecem-se quais as ferramentas de apoio à comunicação com o público ao dispor dos gestores de sistemas.

Na tabela 4.6. identificam-se estratégias de Resposta aos incidentes, por tipo de crime.

Na Tabela 4.7. identificam-se estratégias de Recuperação dos incidentes, por tipo de crime.

Tabela 4.4 Estratégias a seguir no planeamento dos sistemas

Estratégias de planeamento de sistemas	Tipo de Crime		
	A	B	C
Pessoal e Organização de Segurança			
Polícia de Transportes e agentes dissimulados	x	x	x
Patrulhas visíveis	x	x	x
Agentes de estações	x	x	x
Polícias locais	x	x	x
Procedimentos e planeamento da Segurança (Gestão global de crise)			
Criar um programa de gestão de crise	x	x	x
Elaborar um plano de operações de emergência	x	x	x
Estabelecer acordos de entreajuda	x	x	x
Desenvolver procedimentos e formulários de registo e comunicação de eventos	x	x	x
Estabelecer linhas de comunicação e comando com autoridades externas	-	-	x
Contratar negociadores	-	-	x
Envolvente			
Proteger estações e parques de estacionamento automóvel com controlo de movimentos (vedações e uso de iluminação eficiente)	x	x	x
Seleccionar materiais que minimizem o risco	x	x	x
Assegurar a visibilidade	x	x	x
Manter as instalações	x	x	x
Tecnologia de detecção e segurança			
Instalar equipamento de vigilância	x	x	x
Prever alarmes silenciosos	x	x	x
Prever saídas de emergência	x	x	x
Instalar sensores de intrusão	x	x	x
Procedimentos e equipamentos de comunicação			
Estabelecer sistemas de comunicação de emergência redundantes	x	x	x
Estabelecer uma clara cadeia de comando	x	x	x
Vigiar estações e oficinas	x	-	x
Vigiar estações e escritórios	-	x	x
Instalar alarmes	x	x	x
Implementar patrulhas visíveis	x	x	x
Formação do pessoal			
Preparar agentes de estações, operadores e todo o pessoal para eventos hostis	x	x	x
Levar a cabo exercícios de simulação	x	x	x
Definir procedimentos especiais para cidadãos mais velhos, de mobilidade reduzida e mais jovens	x	x	x
Desenvolver procedimentos e formulários de registo e comunicação de eventos	x	x	x
Planeamento e preparação de resposta a emergências (em sistemas multimodais)			
Prever canais de comunicação com as autoridades locais (alertas)	x	x	x
Confiar a coordenação às forças policiais e outras unidades de segurança	x	x	x

Segurança acrescida (antes de eventos especiais)			
Requerer agentes de segurança adicionais	x	x	x
Incentivar vigilância da comunidade	x	x	x
Distribuir unidades caninas	-	-	x
Vigilância aérea	-	-	x
Executar simulacros com entidades exteriores	-	-	x
Actividades mediáticas e multi-linguísticas			
Colocar sinais em veículos e estações alertando para crime	x	x	-
Colocar sinais em veículos e estações alertando para comportamentos e acontecimentos pouco usuais	-	-	x
Encorajar a sensibilidade e atenção dos passageiros	x	x	x
Estabelecer envolvimento com escolas, grupos comunitários e com a juventude	x	x	x
Fomentar reuniões de sensibilização com o público em geral e com as comunidades	x	x	x
Publicar prospectos e brochuras multi-linguísticas	x	x	x
Manter um bom departamento de Relações Públicas e Marketing	x	x	x

Tabela 4.5 Ferramentas de comunicação com o público

Ferramentas de comunicação com o público
Pessoal de segurança com boa visibilidade
Campanhas de comunicação com o público agressivas
Fomentar a participação de todo o pessoal nas relações públicas
Promover um ambiente de tolerância zero.

Tabela 4.6 Estratégias de resposta a incidentes

Estratégias de resposta a incidentes	Tipo de Crime		
	A	B	C
Avaliação da ameaça ou problema			
Estabelecer uma clara cadeia de comando e comunicação	x	x	x
Activar os procedimentos adequados de emergência ou de evacuação	x	x	x
Organização de Segurança e Pessoal Envolvido			
Polícia de Transportes e agentes dissimulados	x	x	x
Agentes de estações	x	x	x
Polícias locais	x	x	x
Polícias nacionais e instituições de investigação criminal incluindo negociadores	-	-	x
Resposta à Emergência			
Alertar as autoridades públicas de segurança	x	x	x
Organizar a assistência médica de emergência	x	x	x
Assegurar atenção e acompanhamento aos cidadãos mais velhos, de mobilidade reduzida e mais jovens	x	x	x
Providenciar alternativas de transporte (por exemplo ponte de autocarros)	x	x	x
Actividades mediáticas e multi-linguísticas			
Estabelecer um sistema de comunicar com o público	x	x	x
Providenciar assistentes de diferentes idiomas	x	x	x
Identificar um porta-voz do sistema	x	x	x
Delegar a comunicação com o exterior	-	-	x
Actividades de "limpeza"			

Estabelecer uma clara cadeia de comando e comunicação	x	x	x
Envolver a Polícia de Transportes	x	x	x
Coordenar com Polícias locais	x	x	x
Recolher e preservar provas	x	x	x
Iniciar procedimentos de aconselhamento e apoio	-	-	x

Tabela 4.7 Estratégias de recuperação e seguimento a incidentes

Estratégias de recuperação e seguimento a incidentes	Tipo de Crime		
	A	B	C
Incremento da segurança			
Preservar o local e as provas	x	x	x
Envolver unidades caninas	-	-	x
Envolver segurança especial, segundo a necessidade	-	-	x
Limpeza e restauração do funcionamento			
Limpeza apropriada	x	x	x
Remoção de destroços	x	-	x
Revisão e Avaliação			
Estimar danos	x	x	x
Realizar uma avaliação pós-incidente	x	x	x
Providenciar aconselhamento pós-traumático	-	x	x
Rever as estratégias e procedimentos	x	x	x
Elaborar um plano de melhoria	x	x	x
Relatar o incidente			
Distribuir informações públicas	x	x	x
Estabelecer comunicações com as autoridades locais e com os meios de comunicação social	x	x	x
Dar resposta aos inquéritos elaborados por outros organismos de manutenção da ordem pública	-	-	x
Assegurar o cumprimento das regras de financiamento	x	x	x
Publicar qualquer outra informação apropriada	x	x	x
Eventual revisão por pares	-	-	x

4.4. REVISÃO DA SEGURANÇA EM SISTEMAS DE METRO

Os passageiros de sistemas de transporte público, independentemente do modo em que circulam, sentem-se mais vulneráveis enquanto aguardam a chegada de veículos. De forma a tornar os modos de transporte público, em particular os sistemas de metro, mais atractivos, sobretudo junto da população mais idosa da EU, é urgente relançar o debate sobre a eventual criação de uma polícia especializada, incorporada ou não nas forças policiais já existentes, com formação específica que consiga melhorar simultaneamente a segurança e a imagem dos sistemas. O estudo “*Older People & Public Transport*” [34] identifica alguns casos de intervenção por parte dos gestores do sistema que representam expressivos sucessos, como seja o caso, na particularidade da segurança, do Metro de Lille, em França, onde a introdução de agentes amigáveis foi recebida com bastante entusiasmo no Metro, nos Eléctricos e nos autocarros regulares.

Os seus benefícios incluem:

- Aumento da segurança

- Serviços adicionais como informação; acompanhamento de pessoas com necessidades específicas;
- Diminuição de fraude – menos gente viaja sem pagar
- Redução do vandalismo
- Melhor monitorização da infra-estrutura
- Rosto amigável do transporte público
- Menor discriminação quer de idade quer racial
- Efeito moderador de conflitos em vez da aparência ameaçadora.

Para além deste tipo de desenvolvimento, as empresas gestoras devem, através de inquéritos e de auditorias, avaliar a percepção de segurança, ao mesmo tempo que estimam a segurança real, para encontrar estratégias de melhoria contínua na atractividade dos passageiros.

COMODIDADE EM SISTEMAS DE METRO

Comodidade é a qualidade de algo que é fácil de usar, adequado ou favorável.

Nos sistemas de metro, a comodidade pode representar o conjunto de características que o tornam atractivo para os utilizadores, dependendo das várias dimensões que constituem o Nível de Serviço do sistema. Por uma questão de objectividade, neste trabalho será dada particular relevância à atractividade dos sistemas de metro no que diz respeito aos cidadãos mais velhos, por várias ordens de razões:

- É certo que a população Europeia está a envelhecer, com uma taxa de fertilidade actual na UE25 situada em 1,5 nascimentos por mulher [25], muito abaixo da taxa necessária para a renovação da população, que se situa nos 2,1; observa-se que, de acordo com o Eurostat, a esperança média de vida está a aumentar e hoje em dia, homens com 65 anos podem esperar viver mais 10,1 anos de uma vida saudável sem deficiências e as mulheres podem esperar 10,7 anos nas mesmas condições (UE15, 2003). Das pessoas com idades compreendidas entre os 65 e os 69 anos na UE25, 8,2% ainda trabalham. (ver capítulo 3.1.);
- Decorre do ponto anterior que a viabilidade financeira dos projectos de sistemas de transportes públicos, em particular de sistemas de metro estará dependente da capacidade destes sistemas em atrair as populações mais idosas.
- As dificuldades sentidas pelas pessoas mais idosas em aderir aos sistemas de metro são facilmente ultrapassadas por pessoas de camadas etárias mais novas, de onde se conclui que um estudo na camada sénior da população é conservador em termos de comodidade.

Os factores que contribuem positivamente para a comodidade de um sistema de metro são:

- Localização próxima de estações ou paragens (relativamente às origens e destinos dos utentes), ou cobertura do sistema
- A facilidade de aderir ao sistema, que inclui
- Receber e interpretar informação
- Aquisição de bilhetes
- Movimentos de embarque/desembarque
- Aceder e deixar estações e paragens (incluindo interface com outros modos)
- Fiabilidade do serviço
- Frequência do serviço
- Velocidade
- Conforto de circulação
- Imagem do sistema, incluindo a percepção de segurança

5.1. COBERTURA DO SISTEMA DE METRO

Como já foi descrito nos capítulos 1 e 2, os sistemas de metro apresentam os custos de implementação mais elevados do leque de opções para transporte público urbano. São habitualmente dispostos ao longo das principais artérias das cidades, onde se registam os maiores volumes de tráfego e está provado que a sua instalação potencia a utilização de outros modos de transporte público, particularmente os Autocarros Regulares.

Por si só, um sistema de metro pode não apresentar cobertura suficiente numa determinada cidade, devido a constrangimentos de ordem financeira ou técnica, sendo, nesse caso, absolutamente fundamental que a interação com outros modos – particularmente autocarros – seja entendida positivamente no sentido de permitir uma distribuição dos passageiros pelos seus destinos, coordenando horários, oferta de lugares, e, preferencialmente, o sistema de tarifas.

De acordo com o estudo *“Older People and Public Transport”* encomendado pela European Metropolitan Transport Authorities à consultora Rupprecht Consult – Forschung & Beratung GmbH [34] as pessoas mais velhas indicaram a falta de provisão de transportes públicos e a localização desfavorável de estações (respectivamente 16 e 11%) como motivos assinaláveis de não realização de actividades de lazer por motivo relacionado com transportes públicos. É de salientar também que a Comissão Europeia, a este propósito, estabeleceu como um dos temas a abordar no Livro Verde de transportes urbanos, a segurança que as deslocações de casa ou outro destino até às paragens e estações oferece. Como já foi referido anteriormente, os serviços de autocarro ou outros modos, que tipicamente oferecem paragens com menor espaçamento relativo ou são dependentes da procura, devem então providenciar o serviço complementar aos sistemas de metro para se maximizar a atractividade por esta via.

5.2. FACILIDADE EM ADERIR AO SISTEMA DE METRO

Os cidadãos que pretendam aderir, isto é, utilizar consistentemente, um sistema de metro, têm de vencer alguns obstáculos naturalmente intrínsecos a estes modos. Conseguir interpretar a informação distribuída, adquirir bilhetes e subir a plataformas ou descer a estações enterradas podem revelar-se tarefas árduas para pessoas com deficiências, com mobilidade reduzida ou com idades avançadas. Ainda assim, as necessidades das pessoas jovens com mobilidade reduzida são diferentes das necessidades das pessoas jovens com deficiências e, por sua vez, são ainda diferentes das necessidades das pessoas mais velhas. Erradamente no passado têm sido tentadas abordagens que se propõem a resolver os problemas heterogéneos destes grupos diferentes com soluções simplistas que apenas resolvem as necessidades de alguns dos grupos indicados. É suficiente ver que o símbolo internacional de acessibilidade consiste numa figura estilizada de uma pessoa em cadeira de rodas (definição presente no Decreto-Lei nº163/2006 de 8 de Agosto, Acessibilidade de Espaços Públicos, Equipamentos Colectivos e Edifícios Públicos e Habitacionais). Quando este Decreto-Lei aborda a questão dos transportes público fá-lo sempre de uma perspectiva da mobilidade reduzida do ponto de vista mecânico, ou fisiológico (cegueira, surdez, etc.) mas em altura alguma há referências a dificuldades de percepção próprias de uma idade avançada que se traduzem em movimentos mais lentos e processamento de informação mais lento, ainda que a pessoa em causa possa ter uma visão e audição perfeitamente saudável, e não se encontre numa cadeira de rodas ou apoiado numa bengala.

Compete assim, no seu próprio interesse, às empresas ou autoridades gestoras dos sistemas de transportes públicos, tornar todo o sistema mais acessível a pessoas idosas, através de uma série de estratégias que deverão ser desenvolvidas em conjunto com as comunidades, através de consultas e

agendas de coordenação com representantes dos cidadãos mais velhos, para atender às suas necessidades específicas. A título de exemplo, verifica-se, no mesmo estudo de Fiedler, que a dificuldade em utilizar as máquinas de emissão de bilhetes ou em interpretar horários foi manifestada em 26% das respostas de pessoas mais velhas que abdicaram de utilizar o transporte público para actividades de lazer, o dobro das respostas relativas à insegurança.

5.3. FIABILIDADE DO SERVIÇO

A fiabilidade do serviço, como foi definida na secção 1.6. é um elemento extremamente importante na avaliação que o público faz do sistema e, logo, com implicações muito fortes na atractividade dos modos. No estudo de Thomas [31] foi pedido aos passageiros do comboio convencional que participassem num exercício de investimento simulado em que estes escolheriam como gastar uma quantia unitária de 100£ em três aspectos do desempenho dos comboios (fiabilidade, frequência e segurança). Os resultados descritos pelo tipo de viagem que os utentes realizam vêm exibidos na tabela 5.1. – Despesa simulada média no desempenho de comboios por tipo de viagem:

Tabela 5.1 Despesa simulada média em características de desempenho de comboios, por tipo de viagem

Característica de desempenho	Tipo de viagem		
	Casa-Trabalho N=120	Negócios N=38	Lazer N=123
Ter um serviço fiável, que parta e chegue no horário previsto	41	41	37
Ter um serviço frequente, com comboios a circular regularmente	32	35	26
Ter um serviço mais seguro, apesar de implicar mais atrasos	22	20	31

Assim, no que diz respeito ao desempenho de um serviço de comboios, os passageiros claramente preferem que o investimento seja realizado na melhoria da fiabilidade (média 39,1). Esta opção foi preferida sobre a frequência e a segurança, (respectivamente 30,0 e 25,7). A diferença no investimento simulado é demasiado pequena para ter significado em termos de preferência.

Claro que estes resultados devem ser vistos na perspectiva de utilizadores de comboio, que, intrinsecamente, tem uma frequência muito inferior a sistemas de metro, e, em muitos casos, apresenta também uma fiabilidade inferior.

“A nossa pontualidade é um factor determinante. Nas linhas urbanas de Lisboa, as metas de pontualidade situam-se entre os 90% e os 96% e, em Junho, foram ultrapassadas na Linha de Cascais e na Linha do Sado. A Linha de Sintra apresenta um nível de pontualidade de 72%, altamente penalizada pelo encerramento do Túnel do Rossio. Na área urbana do Porto os objectivos de pontualidade situam-se entre os 95% e os 97%. Foram ultrapassados nas Linhas de Caíde, e Aveiro e estão muito próximos nas Linhas de Braga e Guimarães. Nos serviços de Longo Curso, o Alfa Pendular registou um índice de pontualidade de 70%, o serviço Intercidades um índice geral de 69% e o serviço Regional de 82%.

Os resultados dos Estudos de percepção classificam os serviços Urbanos de Lisboa, na sua globalidade, com 6.92 valores. O serviço prestado na área Urbana do Porto foi classificado com 7.45 valores (escala 1 – 10). Dados referentes a Junho 2005”, [42]

A interpretação mais abrangente, em termos de multi-modalidade que se pode retirar, é a pequena inclinação que os passageiros demonstram para estar à espera nas estações pela chegada dos veículos. Para esta contribui em larga medida a concepção e equipamento das estações e paragens. Estudos como os já referidos por Thomas [31], identificam que o tempo de espera em estações é a altura em toda a viagem em que os passageiros se sentem mais vulneráveis.

5.4. FREQUÊNCIA DO SERVIÇO

Este parâmetro é habitualmente bem potenciado pelas empresas gestoras da infra-estrutura, uma vez que dele depende directamente a capacidade oferecida pelo sistema e, quanto mais circular uma composição, menor o seu custo por quilómetro (ainda que diminua o intervalo entre manutenções) e, consequentemente maior o retorno do investimento. A frequência do serviço em sistemas de metro varia tipicamente ao longo do dia e entre os dias da semana, respondendo às necessidades dos volumes de passageiros. A atractividade dos sistemas pode ser aumentada por via da frequência, quando esta é coordenada com a velocidade de circulação e com o tempo disponível para movimentos de embarque e desembarque nas estações.

5.5. VELOCIDADE DE CIRCULAÇÃO.

A velocidade de circulação das composições num sistema de metro está relacionada em binómio com o conforto de circulação, por um lado, e com a frequência do serviço, por outro. Sendo, no caso de sistemas de metro com direito de passagem de categoria A, a velocidade um dos principais factores de atracção ao sistema, por comparação com o veículo automóvel privado (para além do custo, incluindo estacionamento). Velocidades demasiado elevadas provocam desconforto dinâmico e acústico ao longo de curvas de raio pequeno e velocidades demasiado reduzidas eliminam a vantagem competitiva face ao automóvel privado, ou a outros modos, como, por exemplo o autocarro. É por isso necessária a averiguação da percepção dos passageiros relativamente a este aspecto através de inquéritos de satisfação que possam contribuir para o melhor desempenho global do sistema. Ainda no que diz respeito à velocidade em sistemas de metro, é o facto que é neste parâmetro que se encontra a maior diferenciação para os comboios convencionais: uma vez que as linhas de metro são utilizadas apenas para tráfego de passageiros, conceitos como insuficiência de escala não fazem sentido, o que permite obter um traçado mais bem adaptado às reais velocidades de circulação e, por isso, menor desconforto provocado por sobre-acelerações em curva sentidas nos comboios convencionais. Por outro lado, a análise dinâmica deve levar em linha de conta que uma boa parte dos passageiros viaja de pé, alterando a posição relativa do seu centro de gravidade e tornando mais difícil o equilíbrio quer em acelerações e travagens, quer em circulação em curva.

5.6. CONFORTO DE CIRCULAÇÃO.

O conforto é um parâmetro de elevada complexidade, já que depende das características dinâmicas da viagem, da percepção da segurança nas suas vertentes cinemáticas e sociais, e de outros aspectos como sejam a climatização dos veículos. Investigação e investimento intenso têm marcado os desenvolvimentos na área de conforto interior, nomeadamente nos sistemas de mais baixa capacidade e velocidade. Não é estranho a este facto que os Eléctricos sejam modos bastante requisitados por turistas e passageiros de lazer. Mais uma vez, para que se possa actuar significativamente com respeito ao conforto de circulação e para que se possa compreender até que ponto é determinante na atractividade dos sistemas, será necessário realizar estudos e inquéritos aos utentes para determinar a

medida real do seu impacto no desempenho do sistema. O estudo de Fiedler, [34] coloca o conforto de circulação em décimo lugar na lista de melhorias necessárias para as pessoas mais velhas aderirem aos transportes públicos, atrás de factores como o preço das viagens, menor *anonimato*, utilização simplificada das portas dos veículos, etc. (ver tabela 5.2. – Melhorias necessárias no transporte público de acordo com os passageiros sénior). Será de esperar que utentes mais jovens confirmem ainda menos peso à questão do conforto em termos de atractividade.

Tabela 5.2 Melhorias necessárias no transporte público de acordo com os passageiros sénior

Melhorias necessárias	Escala
	0 = Não importante a
	5 = Extremamente Importante
Viagens mais baratas	4,13
Segurança em relação a crime e assédio	4,02
Aquisição de bilhetes mais simples	3,71
Menos anonimato	3,68
Mais casas de banho	3,64
Melhor imagem do transporte público	3,54
Segurança de circulação	3,44
Utilização mais simples das portas dos veículos	3,35
Redução do esforço físico	3,22
Mais conforto	3,12
Acesso mais fácil	3,07
Melhor orientação	3,02
Possibilidade de levar a bicicleta própria no TP	2,83
Viagens mais curtas	2,59

5.7. IMAGEM DO SISTEMA

Os sistemas de transporte público, em particular de sistemas de metro devem investir mais na promoção da sua imagem, com recurso a meios próprios, ou, devido à natureza de serviço público que desempenham, recorrendo a publicidade institucional.

A Comissão Europeia, no ponto 3. Criação de Uma Nova Cultura de Mobilidade Urbana do Livro Verde já referido [29] afirma:

“Tal como sugerido durante as consultas, a Comissão poderá explicar e promover activamente o seu trabalho no domínio da política de mobilidade urbana. Poderá igualmente organizar campanhas europeias de sensibilização do público para as suas actividades de mobilidade urbana sustentável, juntamente com as partes interessadas já activas neste domínio. Poderiam prever se campanhas de informação e sensibilização específicas destinadas a influenciar o comportamento em termos de

mobilidade de determinados grupos alvo. Propõe-se ainda a realização de uma conferência europeia anual sobre «soluções avançadas para os transportes urbanos».”

Na tabela 5.3. apresentam-se vantagens e desvantagens do transporte público quando comparado com o automóvel privado.

Tabela 5.3 Vantagens e desvantagens do transporte público comparado com o automóvel privado

Vantagens Primárias do Transporte Público	Vantagens Primárias do Automóvel Privado
Confortável, ausência de stress	Independência, sempre disponível
Sem problemas de estacionamento	Confortável com compras
	Privacidade
Vantagens Secundárias do Transporte Público	Vantagens Secundárias do Automóvel Privado
Reduzido impacto ambiental	Mais barato quando viajam 2 ou mais pessoas
Possibilidade de ingestão de álcool	Confortável
Elevada segurança de circulação	Tem-se tornado mais “amigo do ambiente”
Rápido (depende da linha)	Prestigioso
Barato (depende do bilhete)	
Desvantagens Primárias do Transporte Público	Desvantagens Primárias do Automóvel Privado
Dependência (nem sempre disponível)	Estacionamento
Desconfortável com compras	
Desvantagens Secundárias do Transporte Público	Desvantagens Secundárias do Automóvel Privado
Comportamentos associiais	Caro (manutenção e estacionamento)
Falta de limpeza	Tensão (congestionamento e condutores agressivos)
Caro (se usado raramente)	Elevado impacto ambiental
	Risco de acidentes

5.8. REVISÃO DA COMODIDADE

Os parâmetros que contribuem para a percepção de comodidade em sistemas de metro variam largamente entre os utentes de um serviço de transportes públicos. Como foi visto, há motivos que conduzem à atractividade dos sistemas que devem ser apurados por cada entidade gestora de cada sistema, uma vez que as necessidades dos passageiros variarão regionalmente e por faixas da

população. De extremo valor é o contributo que as pessoas mais velhas podem dar para o debate de como melhorar o desempenho do sistema, já que, por um lado, assumem-se como a faixa de utentes com maior tendência de crescimento e, por outro lado, são os que possivelmente maiores constrangimentos encontram para a sua utilização. Decorre destes factos que os cidadãos mais idosos deverão ocupar um lugar de destaque nas avaliações dos sistemas de metro.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Neste trabalho pretendeu-se dar um panorama alargado e ao nível executivo de características a que os gestores de sistemas de metro e autoridades metropolitanas devem dedicar particular atenção nomeadamente no que diz respeito à atractividade dos sistemas de transportes públicos urbanos de passageiros guiados por carris.

Começando por uma explanação da teoria de transporte urbano, procurou-se evidenciar a aplicabilidade dos sistemas de metro em corredores apresentando volumes de passageiros médios a elevados, contrariando a noção muitas vezes errónea de “dimensão demasiado reduzida para instalação de um sistema de metro”. Verificando-se uma exaustão da capacidade oferecida por outros modos, nomeadamente autocarros regulares e automóveis privados, ao longo de um trajecto muito solicitado pelos utentes, e dependendo da disponibilidade de terreno para garantir direitos de passagem de categorias elevadas, os sistemas de metro tornam-se, muitas vezes na solução óptima para aumentar a capacidade desses eixos, quer a nível financeiro e, sobretudo, a nível ambiental e de qualidade de serviço.

A diferenciação entre os vários modos guiados por carris e a abordagem aos novos modos, como o *CarGo Tram* e o *Tram-Train* expostas no capítulo 2 reforçam ainda mais esta noção de uma aplicabilidade interoperacional destes sistemas com o objectivo de aumentar o retorno do investimento, conferindo-lhes funções diversas, como por exemplo o contributo em sistemas de gestão de resíduos urbanos, que permitem desde logo uma diluição dos custos capitais por várias aplicações, resultando numa maior rentabilidade e uma utilização mais intensiva de uma infra-estrutura que é, claramente, avultada em termos de custo inicial.

No capítulo 3 foi validada a noção – partilhada empiricamente pela maioria da população – que sistemas de metro contribuem positivamente para um melhor ambiente urbano, reduzindo a poluição atmosférica e o ruído a que os cidadãos estão expostos, ao mesmo tempo que fomenta a utilização de outros modos de transportes públicos de passageiros, reduzindo o fenómeno do congestionamento.

A segurança em sistemas de metro, abordada no capítulo 4, foi neste trabalho analisada desde uma perspectiva do gestor do sistema, evidenciando aspectos a que os potenciais utilizadores estão mais sensíveis e os que mais contribuem para a atractividade do sistema. Deve notar-se novamente neste ponto que os critérios de concepção dinâmica dos sistemas são hoje em dia função de uma elaboração conjunta entre a geometria da rede e o desenvolvimento do material circulante, não havendo outro referencial legal que não seja uma anotação – até um pouco grosseira - para a redução para metade de acelerações e sobre acelerações limite a que os passageiros estarão eventualmente sujeitos, quando se prever que parte deles viagem em pé. Ainda assim, verificou-se que a maioria dos utentes considera a circulação destes sistemas muito segura. Deu-se ainda particular relevância a estratégias de

minimização da probabilidade de ocorrência de crime em sistemas de metro e da maximização da sensação de segurança por parte dos utentes.

Da mesma forma, a Comodidade em sistemas de metro foi estudada tendo em vista o sistema como um todo, com particular incidência na atractividade de cidadãos mais velhos aos sistemas, uma vez que essa abordagem se revela conservadora na definição de parâmetros que conduzam à satisfação dos utentes.

6.1. CONCLUSÕES

- Os Sistemas de Metro são aplicáveis a uma grande variedade de desenvolvimentos urbanos e constituem, quando a procura é alta, o modo mais eficiente de resolver problemas relacionados com fenómenos de congestionamento nos centros urbanos, com notáveis melhorias na qualidade de vida dos cidadãos.
- De forma a se maximizar o seu potencial, particular atenção deverá ser dada aos aspectos que influenciam a atractividade ao sistema, particularmente de cidadãos mais velhos e de mobilidade reduzida.
- Destes aspectos, a segurança e em estações e paragens é o mais referenciado como crítico na captação de utentes do sistema.
- A facilidade em aderir ao sistema, seja por cobertura da rede, seja por simplicidade de utilização do transporte são factores determinantes no fomento de uma cultura de mobilidade urbana através dos transportes públicos.
- Uma rede de transportes públicos deve assumir os transportes guiados por carris como o seu eixo principal de desenvolvimento, devendo considerar os restantes modos como afluentes a estas infra-estruturas, quando presentes.
- A presença de Sistemas de Metro contribui para um melhor planeamento das cidades.
- As novas abordagens de transportes de resíduos ou mercadorias por Sistemas de Metro constituem uma potencial mais-valia dos sistemas que não deve ser ignorada pelas autoridades responsáveis pela administração da infra-estrutura.

6.2. RECOMENDAÇÕES

À luz das conclusões retiradas deste estudo, apresentam-se de seguida algumas recomendações sobre acções a tomar ou estudos posteriores a encetar, para que todo o potencial dos sistemas de transportes urbanos guiados por carris se possa desenvolver.

Estas serão repartidas por recomendações para gestores de sistemas de metro, recomendações para organismos oficiais e centros de estudo e recomendações para o público em geral.

Muitas das recomendações serão direccionadas à obtenção e divulgação de informação, para que as opções envolvendo custos capitais avultados consigam responder da forma mais eficiente aos desafios que se colocam, em particular, a uma Europa que se pretende na linha da frente do combate às alterações climáticas, assente no modelo de desenvolvimento sócio económico e fomentando a participação de todos assim prevenindo a exclusão social, principalmente nas suas cidades.

6.2.1. GESTORES DE SISTEMAS DE METRO

6.2.1.1. Análise das externalidades

As organizações responsáveis pelo planeamento das cidades deverão, no seu processo de tomada de decisões relativas ao transporte urbano, encontrar formas de analisar detalhadamente as alternativas que modos como os sistemas de metro oferecem como resposta aos problemas inerentes aos corredores mais congestionados. Para isso deve incluir-se na análise custo-benefício das diversas alternativas presentes, os benefícios de segunda ordem, ou seja as externalidades que estes modos apresentam, seja pela via das melhorias no ambiente, seja pelo aumento da segurança, quantificando o número de mortes prematuras evitadas por ano ao longo do período de vida útil do projecto. Este é um conceito extremamente importante na comunicação com o público no momento do debate alargado sobre a introdução de um sistema de metro. Grandes centros urbanos existentes nos países subdesenvolvidos ou em vias de desenvolvimento devem contemplar a hipótese de introdução de sistemas de metro no seu planeamento, uma vez que aí o peso destas externalidades, nomeadamente no valor da prevenção de mortes prematuras devidas a acidentes de trânsito, é ainda mais premente.

6.2.1.2. Papel central dos sistemas de metro

Os sistemas devem ser considerados como centros gravitacionais em torno dos quais orbitam os restantes modos, em particular o andar a pé, redes de autocarros e transporte privado. Assim, o planeamento da localização das estações e paragens deve levar em linha de conta a análise destes interfaces, equipando-os com funções que se constituam como potenciadoras da utilização do sistema, como, por exemplo, parques e suficiente iluminação.

6.2.1.3. Análise da interoperacionalidade

As funções inovadoras do *CarGo Tram* expostas no capítulo 2 devem ser analisadas pelas autoridades envolvidas na planificação de sistemas de metro, não só porque permitem uma utilização mais intensiva da infra-estrutura quando o volume de passageiros é menor (durante a noite, por exemplo), mas também porque podem ser utilizadas como meio de aumentar a eficiência de outros serviços geridos tipicamente pelas autoridades municipais, como seja a recolha de lixo. A instalação de centrais de recolha intermédia de resíduos em algumas estações de sistemas de metro pode vir a apresentar enormes vantagens no sentido em que os agentes de recolha rodoviários poderão maximizar as suas saídas com viagens mais curtas entre os centros de recolha intermédios, sendo o transporte até ao equipamento de tratamento de resíduos final assegurado por um meio que tem o mais baixo custo por tonelada movimentada de entre todos os modos. Mais uma vez, as externalidades envolvidas num aproveitamento desta natureza contribuirão para uma gestão mais racional da infra-estrutura dos sistemas de metro.

6.2.1.4. Combater a desertificação em estações

Compete às organizações gestoras dos sistemas prevenir a desertificação das estações, já que este é um factor dissuasor da utilização do sistema, nomeadamente por parte da população mais idosa. A progressiva automatização dos sistemas e consequente redução de carga laboral afecta ao sistema propriamente dito não deve ser acompanhada de uma sensação de isolamento por parte dos utentes, o que se consegue prevenindo a instalação de serviços complementares nas estações, sobretudo nas estações enterradas. As vantagens desta abordagem são, para além de uma maior humanização do

espaço e eventual receita em rendas, uma diminuição do vandalismo e do número de passageiros que viaja sem o pagamento da tarifa.

6.2.1.5. Policiamento do sistema

Como foi referido no capítulo 4, a presença de um corpo de polícia de transportes, independentemente de ser parte integrante da polícia regular ou ser específica do sistema mas com fortes ligações e estreita colaboração com esta apresenta vantagens de várias ordens. O aumento da segurança e a prevenção de actos contra o sistema resulta numa maior atractividade e contribui positivamente para a sustentabilidade dos projectos de introdução de sistemas de metro em cidades.

6.2.1.6. Inquéritos aos utentes

Constituindo-se como uma das formas mais eficazes de recolha de informação junto dos utilizadores de sistemas de metro, salientando-se aqui as opções já referidas no texto de inquéritos de satisfação global, inquéritos sobre o conforto, inquéritos sobre a segurança e inquéritos de despesa simulada. Todos oferecem dados importantes sobre a atractividade do sistema como um todo e são poderosas ferramentas na defesa de opções de investimento que pretendam conduzir a uma utilização mais intensiva dos sistemas de metro por parte da população que servem.

6.2.1.7. Comunicação com o público

Na idade da informação, a comunicação com os utilizadores e, em particular com os utilizadores potenciais é de extrema importância e central para o sucesso dos sistemas. Tendo já abordado a importância dos inquéritos como forma de recolher informação por parte dos utentes, a colaboração com estruturas organizadas representando grupos com interesses e necessidades especiais permite responder melhor às expectativas do público. A título de exemplo, podem referir-se os transportes excepcionais ou especiais servindo eventos desportivos, culturais ou religiosos que permitam aliviar a sobrecarga urbana induzida por estes acontecimentos. Um departamento ou núcleo de relações públicas que disponibilize informação sobre as viagens alternativas, interrupções de serviço e melhorias na infra-estrutura pode servir para apaziguar alguma insatisfação que ocorra por motivos de força maior e contribuir positivamente para a imagem do sistema, melhorando, uma vez mais, a atractividade.

6.2.2. ORGANISMOS OFICIAIS

A distinção das recomendações para entidades gestoras para as recomendações para organismos oficiais reside no simples facto de estes terem por obrigação incentivar e proteger não só os sistemas, mas também os utilizadores do serviço providenciado.

6.2.2.1. Legislação

A nível local, nacional ou internacional, deve ser feito um esforço que normalize os aspectos operacionais dos sistemas de metro, definindo critérios objectivos e com força de lei para a segurança e a comodidade em sistemas de metro nos aspectos definidos no presente trabalho. A análise de indicadores como rentabilidades e fatalidades equivalentes assim como a implementação de planos de

prevenção e monitorização da segurança devem ser assegurados pelas entidades que representam superiormente os interesses da população. Os resultados dessas análises e monitorizações devem ser divulgados activamente, como forma de fomentar a aproximação e o envolvimento entre os cidadãos e os sistemas que, em última análise, estes suportam. Ainda do ponto de vista legislativo e tendo em vista a natureza pública dos sistemas de metro, deve ponderar-se o enquadramento legal e a criminalização de actos contra o sistema como todos aqueles que afectem a atractividade do mesmo. Assim, deve entender-se qualquer acção de índole criminosa como sendo agravada pelo facto de contribuir para o abandono do sistema por parte dos utilizadores.

6.2.2.2. Mobilidade

As entidades oficiais devem tentar promover um conceito de mobilidade alargado, coordenando os diferentes sistemas de transportes públicos para uma utilização intermodal por parte dos cidadãos.

6.2.2.3. Investigação e desenvolvimento

Neste ponto englobam-se todos os contributos que os diferentes intervenientes em sistemas de metro (entidades gestoras, indústrias de material circulante, associações de utilizadores, etc.) e os organismos públicos ou privados de investigação possam dar para o avanço e disseminação dos sistemas de metro enquanto propulsores do desenvolvimento sustentado e da melhoria da qualidade de vida nas cidades. Estudos quantificadores das externalidades já referidas, modelos de avaliação das alterações de natureza social em populações servidas por estes modos devem ser promovidos por universidades e institutos técnicos mais bem apetrechados e vocacionados para essas realidades que as entidades gestoras dos sistemas.

6.2.3. PÚBLICO EM GERAL

6.2.3.1. Envolvimento

A recomendação única para o público em geral é de envolvimento, ou seja, a participação positiva, tanto como utilizador individual, salvaguardando os meios disponibilizados e utilizando-os conscienciosamente, como integrado em grupos de pressão, associações de utilizadores, ou grupos de interesses especiais, fazendo chegar às entidades gestoras e organismos oficiais as suas necessidades, críticas e recomendações de forma que os sistemas de metro possam, cada vez mais, responder positivamente às necessidades de cada um e de todos. Os sistemas de metro englobam a mais avançada das tecnologias e sendo bens públicos, de todos os cidadãos, contribuem enormemente para a salvaguarda de um bem que é de todos: o futuro deste terceiro planeta a contar do Sol e a qualidade da vida das gerações vindouras.

BIBLIOGRAFIA

1. Casteleiro, P.D.J.M., *Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea* 2001, Lisboa: Editorial Verbo.
2. Editora, P., *Dicionário Editora da Língua Portuguesa* 2009 - Acordo Ortográfico 2009.
3. Vuchic, V.R., *Urban transit systems and technology*. 2007, Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons. xvi, 602 p.
4. Pushkarev, B., J.M. Zupan, and R.S. Cumella, *Urban rail in America : an exploration of criteria for fixed-guideway transit*. 1982, Bloomington: Indiana University Press. xxvii, 289 p.
5. *Early Days of Mumbles Railway*. 15 February 2007 acedido em 4 Março 2009]; Retirado de: http://www.bbc.co.uk/wales/southwest/sites/swansea/pages/mumbles_trainanniv.shtml.
6. midcontinent.org. *The John Stephenson Car Co.* 2006 acedido em 28 Abril 2009]; Retirado de: <http://www.midcontinent.org/rollingstock/builders/stephenson1.htm>.
7. Baldwin, E. *Manhattan's Lost Streetcars*. 2008 acedido em 4 Maio 2009]; Retirado de: <http://www.nyctransitforums.com/forums/showthread.php?t=6797>.
8. Endre, V.Á. *Trams of Hungary* 2009 acedido em 4 Maio 2009]; Retirado de: http://hampage.hu/trams/e_index.html.
9. DEMORY, H. *Le premier tramway de Paris*. 2006 acedido em 25 Abril 2009]; Retirado de: <http://mapage.noos.fr/hubert.demory/loubat.htm>.
10. Taplin, M. *The History of Tramways and Evolution of Light Rail* 1998 [cited 23 Abril 2009; Retirado de: <http://www.lrta.org/mrthistory.html>.
11. Snell, B. *The StreetCar Conspiracy*. 1995 acedido em 23 Abril 2009]; Retirado de: <http://www.loveearth.net/gmdeliberatelydestroyed.htm>.
12. Ashton, K. *Tram service to expand*. 2007 acedido em 3 de Maio 2009]; Retirado de: <http://www.thepraguepost.com/articles/2007/12/05/tram-service-to-expand.php>.
13. Technology, R. *Geneva Tram Network, Switzerland*. 2009 3 Maio 2009]; Retirado de: <http://www.railway-technology.com/projects/genevatramnetwork/>.
14. Siemens.AG. *Ultra Low Floor Tram*. 2009 acedido em 3 Maio 2009]; Retirado de: <http://www.transportation.siemens.com/ts/en/pub/products/mt/products/tram/ulf.htm>.
15. Oelmann, W. *CarGo Tram*. 2007 acedido em 7 Maio 2009]; Retirado de: http://www.dvb.de/downloads/de/Die-DVB-AG/Zahlen---Daten/CarGoTram/cargotram_070426.pdf.
16. *Cargo Tram Zurich*. 2007 acedido em 7 Maio 2009]; Retirado de: http://www.proaktiva.ch/tram/zurich/cargotram_index.html#other.
17. Thompson, G.L., *Defining an Alternative Future Birth of the Light Rail Movement in North America*, in 9th National Light Rail Transit Conference, T.R. Board, Editor. 2003.
18. Quinby, H.D., *Major Urban Corridor Facilities: A New Concept*. Traffic Quarterly, 1962. 16(2): p. 242–259.

19. Wolmar, C., *The subterranean railway: how the London Underground was built and how it changed the city forever*. 2005: Atlantic. 351.
20. Badsey-Ellis, A., *London's lost tube schemes*. 2005: Capital Transport. 320.
21. Ludwig, D. *The Karlsruhe model of a dual-mode railway system*. 2001 acessido em 11 Maio 2009]; Retirado de: <http://www.eaue.de/winuw/85.htm>.
22. Bombardier. *PRIMOVE Catenary-Free Technology*. 2009 acessido em 3 Abril 2009]; Retirado de: <http://www.bombardier.com/en/transportation/sustainability/technology/primove-catenary-free-operation?docID=0901260d800486ab>.
23. Sustainable Urban Transport Plans in Preparatory Document in relation to the follow-up of the Thematic Strategy on the Urban Environment, C. Europeia, Editor. 2007.
24. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on Thematic Strategy on the Urban Environment, C.O.T.E. COMMUNITIES, Editor. 2005.
25. Report on urban transport in Europe for the European Commission, M.C.-T.D. Engineering, Editor. 2007.
26. Trapp, D.B.H.-G.D.-S.J., *The impact of demographic change on local and regional government*, C.o.E.M.a.R. (CEMR), Editor. 2006, German Institute of Urban Affairs.
27. Keep Europe moving - Sustainable mobility for our continent. 2006, COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES.
28. *A Congestion-Free Bus Network*. 2001, Union Internationale des Transports Publics.
29. DOCUMENTO DE TRABALHO sobre o Livro Verde "Por uma nova cultura de mobilidade urbana". 2007, Comissão dos Transportes e do Turismo - PARLAMENTO EUROPEU.
30. Jack, A., RSSB Guidance on the use of Cost-Benefit Analysis in making decisions affecting safety R.S.a.S. Board, Editor. 2008.
31. Thomas, L., D. Rhind, and K. Robinson, *Rail passenger perceptions of risk and safety and priorities for improvement*. Cognition, Technology & Work, 2006. 8(1): p. 67-75.
32. *TRACK OFF*. 2009 acessido em 20 Maio 2009]; Retirado de: <http://www.trackoff.org/>.
33. REFER. *Dia Europeu para a Segurança em Passagens de Nível* 2009 acessido em 23 Maio 2009]; Retirado de: <http://www.refer.pt/passagensdenivel/assets/doc/comunicadoeuropeu.pdf>.
34. Fiedler, M., *Older People & Public Transport*. 2007, Rupprecht Consult: Koln.
35. *Police action pays off as crime on railway falls*. 2009 acessido em 7 Junho 2009]; Retirado de: http://www.getreading.co.uk/news/s/2051383_police_action_pays_off_as_crime_on_railway_falls.
36. *Oui à la police des chemins de fer*. 2008 acessido em 11 Junho 2009]; Retirado de: http://www.litra.ch/Oui_a_la_police_des_chemins_de_fer.html.
37. Cooper, N. *TERRORIST ATTACKS ON THE LONDON UNDERGROUND* 2006 acessido em 11 Junho 2009]; Retirado de: <http://www.cwgcuser.org.uk/personal/subterra/lu/luterror.htm>.
38. Lefkowitz, J., *The July 21, 2005 London Transport Bombings*. 2008, The NEFA Foundation.
39. Yeoh, A., Paris bombing suspect back in the dock, in France 24 2007: Issy-les-Moulineaux.

40. Many dead in Moscow metro blast, in BBC. 2004: London.
41. Jenkins, B.M., *PROTECTING SURFACE TRANSPORTATION SYSTEMS AND PATRONS FROM TERRORIST ACTIVITIES*. 1997, Norman Y. Mineta International Institute for Surface Transportation Policy Studies: San Jose.
42. CP. *Níveis de Serviço*. 2005, acessado em 20 Junho 2009]; Retirado de:
<http://www.cp.pt/cp/displayPage.do?vgnextoid=c0d784df756a5010VgnVCM1000007b01a8c0RCRD>.