



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Sistemas Inteligentes de Transportes

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil
na Especialidade de Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação

Autor

João Nuno de Barros Vinhas

Orientador

Professora Doutora Ana Maria Bastos Silva

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correcções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Janeiro, 2012

AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para que a realização deste trabalho fosse possível.

Em primeiro lugar gostaria de endereçar os meus mais sinceros agradecimentos à Professora Doutora Ana Maria César Bastos Silva pelo seu profissionalismo, disponibilidade e conhecimentos transmitidos. Apesar da sua preenchida agenda, a simplicidade, apoio, e a motivação com que sempre me recebeu, fez com que na grande maioria das ocasiões abandonasse o seu gabinete, muito mais interessado e motivado no desenvolvimento do tema proposto. Sem dúvida, uma excelente Professora.

Agradeço, igualmente, ao Dr. Luís da Vinha pela cordialidade e disponibilidade demonstrada no sentido de esclarecer qualquer dúvida relativa aos SMTUC.

Aos meus pais e à minha irmã, Rita, um agradecimento especial pela presença, apoio e motivação dedicados ao longo deste semestre e em todos os momentos da minha vida.

I also would like to thank you Aniela, for your friendship, patience, comprehension and desire to help me even if you were not able to do it...at least in portuguese. Dziękuję bardzo for your support.

A todos os meus colegas e amigos que sempre me acompanharam ao longo deste percurso um muito obrigado pelo interesse e preocupação demonstrados e, igualmente, pelos magníficos momentos de convívio vividos.

Ao caríssimo colega e amigo Telmo Fernandes um grande abraço pela ajuda de última hora nas formatações finais.

RESUMO

O crescente desenvolvimento económico e social da maioria das cidades de média e grande dimensão, bem como o aumento do número de veículos em circulação, tem, ao longo das últimas décadas, estado na base, entre outros aspectos, de congestionamentos de tráfego, de acidentes e de externalidades a nível ambiental. O aumento da poluição, insegurança rodoviária e a deterioração de espaços públicos, traduzem-se ainda na diminuição do nível de qualidade de vida. Neste âmbito os Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) têm vindo a assumir um papel cada vez mais relevante no sentido de aumentar o potencial de desempenho e de eficiência do sistema de transportes.

Actualmente os ITS têm aplicação a diferentes níveis, destacando-se, entre outros, os sistemas UTC (*Urban Traffic Control*), AVL (*Automatic Vehicle Location*), *Route Guidance e Automatic Road Pricing*. Contudo, este tipo de sistemas abrange, igualmente, outras áreas do sistema de transportes, tais como os sistemas de gestão e controlo, sistemas de informação e comunicação (em tempo real) e sistemas de emergência. Mais recentemente os ITS têm apresentado uma grande evolução no campo da segurança rodoviária, numa vertente preventiva, designadamente na detecção de sinais de sonolência, efeito de drogas, álcool e alertas relativos a situações de risco.

Em Portugal a aplicação deste tipo de sistemas é ainda muito reduzida, incidindo maioritariamente na rede de auto-estradas e em alguns serviços isolados públicos ou privados. Nesse contexto, esta dissertação centra-se no levantamento do estado da arte nesta matéria, procurando identificar as diferentes tipologias de sistemas existentes, campo de aplicação e suas potencialidades. O estudo detalhado de aplicações reais deste tipo de sistemas procurou contribuir para a identificação dos benefícios que estes podem proporcionar, fundamentalmente, na gestão do espaço urbano das cidades.

Finalmente a aplicação dos conhecimentos adquiridos foi testada mediante o desenvolvimento de um estudo de caso, aplicado ao sistema de transportes públicos urbanos da cidade de Coimbra.

ABSTRACT

During the last decades, the economic growth and social development of the medium and large cities, as well as the increase of vehicles in circulation, has resulted in frequent traffic congestion, accidents and environmental side effects. Air pollution increase, insecurity of road system and deterioration of public spaces, also result in the decrease of quality of life. In this context, the Intelligent Transport Systems (ITS) have been assuming an increasingly important role in order to enhance the performance and efficiency of the transport system.

Currently, ITS is used at different areas, highlighting, among others, UTC (Urban Traffic Control), AVL (Automatic Vehicle Location), Route Guidance and Automatic Road Pricing systems. However, this type of systems also includes other areas of the transport system, such as management and control systems, information and communication systems (real time) and emergency systems. Recently, ITS has made great progresses in the field of road safety, particularly in detecting signs of drowsiness, drugs, alcohol and issuing alerts to potentially risky situations.

In Portugal the application of these kinds of systems is still not commonly implemented, focusing mostly on highways network and in some isolated public or private services. In this context, this work focuses on studying the level of knowledge in this area, identification of different types of existing systems, their scope and potential. Detailed study of existing applications should help to identify the benefits that Intelligent Transport Systems can provide, mainly in the urban spatial management.

After all, acquired knowledge was used to carry out a case of study, applied to the urban public transport system of Coimbra city.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Importância do tema.....	1
1.2	Objectivos	3
1.3	Metodologia de abordagem.....	4
1.4	Estrutura da dissertação	4
2	OS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES	6
2.1	Enquadramento e desenvolvimento do conceito.....	6
2.2	Tipologias de sistemas/Aplicações	10
2.3	Gestão de frotas de veículos	13
2.4	Gestão do tráfego urbano	17
2.5	Gestão do sistema de transportes colectivos	22
2.6	Aplicados à segurança rodoviária/outros	25
3	EXEMPLOS DE SISTEMAS REFERÊNCIA APLICADOS À GESTÃO DO ESPAÇO URBANO E À PROMOÇÃO DO TRANSPORTE COLECTIVO	28
3.1	Introdução	28
3.2	Londres	29
3.2.1	Tarifação rodoviária.....	29
3.2.2	Oyster Card.....	31
3.3	Estocolmo	32
3.3.1	Tarifação rodoviária.....	32
3.3.2	Planeamento de viagens.....	33
3.4	Singapura	34
3.4.1	Táxis colectivos	35
3.4.2	Sistema de orientação de estacionamento.....	36
3.4.3	Aplicações para telemóvel (<i>My Transport.SG</i>)	36
3.5	Curitiba	37
3.6	Considerações finais	41
4	ESTUDO DE CASO – SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E GESTÃO DOS TRANSPORTES PÚBLICOS DE COIMBRA	42
4.1	Introdução	42
4.2	Caracterização do sistema.....	43
4.2.1	Enquadramento.....	43
4.2.2	Sistemas de gestão de frota e informação ao utilizador.....	44

4.2.3	Bilhética.....	48
4.2.3	Metro Mondego	50
4.2.4	Outros	53
4.3	Identificação das fragilidades.....	53
4.4	Propostas de pontos de melhoria.....	55
4.4.1	Política estratégica de promoção do transporte colectivo urbano.....	55
4.4.2	Medidas de apoio ao transporte colectivo	56
4.4.3	Criação de uma autoridade metropolitana de transportes.....	57
4.4.4	Sistemas de informação e bilhética	57
4.4.5	Outras medidas complementares	58
4.5	Considerações finais	59
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	60
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1- Benefícios da introdução de ITS nos EUA entre 1996 e 2015 (Vanderschuren, 2003).....	2
Figura 2.1 - Commuter Pain Index (IBM@ 2011)	7
Figura 2.2 - Evolução história dos ITS (Figueiredo, 2005)	9
Figura 2.3 - Sistema de Gestão de Frotas (frotcom@2011)	15
Figura 2.4 - Gestão de frota, localização, em tempo real, de um veículo (moviloc@2011)	15
Figura 2.5 - Evolução da população mundial residente nos centros urbanos (unfpa@2007)...	17
Figura 2.6 - Informações do sistema de tráfego da cidade de Londres (bbc.co.uk@2011).....	19
Figura 2.7 - Sistema de detecção de incidentes (Intel@2011).....	20
Figura 2.8 - Sistema de informação, em tempo real, da cidade de Córdoba (aucorsa@2011) .	23
Figura 2.9 - Sistemas informativos, em tempo real, para transportes públicos (Trapezeits@2011) a) nas paragens; b) dentro do veículo	24
Figura 3.1- Zona sujeita a tarifação na cidade de Londres (tfl.gov@2011)	30
Figura 3.2 - Processo de validação automática do oyster card em Londres (tfl.gov@2011)....	31
Figura 3.3 - Tráfego, em Estocolmo, antes e depois da introdução do sistema (youtube.c@2011)	33
Figura 3.4 - Sistema de planeamento de viagens em Estocolmo (trafiken.nu@2011).....	34
Figura 3.5 - Sistema de orientação de estacionamento em Singapura (Ezell, 2010).....	36
Figura 3.6 - Sistema BRT, em Curitiba, e respectiva segregação de vias (youtube.e@2011) .	39
Figura 3.7 - Estações tubo na cidade de Curitiba (uol@2011)	39
Figura 4.1 - Sistema de gestão e informação dos SMTUC.....	44
Figura 4.2 - Sistema de informação ao passageiro SMTUCMobile	46
Figura 4.3 - Simulação de hipotética viagem a realizar entre os Pólos I e II da Universidade de Coimbra (SMTUC@2011)	46
Figura 4.4 - Informações relativas a uma hipotética viagem realizada entre os Pólos I e II da Universidade de Coimbra, obtidas do RUMOS (SMTUC@2011)	47
Figura 4.5 - Dispositivo de validação electrónica do título de transporte dos SMTUC (Stüssi e Miguel, 2007)	49
Figura 4.6 - Representação do aspecto gráfico da aplicação MMInfo (market.android@2011)	52

ABREVIATURAS

AVL - *Automatic Vehicle Location*

BRT - *Bus Rapid Transit*

CIVITAS - *City Vitality Sustainability - Cleaner and Better Transport in Cities*

CMC - Câmara Municipal de Coimbra

EUA - Estados Unidos da América

GPRS - *General Packet Radio Service*

GPS - *Global Positioning System*

IBM - *International Business Machines*

IPN - Instituto Pedro Nunes

ITS - *Intelligent Transport Systems*

ISO - *International Organization for Standardization*

MM - Metro Mondego

ONU - Organização das Nações Unidas

PDA - *Personal Digital Assistant*

SMM - Sistema de Mobilidade do Mondego

SMS - *Short Message Service*

SMTUC - Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra

UTC - *Urban Traffic Control*

VICS - *Vehicle Information and Communication*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Importância do tema

O bom desempenho do sistema de transportes é um dos factores fundamentais para o normal funcionamento de uma qualquer sociedade moderna (Schaefer et al., 2011). A sua importância reflecte-se, directamente, no desenvolvimento social e económico de qualquer espaço urbano, onde cada vez mais se verifica um crescimento global do grau de exigência no que diz respeito ao nível de mobilidade e acessibilidade (Figueiredo, 2005).

Segundo Shah e Dal (2007), a interligação entre o crescimento económico e o eficiente funcionamento do sistema de transportes, tem estimulado o desenvolvimento de novos projectos, um pouco por todo o mundo, para a construção de novas vias de tráfego desde o início da era industrial. A mesma publicação refere que este factor contribuiu para o desencadear de um rápido crescimento da taxa de motorização, o que, naturalmente, tem provocado grandes congestionamentos de tráfego e, conseqüentemente, o aumento dos tempos de viagem, principalmente ao nível das zonas com maiores índices de ocupação territorial. Esta evolução do sistema de tráfego tem provocado o aumento dos níveis de poluição atmosférica, bem como a degradação dos espaços públicos, fundamentalmente em zona urbana. Todo este processo degenerativo do sistema de transportes tem contribuído, decisivamente, para uma drástica diminuição do nível de qualidade de vida, particularmente, no que se refere aos centros urbanos.

Neste sentido urge encontrar soluções que contribuam para a resolução dos problemas de tráfego identificados. Nas últimas décadas e neste caso, principalmente em Portugal, a abordagem tradicional para a resolução dos problemas de tráfego tem sido, essencialmente, a de aumentar a capacidade da infra-estrutura recorrendo à construção de mais e melhores vias de comunicação e ao aumento da frequência dos transportes colectivos. Segundo Schaefer et al. (2011), este tipo de soluções atingiram, claramente, o seu limite e que desta forma as cidades necessitam de adoptar uma nova perspectiva de evolução, no sentido de otimizar a infra-estrutura existente, oferecendo aos seus utilizadores viagens mais seguras, fiáveis, eficientes e cobertas por um sistema de informação dinâmico.

Deste modo, os Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS, *Intelligent Transport Systems*) definem-se como um conjunto de aplicações inovadoras capazes de potenciar o desempenho e

eficiência do sistema de transportes, colocando em prática o conceito de mobilidade sustentável. Segundo a *World Business Council for Sustainable Development* este conceito define-se como a capacidade do sistema de transportes em responder às necessidades de mobilidade da população, sem comprometer os valores sociais e ecológicos do presente ou do futuro (Grupo Albatroz, 2005).

Suportados em algumas das mais basilares áreas tecnológicas da actualidade, tais como a informática, a electrónica, as telecomunicações, entre outras, os ITS podem apresentar-se como uma mais-valia no controlo e na gestão do sistema de transportes. Dentro do vasto campo de acção deste tipo de sistemas destacam-se as seguintes áreas de aplicação: informação e comunicação (em tempo real), gestão e controlo do tráfego, gestão e controlo do transporte colectivo, sistemas de emergência, cobrança e fiscalização electrónica, gestão de frotas, entre outras.

A experiência estrangeira, designadamente em países como os EUA, Japão, entre outros, na Europa e no resto do mundo, tem demonstrado que a aplicação deste tipo de sistemas tem permitido obter aumentos muito significativos do desempenho global do sistema de transportes e da qualidade de vida urbana. A título de exemplo um estudo efectuado pela instituição norte-americana *ITS Co-operative Deployment Network* (Figura 1.1), identifica os benefícios previstos para os Estados Unidos da América (EUA), provenientes da utilização de ITS na gestão do seu sistema de transportes para período temporal entre 1996 e 2015.

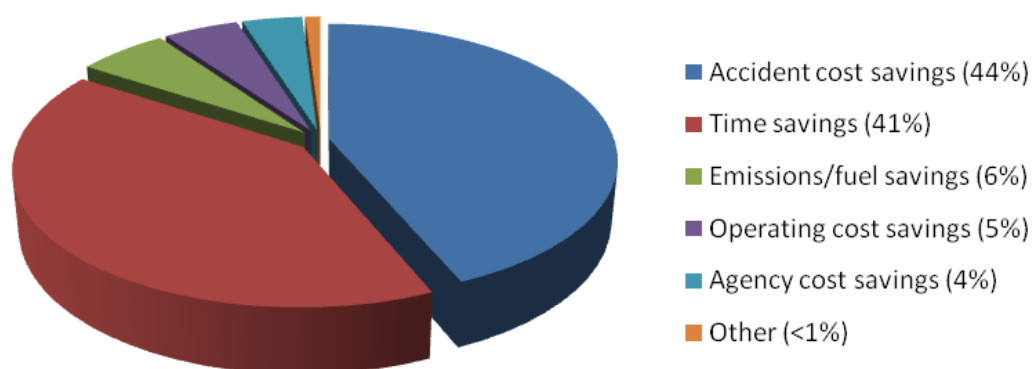


Figura 1.1 - Benefícios da introdução de ITS nos EUA entre 1996 e 2015 (Vanderschuren, 2003)

É expectável que a aplicação de ITS contribua, fundamentalmente, para o aumento da segurança rodoviária e para a diminuição dos tempos de viagem, o que consequentemente

reduziria exponencialmente o congestionamento de tráfego e naturalmente os custos a este associados. A redução das emissões poluentes, bem como a diminuição dos gastos dispendidos em combustível são outros dos benefícios previstos com a implementação de ITS. Em Portugal, este tipo de aplicações é ainda muito escasso, limitando-se a sua aplicação a algumas instituições e serviços isoladamente, sem uma perspectiva de conjunto ou de integração e compatibilização com outras valências. Por se tratar de assuntos com desenvolvimento bastante recente, verifica-se ainda um grande desconhecimento sobre o tipo de sistemas aplicados noutros países e de que forma cada um deles pode, ou não, ter aplicabilidade no nosso país. Nessa linha de acção, optou-se por eleger esta temática como assunto principal desta dissertação, procurando identificar os sistemas existentes e sua aplicação, assim como identificar os benefícios e limitações associados a cada um desses sistemas.

1.2 Objectivos

A importância atribuída, actualmente, em termos mundiais, à utilização de ITS na gestão e controlo do sistema de transportes, nas mais diversas áreas de aplicação, tais como, a segurança rodoviária, comunicação e informação, entre outras, é, indiscutivelmente, uma realidade. Este facto deve-se, em grande medida, ao progresso tecnológico observado nas últimas décadas que tem proporcionado o desenvolvimento de sistemas com grande aplicação na rede de transportes das maiores e mais importantes cidades mundiais.

Apesar disso, o conhecimento das potencialidades destes sistemas, tal como a sua aplicação são ainda muito reduzidos, designadamente em Portugal. Neste âmbito um dos objectivos que se propõe atingir através da realização deste trabalho é o de alargar os conhecimentos sobre esta temática, a nível nacional, identificando os sistemas mais relevantes e que tenham atingido reconhecimento a nível mundial. É, analogamente, propósito deste trabalho mostrar a forma como os ITS podem contribuir para a melhoria da mobilidade sustentável, especialmente em zonas urbanas. Para o efeito e face à gama alargada de sistemas aplicáveis foram objecto de análise mais aprofundada os sistemas ligados ao transporte público e gestão do tráfego urbano.

Complementarmente é ainda objectivo da presente dissertação, a elaboração de um estudo de caso tendo como base o sistema de transportes urbanos públicos da cidade de Coimbra. Este estudo, por sua vez, apresenta como objectivo primordial a avaliação do modo de funcionamento dos serviços de transporte da cidade de Coimbra e, em particular, dos sistemas de informação e de gestão, identificando fragilidades e possíveis pontos de melhoria.

1.3 Metodologia de abordagem

A elaboração do presente trabalho foi dividida em três fases sequenciais e complementares entre si. Numa primeira fase procurou-se desenvolver um enquadramento geral do tema baseado numa recolha alargada e detalhada de bibliografia e referências da especialidade estrangeiras e nacionais, incidindo sobre as temáticas de ITS e gestão de tráfego. Nesta fase, introduziu-se o tema, os Sistemas Inteligentes de Transportes, relatando-se um pouco da sua história e a forma como têm evoluído ao longo das últimas décadas. Ainda numa fase inicial, identificaram-se as diversas tipologias e aplicações deste tipo de sistemas, procurando ilustrar-se as mesmas através de sistemas implementados e em funcionamento em diversas cidades.

Numa segunda fase, procedeu-se à identificação de alguns sistemas inteligentes, com aplicação a espaços urbanos, considerados como referência mundial nesta matéria, procurando analisar benefícios/efeitos associados à sua implementação. Nesta fase foi dado particular ênfase à identificação e consequente avaliação dos sistemas sustentados em aplicações voltadas para a promoção do transporte colectivo e da mobilidade urbana sustentável.

A terceira fase da dissertação resultou da conjugação integrada das conclusões retiradas das duas fases anteriores. Recorrendo a entrevistas com responsáveis pelos serviços locais, procurou-se caracterizar e analisar o sistema de transportes de Coimbra identificando as suas carências e potenciais novas formas de actuação. Toda a abordagem efectuada, em relação ao caso de estudo, foi realizada assimilando como ideia principal, o claro benefício do transporte público em relação ao individual.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos. No presente capítulo procura-se apresentar a importância do tema da dissertação, bem como a definição dos objectivos a atingir e a metodologia de abordagem utilizada.

No segundo capítulo apresenta-se um *study of the art* do tema proposto, onde se descreve um pouco da história dos ITS, assim como se enumeram os diversos sistemas que desta área de estudo fazem parte. Dentro do vasto campo de aplicação dos ITS efectuou-se, neste capítulo, um estudo mais detalhado dos sistemas com aplicação às seguintes áreas: transporte de mercadorias, tráfego urbano, transportes colectivos e segurança rodoviária.

O terceiro capítulo relaciona-se com a exposição de alguns exemplos de referência aplicados à gestão do espaço urbano em cidades com tradição na aplicação de Sistemas Inteligentes de Transportes.

O quarto capítulo respeita à realização de um estudo de caso, com foco principal nos sistemas de gestão e informação, tendo como base o sistema de transportes públicos de Coimbra. Neste capítulo caracteriza-se o sistema existente, identificam-se as suas fragilidades e efectuam-se algumas propostas no sentido de potenciar o sistema de transportes da cidade.

Finalmente, o quinto capítulo apresenta as principais conclusões retiradas do trabalho desenvolvido, abrindo ainda algumas perspectivas a desenvolvimentos futuros.

2 OS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES

2.1 Enquadramento e desenvolvimento do conceito

A vivência em sociedade desde muito cedo fomentou a necessidade de uma constante mobilidade de pessoas e bens, principalmente em espaço urbano, para a realização de actividades vulgares recorrentes do quotidiano, tais como o trabalho, serviços, ensino, saúde, cultura, actividades recreativas e de lazer, entre outras. Uma simples viagem de autocarro, um passeio de bicicleta ou mesmo uma importante viagem de negócios realizada em qualquer outro meio de transporte comprovam o quanto a vida de um qualquer cidadão é constantemente influenciada pelo sector dos transportes.

Segundo Seco (2006) o objectivo fulcral de um qualquer sistema de transportes será o de contribuir para a qualidade de vida das populações, garantindo níveis de acessibilidade aceitáveis aos distintos espaços do território, o que nesse sentido implica uma distribuição equitativa de boas condições de mobilidade para pessoas e mercadorias, considerando o autor esta ideia como fundamental em qualquer política de mobilidade.

Neste contexto torna-se crucial afirmar que os transportes se apresentam como um sector com enorme importância no desenvolvimento económico e social da sociedade moderna, onde se verifica um crescimento acentuado da exigência ao nível da mobilidade. Esta exigência tem-se reflectido nas últimas décadas num aumento significativo do número de veículos em circulação, o que naturalmente provoca a saturação das vias de comunicação, sobretudo nos grandes centros urbanos, onde a mobilidade constitui uma preocupação primordial. Este facto tem resultado em constantes congestionamentos de tráfego, acidentes, aumento dos tempos de percurso e conseqüente aumento da poluição atmosférica e sonora, o que resulta na degradação do nível de qualidade de vida do cidadão, bem como na deterioração dos espaços públicos (Figueiredo, 2005).

O gráfico apresentado na Figura 2.1 resulta de um estudo desenvolvido pela empresa norte-americana, *International Business Machines* (IBM@2011), baseado em questionários realizados a aproximadamente 8000 condutores de 20 cidades localizadas em diferentes países. Definiu-se, igualmente, uma escala que variando entre os conceitos de “*More Pain*” e “*Less Pain*”, tenta transmitir ao leitor uma ideia das cidades em que existem mais problemas ao nível do congestionamento de tráfego e as que, pelo contrário, se apresentam como

exemplos de referência. Com base em factores como, o tempo perdido no tráfego, o preço dos combustíveis, o *stress* provocado, a influência do tráfego no rendimento profissional, entre outros, procurou avaliar-se quais as cidades em que seria mais penosa a tarefa de condução.

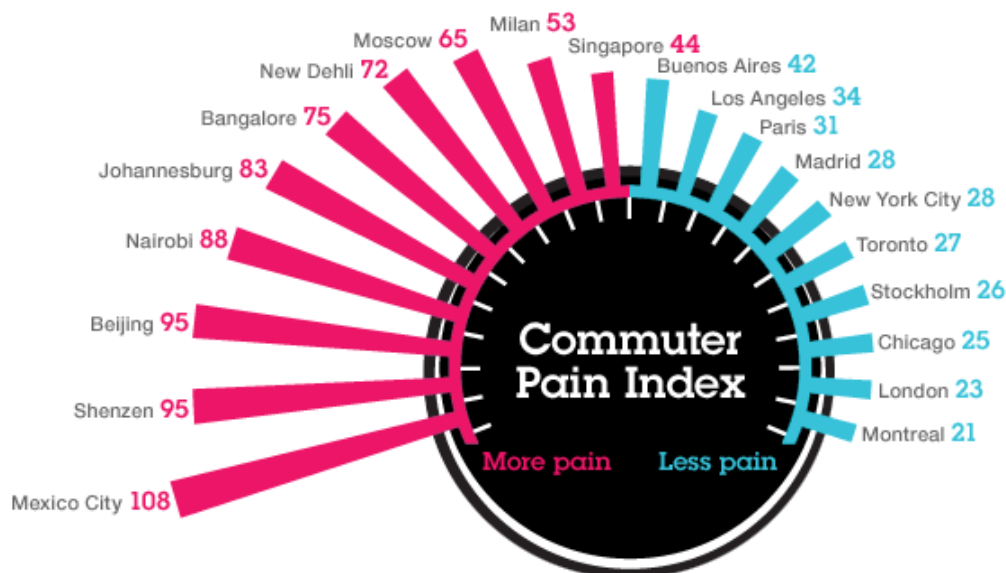


Figura 2.1- Commuter Pain Index (IBM@ 2011)

A Cidade do México, no México, Shenzhen e Pequim, situadas na República Popular da China, apresentam-se como os piores exemplos no que diz respeito ao funcionamento do sistema de transportes. Por oposição, as cidades de Montreal, Londres, Chicago e Estocolmo, situadas no Canadá, Inglaterra, Estados Unidos da América e Suécia, respectivamente, apresentam-se como os melhores exemplos de entre o grupo das cidades analisadas.

A análise dos resultados deste estudo, acrescida ao facto de por exemplo, a União Europeia apresentar gastos na ordem dos 100 mil milhões de euros anuais devidos ao congestionamento de tráfego, permitem sublinhar os aspectos negativos referenciados anteriormente, relativamente ao estado do sistema de transportes urbanos, ao mesmo tempo que introduzem o tema central da presente dissertação, os Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) (IBM@2011).

Este tipo de tecnologia define-se como um conjunto de aplicações avançadas, abrangendo diversas áreas científicas como a informática, a electrónica e as comunicações, que de um ponto de vista social, económico e ambiental se destinam a melhorar a mobilidade, a segurança e a produtividade do sistema de transportes, optimizando a utilização das infra-

estruturas existentes, aumentando a eficiência do consumo de energia e, conseqüentemente, melhorando o funcionamento global do sistema de transportes (Ortiz, 2010).

Para Sussman (2002) esta definição não é mais do que, a integração das mais recentes tecnologias nas áreas de estudo referidas no parágrafo anterior com o mundo da infra-estrutura convencional. Segundo o mesmo autor, atingiu-se a era em que o aço e o betão devem ser “substituídos” por tecnologias avançadas no sentido de otimizar a funcionalidade do sistema de transportes.

Os Sistemas Inteligentes de Transportes surgiram no início dos anos 30 do século passado, fortemente condicionado pela reduzida evolução tecnológica (Figueiredo, 2005). Curiosamente o dispositivo considerado como o primeiro Sistema Inteligente de Transporte, o semáforo, foi implementado alguns anos antes nos EUA pelo agente Potts, mais especificamente em 1921. Posteriormente, decorrente da evolução tecnológica modernizou-se nas décadas seguintes, ainda que o princípio de funcionamento revelado por Potts se tenha mantido inalterado (Moyer, 1947). Apesar de os anos 30 serem considerados por vários autores como a década inicial para os ITS, até aos anos 60 nada de relevante sucedeu, visto que foi nesta década em que apareceram os primeiros semáforos e mensagens de tráfego controlados por computador (French, 1999). Ainda durante a década de 60 é importante referir que foram efectuados grandes avanços na área dos microprocessadores, bem como no desenvolvimento de sistemas GPS (*Global Positioning System*) (Figueiredo et al., 2001). Hideo Tokuyama, (fhwa@2011), tal como demonstra a Figura 2.2, considera que a história dos ITS apenas tem o seu verdadeiro início no final da década de 60 e início da de 70, subdividindo-se em três fases fundamentais.

A primeira fase centrou-se nas pesquisas desenvolvidas no Japão, EUA e Alemanha no âmbito dos seguintes projectos, respectivamente: CACS (*Comprehensive Automobile Traffic Control System*), ERGS (*Electronic Route Guidance*) e ALI (*Autofahrer Leit und Information System*). Os sistemas previamente referidos tratavam-se fundamentalmente de sistemas de definição e selecção de rotas baseadas nas condições de tráfego em tempo real (French, 1999).

Ainda segundo Tokuyama (fhwa@2011), a segunda fase evolutiva dos ITS decorreu entre os anos de 1980 e o de 1995, devido às reformas tecnológicas dos anos 80, tais como os sistemas de armazenamento em massa, que tornaram o processamento mais económico. No Japão, em 1984, surgiu o projecto *Road/Automobile Communication System* (RACS) que, formou a base para o sistema de navegação automóvel. Na Europa dois projectos ocorriam simultaneamente: *European Traffic System with Higher Efficiency and Unprecedented Safety* (PROMETHEUS),

criado essencialmente por fabricantes de automóveis e o *Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe* (DRIVE), desenvolvido pela União Europeia. Nos EUA desenvolvia-se, à época, um projecto denominado por *Intelligent Vehicle-Highway Systems* (IVHS).

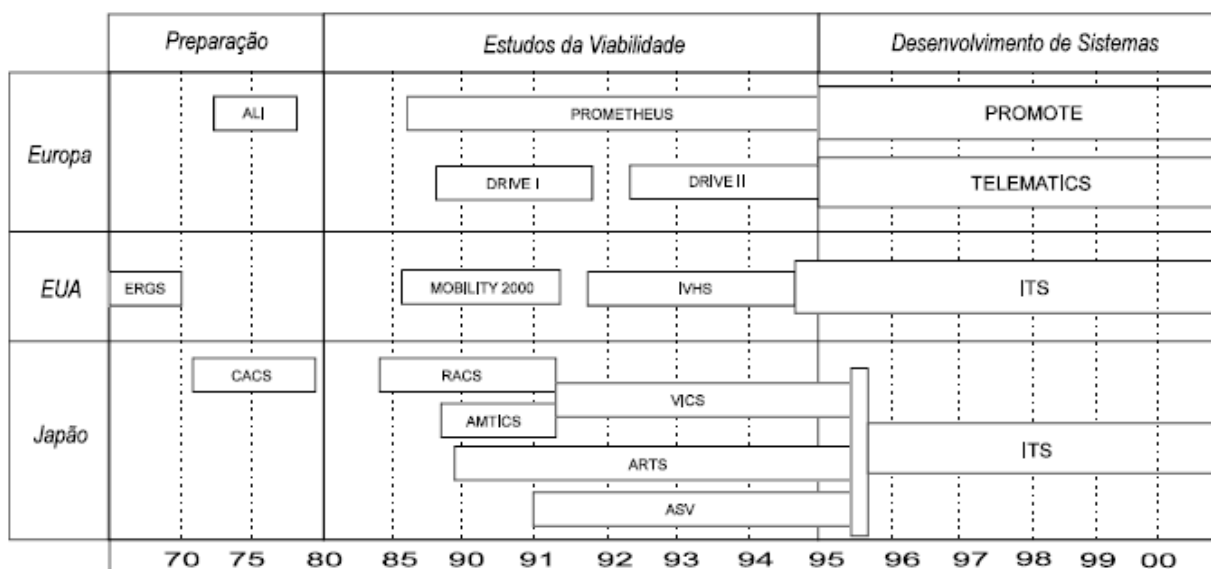


Figura 2.2 - Evolução história dos ITS (Figueiredo, 2005)

A terceira fase de desenvolvimento dos ITS deu início às aplicações práticas dos programas desenvolvidos anteriormente. Começa-se finalmente a compreender todo o potencial destes sistemas inteligentes, muitos deles aplicados à promoção da intermodalidade dos transportes (fwha@2011).

Estes sistemas, que têm mantido uma enorme evolução ao longo do tempo, podem ser aplicados quer ao nível da infra-estrutura rodoviária quer dos próprios veículos. No âmbito da presente dissertação será dado particular ênfase às aplicações relacionadas com a infra-estrutura rodoviária, relegando para segundo plano outros tipos de aplicações dos ITS, ligados designadamente às áreas das engenharias mecânica, electrotécnica e informática. Nesse sentido o conteúdo deste capítulo tem como objectivo fulcral a apresentação e descrição de algumas das mais relevantes aplicações dos Sistemas Inteligentes de Transportes.

2.2 Tipologias de sistemas/Aplicações

Os Sistemas Inteligentes de Transportes apresentam diversas tipologias e um campo alargado de aplicação podendo ser utilizados em veículos de utilização individual ou colectiva, bem como associados à própria infra-estrutura rodoviária. Este tipo de sistemas têm vindo a ser adoptados por diversos países, entre os quais se destacam os EUA e o Japão, assim como alguns países da União Europeia, onde se têm vindo a registar algumas dificuldades na definição de uma classificação equivalente e globalizada para os diversos sistemas. Com o intuito de ultrapassar esta problemática a norma ISO 14813-1 de 2007 define as seguintes categorias de aplicação, que por sua vez dão origem a diversas subcategorias:

Informação para viajantes

- Informação antes e durante a viagem (*Pre-trip information and On-trip information*);
- Planeamento de rotas e apoio à navegação (*Trip planning support*);
- Sistemas de navegação antes e durante a viagem (*Route guidance pre-trip and on-trip*);

Sistemas avançados de controlo de veículos

- Melhoramento do campo visual (*Transport-related vision enhancement*);
- Operação automatizada de veículos (*Automated vehicle operation*);
- Controlo de colisões (*Collision avoidance*);
- Alertas de segurança (*Safety readiness*);
- Desenvolvimento de dispositivos de segurança pré-colisão (*Pre-crash restraint deployment*);

Gestão e controlo de tráfego

- Gestão de incidentes relacionados com o transporte (*Transport related incident management*);
- Gestão da procura (*Demand management*);
- Gestão e manutenção da infra-estrutura rodoviária (*Transport infrastructure maintenance management*);

Gestão de frotas de mercadorias

- *Funções administrativas:*

- Autorização automática de veículos comerciais (*Commercial vehicle preclearance*);
- Processos administrativos de veículos comerciais (*Commercial vehicle administrative processes*);
- Inspeção automática das condições de segurança e dos veículos (*Automated roadside safety inspection*);
- Monitorização de segurança a bordo (*Commercial vehicle on-board safety monitoring*);

- *Funções comerciais:*

- Gestão de frotas comerciais (*Freight transport fleet management*);
- Gestão da informação intermodal (*Intermodal information management*);
- Gestão e controlo de centros intermodais (*Management and control of intermodal centers*);
- Notificação de incidentes com cargas perigosas (*Management of dangerous freight*);

Gestão do sistema de transportes públicos

- Transporte partilhado e gestão da procura (*Demand responsive and shared transport*);

Situações de emergência

- Notificação e segurança pessoal relacionada com os transportes (*Transport-related emergency notification and personal security*);
- Recuperação de veículos roubados (*After theft vehicle recovery*);
- Gestão de veículos de emergência (*Emergency vehicle management*);
- Prioridade atribuída aos veículos de emergência (*Emergency vehicle preemption*);
- Informação para veículos de emergência (*Emergency vehicle data*);
- Materiais perigosos e notificação de incidentes (*Hazardous materials and incident notification*);

Pagamento electrónico

- Serviços de pagamento electrónico (*Transport-related electronic financial transactions*);
- Integração do transporte com pagamento de serviços automáticos (*Integration of transport-related electronic payment services*);

Segurança no transporte

- Segurança em viagem (*Public travel security*);
- Aumento da segurança para os utentes vulneráveis da via (*Safety enhancements for vulnerable road users*);
- Aumento da segurança para os utentes com mobilidade condicionada (*Safety enhancements for disabled road users*);
- Aumento da segurança para os utilizadores dos espaços intermodais (*Safety provisions for pedestrians using intelligent junctions and links*);

Monitorização de condições ambientais e meteorológicas

Resposta a situação de emergência

- Gestão de informação em hipotética situação de catástrofe (*Disaster data management*);
- Coordenação com as equipas de emergência (*Coordination with emergency agencies*);

Segurança Nacional

- Monitorização e controlo de veículos suspeitos (*Monitoring and control of suspicious vehicles*);

Gestão da informação do sistema de transportes

- Recolha de dados (*Data registries*);
- Mensagens de emergência (*Emergency messages*);
- Centros de controlo e gestão de informação (*Control center data*);
- Gestão de dados de tráfego (*Traffic management data*);

É igualmente importante referir que as categorias relativas a “Situações de emergência”, “Segurança no transporte” e “Pagamento electrónico” têm aplicação em todas as outras categorias previamente mencionadas. Em relação à categoria referente aos sistemas de “Pagamento electrónico”, destaca-se o facto de Portugal ter sido pioneiro a nível mundial na implementação deste tipo de sistemas (Via Verde), principalmente na sua rede de auto-estradas.

Importa ainda realçar dois aspectos. O primeiro refere-se ao facto de que a definição dos domínios anteriormente descritos não implica que toda a área dos Sistemas Inteligentes de Transportes se sinta obrigada a seguir cegamente esta categorização, servindo esta apenas como um ponto de partida para qualquer estudo nesta área. O segundo ponto relaciona-se com a dimensão da área dos ITS, pois devido à enorme quantidade de aplicações existentes, não seria possível a apresentação e o consequente estudo de cada uma delas no âmbito da presente dissertação. Tendo em conta estes aspectos e os objectivos desta dissertação serão apresentadas algumas aplicações ligadas aos seguintes ramos dos Sistemas Inteligentes de Transporte:

- Gestão de frotas de veículos;
- Gestão do tráfego urbano;
- Segurança rodoviária;
- Gestão do sistema de transportes colectivos.

2.3 Gestão de frotas de veículos

A existência de um sistema de transporte (designadamente de mercadorias) eficiente considera-se indispensável pois trata-se de um sector intrinsecamente conectado com a economia e a prosperidade de qualquer país. Sabendo-se que o crescimento económico potencia o deslocamento de bens, que, por sua vez, têm que ser transportados em segurança, de uma forma fiável e principalmente na data prevista e logicamente em óptimo estado de conservação, torna-se essencial o desenvolvimento tecnológico de todo o sistema.

No caso da Península Ibérica, o sistema de transportes de mercadorias rodoviário torna-se ainda mais importante, visto que a alternativa de transporte mais utilizada, neste caso o sistema ferroviário encontra-se à partida condicionado nas transacções entre a Península e o resto da Europa e do Mundo. Este factor advém do facto de Portugal e Espanha apresentarem bitolas distintas da maioria dos outros sistemas de transporte ferroviário europeus, o que impossibilita, naturalmente, a utilização do comboio de mercadorias como sistema

complementar ao transporte rodoviário. Como curiosidade é interessante referir que esta diferença de bitolas sobrevive desde o século XIX altura em que foi introduzida em Espanha, com o intuito de dificultar as invasões francesas, sendo mais tarde adoptada igualmente por Portugal (Pinto, 2010).

A nível Europeu a elevada percentagem de mercadorias transportadas pelo sistema rodoviário, mais de 90% em alguns países, faz com que esta seja uma das principais causas do congestionamento de tráfego o que por consequência acarreta sérias implicações igualmente para a segurança, ambiente e ruído (Mc Donald et al.,2006).

A nível comercial, Miguel Barroso, Director de operações de uma das maiores empresas de transportes de mercadorias em Portugal, a J. Barroso, afirma que se tem assistido no sector dos transportes a um aumento de competitividade, o que se tem traduzido na diminuição do preço de transporte e como consequência num controlo mais rigoroso de tudo o que são custos de produção (vídeos.sapo@2011). Neste contexto apresentam-se seguidamente alguns dos sistemas inteligentes relacionados com este sector dos transportes de mercadorias.

Aplicações para gestão de frotas

A necessidade que as empresas na área dos transportes têm apresentado, nos últimos anos, em acompanhar de uma forma mais rigorosa as viaturas que constituem a sua frota, potenciou o crescimento e conseqüentemente desenvolvimento de aplicações para a gestão de frotas, com base em sistemas de localização automática de viaturas (AVL – *Automatic Vehicle Location*). Logicamente o objectivo de uma qualquer empresa é a geração de receitas, no entanto a flexibilidade e o controlo da actividade das viaturas são também aspectos reconhecidamente positivos. Actualmente existem no mercado diversas empresas que se dedicam ao desenvolvimento e comercialização deste género de aplicações, contudo o princípio de funcionamento é transversal a todas elas.

A Figura 2.3 apresenta a arquitectura do sistema, que funciona com base num dispositivo, previamente instalado no veículo, responsável pela recepção e transmissão das coordenadas GPS (ptnegocios@2011). Posteriormente os dados recolhidos no veículo são enviados para um centro de controlo através de um sistema de comunicações, denominado por *General Packet Radio Service* (GPRS), que possibilita o envio e recepção de informação através de uma rede telefónica móvel. Finalmente as informações obtidas podem ser consultadas, pelo utilizador, em tempo real, via internet (frotcom@2011).



Figura 2.3 - Sistema de Gestão de Frotas (frotcom@2011)

Entre as diversas potencialidades do sistema destacam-se, a possibilidade de se conhecer a localização exacta do veículo e o facto de ser possível seguir, em tempo real, a rota do mesmo (Figura 2.4), o que permite um maior nível de controlo do serviço, tal como uma maior segurança para o motorista, veículo e carga.



Figura 2.4 - Gestão de frota, localização, em tempo real, de um veículo (moviloc@2011)

Recorrendo a este tipo de sistemas é assim possível, consultar a qualquer instante os percursos realizados por cada um dos veículos, o que possibilita a verificação, por parte do gestor, do cumprimento ou incumprimento das rotas e horários pré-estabelecidos. Também a funcionalidade que permite a consulta do veículo mais próximo de um determinado local, assim como o tempo estimado de chegada são extremamente úteis, tanto para a empresa de transportes como para o próprio sistema de transportes, pois asseguram a optimização de todo o sistema, em termos de custo, consumo de combustível e a utilização racional do sistema de tráfego. Outra característica destes sistemas é a possibilidade de consulta, em tempo real, de

incidentes ocorridos na via permitindo assim uma tomada de decisão conjunta entre o gestor e o motorista sobre trajecto alternativo a seguir (moviloc@2011).

Sistemas de autorização e controlo automático de veículos

A necessidade de controlo dos veículos de mercadorias, mais concretamente dos materiais que transportam, torna muitas vezes complicado e demorado o trajecto que estes obrigatoriamente têm que efectuar, aumentando consequentemente os custos operacionais (Chen e Miles, 2004).

O processo de autorização e controlo automático define-se como um sistema com especial importância em zonas de controlo fronteiriço, pois através de um dispositivo colocado no veículo torna-se possível a partilha de informação entre o mesmo e a zona de fiscalização, possibilitando assim, a verificação electrónica de toda a documentação e carga, isto ainda antes de o veículo atingir a zona de controlo (Williams, 2008).

Este tipo de tecnologia apresenta a vantagem de oferecer uma maior fluidez ao processo e ao mesmo tempo um controlo mais rigoroso sobre o motorista e os materiais por si transportados. Neste contexto apenas aos veículos ilegais ou considerados como potencialmente perigosos seria ordenada a interrupção da marcha.

Dando o exemplo da maior fronteira do mundo, situada entre o Canadá e os EUA, duas situações levaram as autoridades competentes a introduzir um sistema inteligente semelhante ao apresentado anteriormente. A primeira situação, relacionada com um tratado assinado pelos países da América do Norte, que fomentava o livre comércio de mercadorias entre os países envolvidos, o que consequentemente resultou num aumento do transporte de mercadorias pesadas, principalmente entre o Canadá e os EUA, provocando paragens superiores a uma hora nos centros de controlo. O segundo motivo relaciona-se com os acontecimentos terroristas do 11 de Setembro de 2001, que potenciaram a necessidade de um controlo mais rigoroso na fronteira. Neste sentido ambos os países têm colaborado no desenvolvimento de um programa denominado por *Free and Secure Transport (FAST)*, que dedica vias especiais para veículos de mercadorias equipados com identificação por radiofrequência (RFID), descrito anteriormente como dispositivos capazes de efectuar trocas de informação com a zona de controlo, sem necessidade da imobilização do veículo (Chen e Miles, 2004).

Sistemas de pesagem de viaturas em movimento

Trata-se de um sistema que funciona como complemento ao anteriormente apresentado na presente dissertação, isto porque partilham de um objectivo comum, a fluidez do tráfego no sistema de transportes. Este tipo de aplicações consiste num conjunto de mecanismos que através de sensores inseridos na via, realiza a pesagem automática de veículos de mercadorias, sem a necessidade da imobilização do veículo (Figueiredo, 2005). Para além do claro benefício no que diz respeito ao fluxo de tráfego, este tipo de sistemas aumenta a segurança dos intervenientes e reduz o tempo dispendido no processo.

2.4 Gestão do tráfego urbano

O crescimento insustentado do tráfego nas áreas metropolitanas dos países desenvolvidos, tem já alguns anos de discussão, no entanto continua a apresentar-se como uma das problemáticas mais delicadas na gestão diária do sistema de transportes das grandes cidades. Segundo Pons e Reynés (2004) trata-se de um problema com efeitos indesejáveis na mobilidade de todos os intervenientes do sistema, provocando, inclusive, o incumprimento de horários dos transportes públicos, o que implica o aumento dos tempos de viagem, bem como um impacto significativo a nível social, ambiental e económico.

A quantidade de veículos a circular nas zonas urbanas das cidades de média e grande dimensão é indiscutivelmente uma das temáticas que mais preocupa as entidades reguladoras. Considerando que se verifica um crescimento urbano nunca antes visto e que no passado ano de 2008, pela primeira vez na história mundial, mais de 50% da população vivia em cidades (na Europa esse indicador já ultrapassa os 70%), e que se prevê que essa percentagem venha ainda a aumentar (Figura 2.5), torna-se indispensável olhar para o futuro de uma forma inteligente e sustentável (unfpa@2011).

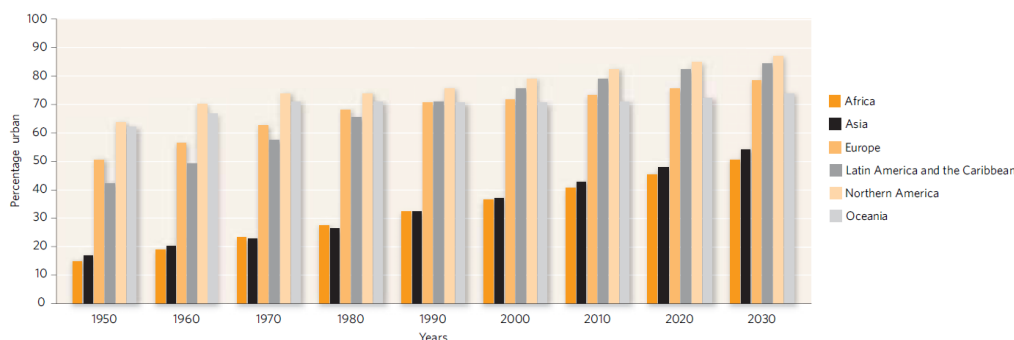


Figura 2.5 - Evolução da população mundial residente nos centros urbanos (unfpa@2007)

A análise do gráfico anterior evidencia que essa tendência é extremamente variável em função dos diferentes continentes. No caso americano, especificamente, algumas cidades podem mesmo atingir uns impensáveis 90% de população em centros urbanos, o que sublinha a importância assumida na organização e gestão global do sistema de transportes urbano.

Tais acções passam pelo uso crescente e intensivo de sistemas informáticos e de telecomunicações, baseados em sistemas ITS com aplicação na gestão do tráfego urbano (Pons e Reynés, 2004). Seguidamente, apresentam-se alguns dos Sistemas Inteligentes de Transportes com aplicação nesta área dos transportes.

Sistemas de informação, em tempo real, para viajantes

Traveller Information Systems definem-se como sistemas desenvolvidos com o intuito de partilhar com o viajante, informações actualizadas, em tempo real, do estado do sistema de transportes, possibilitando ao mesmo uma tomada de decisão mais eficaz e fundamentada da viagem que pretende realizar. Segundo Jesus de La Rosa (youtube.a@2011), membro da empresa IBM México, o sistema de transportes tem que gerar informação que posteriormente deve ser analisada e partilhada por todos os elementos do sistema, de uma forma inteligente, permitindo conhecer em antecipação o que irá suceder no sistema de tráfego.

Para Naveen Lamba (foxbusiness@2011), a utilização de helicópteros a sobrevoar o sistema de transportes com o intuito de recolher informações de tráfego, encontra-se cada vez mais a ser substituída, em grandes cidades, por sensores de via e câmaras de vídeo (Figura 2.6), que automaticamente recolhem e fornecem dados aos centros de controlo, onde são analisados e mais tarde, praticamente em tempo real, partilhados com os utilizadores.

Por exemplo, o sistema de gestão do tráfego da cidade de Londres (Figura 2.6) é extremamente intuitivo, bastando ao utilizador efectuar a selecção de uma das câmaras disponíveis para de imediato obter uma imagem representativa do funcionamento do sistema de transportes naquele local e instante. Para além deste aspecto, este sistema utilizado em Londres, também fornece ao utilizador informações relacionadas com a ocorrência de acidentes, obras de manutenção, outros incidentes ou simples abrandamentos do fluxo de tráfego.

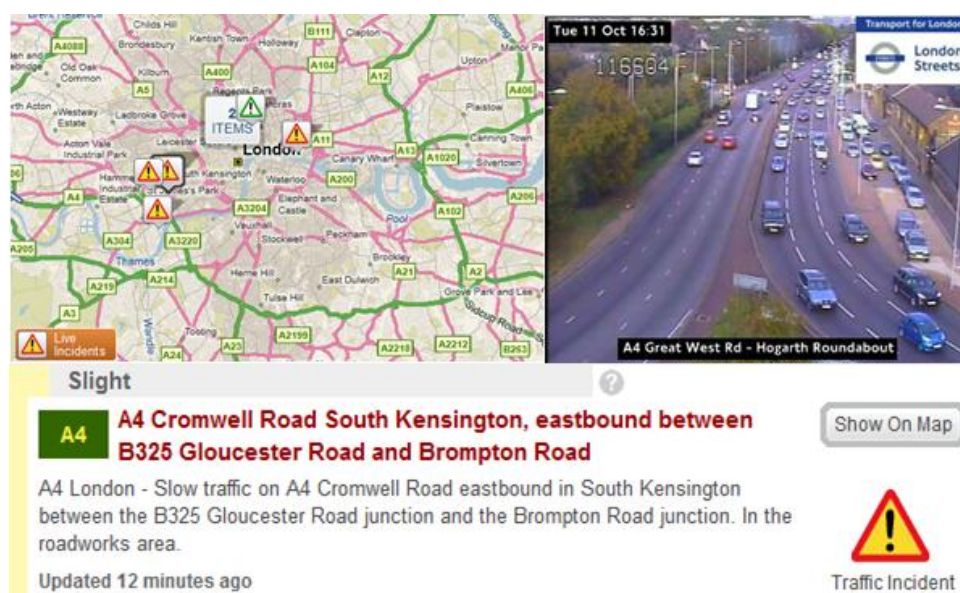


Figura 2.6 - Informações do sistema de tráfego da cidade de Londres (bbc.co.uk@2011)

Torna-se igualmente importante referir que, toda esta informação do estado da rede de transportes pode ser consultada recorrendo à internet, através de um qualquer dispositivo informático tal como um computador ou um *smartphone*, isto ainda antes do início da deslocação. Este aspecto possibilita ao utilizador uma tomada de decisão mais acertada em relação ao percurso a seleccionar ou mesmo aos modos de transporte a utilizar. Relativamente ao sistema de tráfego, esta interactividade com o utilizador possibilita uma utilização mais eficiente do mesmo, podendo este factor contribuir para a diminuição do congestionamento e poluição dos centros urbanos das grandes metrópoles.

Os sistemas de planeamento de rotas são também bastante úteis no auxílio ao utilizador da rede, no que diz respeito ao percurso a efectuar. Tratam-se de sistemas que podem igualmente ser acedidos via internet, onde é possível definir a origem, data e horário da deslocação a realizar, obtendo por parte do serviço informações detalhadas sobre a viagem, tais como horários e modos de transporte, oferecendo diversas combinações à escolha do viajante.

Actualmente a utilização, em massa, de sistemas de posicionamento global levou ao desenvolvimento de sistemas do tipo VICS (*Vehicle Information and Communication*) que se apresentam como sistemas que através da interacção com sensores distribuídos na infraestrutura viária estão habilitados para fornecer ao condutor informações, em tempo real, relativas à rede de tráfego, durante a deslocação. Este *update* relativamente ao normal sistema GPS possibilita ao condutor evitar ou pelo menos ser avisado antecipadamente da ocorrência de congestionamentos e acidentes (Figura 2.7), podendo desta forma, efectuar alterações ao

percurso previamente definido ou evitar possíveis colisões. Este tipo de sistemas proporciona, igualmente, outro tipo de informações, tais como horários de transportes públicos, número de lugares disponíveis e localização em parques de estacionamento do tipo *Park and Rid*, entre outros. Estima-se que em 2007 existiam aproximadamente dezoito milhões de aplicações deste género instaladas em veículos, o que é representativo da sua utilidade principalmente para os condutores (Fernandes, 2008).



Figura 2.7 - Sistema de detecção de incidentes (Intel@2011)

Existem ainda outros sistemas informativos, que uma vez instalados no sistema de transportes, em formato de mensagem electrónica, partilham informações, em tempo real, com os condutores, tais como velocidades, reparações na via, acidentes, congestionamentos, entre outros (Ortiz, 2010). Este tipo de sistemas caracteriza-se pela sua dinâmica, pois as informações partilhadas podem ser modificadas, em tempo real, consoante o comportamento do sistema de transportes em qualquer momento.

Desta forma torna-se importante realçar que a partilha de informação entre os diversos utilizadores do sistema de transportes pode contribuir para uma utilização mais eficiente dos modos de transporte disponíveis, colaborando igualmente na diminuição do congestionamento de tráfego, poluição e consumo de combustíveis fósseis.

Sistemas de controlo semafórico

Os sistemas semafóricos representam uma das principais componentes dos ITS, conferindo flexibilidade e inteligência ao processo de regulação do trânsito. Segundo Kareem e Jantan

(2011), a ineficaz configuração da maioria das soluções semaforizadas em áreas urbanas deve-se ao facto de funcionarem com base em ciclos fixos de funcionamento. O princípio de dimensionamento dos tempos baseia-se em dados recolhidos em anos ou mesmo décadas anteriores, funcionando como um sistema estático, inerte relativamente às alterações do tráfego (Ezell, 2010).

No caso dos EUA, estima-se que 5 a 10 por cento do congestionamento, nas principais artérias urbanas do país, o que representa cerca de 295 milhões de veículos/hora, se deve ao incorrecto dimensionamento de semáforos (Ezell, 2010).

Neste contexto, os *Adaptive Traffic Signal Control* (ATSC) definem-se como os sistemas do futuro no que diz respeito à regulação dinâmica e inteligente do fluxo de tráfego. Estes sistemas de controlo de tráfego, baseados na programação dinâmica das temporizações em função da procura real do tráfego, possibilitam a adaptação da capacidade à procura de tráfego em tempo real e, por consequência, a minimização dos tempos de percurso (Ezell, 2010). Para Williams (2008), o conceito de semáforos inteligentes envolve, igualmente, a recolha de informações sobre os fluxos de tráfego, velocidade, incidentes e o local de destino dos veículos, sendo as temporizações desenvolvidas, em tempo real, em função de objectivos pré-definidos.

Na sua forma mais ampla, estes sistemas podem abranger eixos ou áreas mais ou menos alargadas. Todos os sistemas semaforizados são ligados a uma central de controlo constituindo um sistema integrado de controlo (UTC- Urban traffic control), onde é efectuada toda a gestão inteligente do sistema semaforico. Trata-se de um sistema com grande aplicação na cidade de Londres onde aproximadamente 1800 semáforos são controlados, em tempo real, tendo como base a situação do tráfego (*Transport for London, 2007*). Este sistema analisa, através de dispositivos colocados por cima da via, os volumes de tráfego e consequentemente níveis de congestionamento, ajustando os tempos semaforicos em função das condições observadas. Relativamente ao serviço de transportes colectivos, muitas das intercepções semaforicas da cidade, encontram-se, igualmente, programadas para conceder a passagem, o mais rápido possível, a este tipo de transporte através de dispositivos instalados no autocarro e no semáforo que comunicam entre si.

Com este sistema é assim possível atribuir a prioridade a diferentes movimentos direccionais ou a tipos de veículos, nas intercepções semaforicas, atribuindo-lhes o direito de passagem prioritário. Um exemplo clássico de aplicação passa pela atribuição de prioridade aos transportes públicos e a veículos de alta ocupação, *high occupancy vehicle* (HOV),

permitindo-lhes diminuir os tempos de percurso e, por consequência, recuperar eventuais atrasos. (Williams, 2008).

2.5 Gestão do sistema de transportes colectivos

A mobilidade no sistema de transportes define-se como um requisito essencial em qualquer sociedade moderna (Swenson et al, 2002). Neste sentido, a utilização massiva do transporte individual tem contribuído para um aumento significativo do congestionamento de tráfego e consequentemente a diminuição da mobilidade nos grandes centros urbanos. O uso intensivo do transporte individual deve-se essencialmente a dois factores, o primeiro relaciona-se com a expansão do perímetro urbano das cidades, o que resulta num aumento das distâncias físicas entre as zonas residências e locais de trabalho, o que naturalmente incentiva o uso do veículo privado (Carvalho, 2010). O segundo aspecto relaciona-se, em alguns casos, com o mau funcionamento do sistema público de transportes. No caso português o incumprimento de horários, a falta de informação actualizada, entre outros, resultam, na hora da tomada de decisão, numa menor taxa de utilização do transporte público.

No entanto, a escalada do preço dos combustíveis, o aquecimento global e a crise económica a nível mundial têm levado cada vez mais pessoas a optar pela utilização do transporte público (sigtec@2011). Estes factores, juntamente com o desenvolvimento tecnológico têm proporcionado o aparecimento de aplicações avançadas de apoio ao transporte público, *Advanced Public Transport Systems*. Este tipo de sistemas inteligentes apresenta como principal objectivo o aumento da eficácia do sistema de transportes, criando em simultâneo uma relação mais próxima com o viajante (Chen e Miles, 2004). Trata-se de sistemas que incluem aplicações tais como, informação em tempo real para passageiros, pré-reserva e planeamento de viagens, métodos de pagamento com o intuito de facilitar o acesso aos transportes, prioridade nas intersecções para os transportes públicos, bem como monitorização automática, igualmente em tempo real, das frotas de veículos.

Seguidamente apresentam-se alguns dos sistemas inteligentes de transportes com aplicação neste sector do sistema de transportes.

Informação, em tempo real, para passageiros

O recurso a sistemas de localização automática de veículos (AVL), permite conhecer, em tempo real, a localização exacta de cada um dos veículos no sistema de transportes (Ezell, 2010). Quando aplicados ao sistema de transportes públicos, a possibilidade de obter

informações, tais como a hora de chegada ou partida de determinado veículo, antecipadamente e com a certeza de que o horário estipulado será cumprido, poderá tornar a utilização dos transportes colectivos muito mais atraente, o que contribuiria para a redução dos tempos de espera e da ansiedade dos passageiros (Lam et al, 2011).

A informação proveniente do sistema de transportes públicos pode ser partilhada com o passageiro através de diversas aplicações. Actualmente existem diversos espaços urbanos, que disponibilizam através da internet ou por *sms* (Córdoba, Turim, Estocolmo, Porto, Lisboa, entre outras), informações em tempo real, sobre o funcionamento do sistema de transportes colectivos (Figura 2.8 relativa ao caso da cidade de Córdoba, em Espanha).

SERVICIO DE INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL DE PASO POR PARADA

[INICIO]

SELECCIONE LA LÍNEA

- 14 ALBAIDA- C. SANITARIA
- 15 C. SANITARIA-FIDIANA**
- 16 SECTOR SUR - TENDILLAS
- 17 COLON- MOREÑA

LINEA 15

Próximos autobuses en llegar a

169, Loja

El primero en 12 minutos

El siguiente en 32 minutos

+ de otras Líneas

BUSCAR PARADA POR NOMBRE O NÚMERO

SELECCIONE LA PARADA

- 140, Hospital Provincial D.C.
- 55, Colegios Mayores
- 307, Libertador Hidalgo / Castilla D. Fidiana
- 168, L. Simón Bolívar (dirección Fidiana)
- 169, Loja**

144, Hospital Reina Sofia

328, Hospital Reina Sofia (Mat)

408, Hospital Provincial (D. R. 56, Colegios Mayores D.C.

140, Hospital Provincial D.C.

55, Colegios Mayores

383, Libertador H Castilla D. C

270, L. Simón Bolívar 28 D. C.

370, L. Simón Bolívar 18 D. C.

175, Marbelli (Motril)

176, Marbella

91, Auda. Granada

214, Auda. Granada (P. Andaluz

18, Auda. Cádiz (Plaza de Ande

19, Auda. Cádiz

223, Auda. Cádiz (Plaza Santa

351, Auda. Campo de la Verdad

307, Libertador Hidalgo u Cost

168, L. Simón Bolívar (direcció

169, Loja

234, Plaza Mediodía

52, Ciudad de Carmona 18

53, Ciudad de Carmona 29

25, Auda. Diputación

350, Auda. Campo de la Verda

26, Arenal (D.C. Sanitaria)

42, Arenal (D. Fidiana)

384, P. José Luis de Córdoba I

119, Periodista José Luis de C

327, Periodista José Luis De C

361, Calderón de la Barca (D. I

362, Virgen de la Fuensanta II

363, Virgen de la Fuensanta 2

218, Ministerio de la Vivienda I

268, Sta. Emilia de Redat

4, Alonso G. Figueroa

398, Zafiro (Central de taxis)

388, Pablo Ruiz Picasso

321, Auda. de Líbica

951, Fidiana

ISAE

creado por ETRR HD. 2004

Figura 2.8 - Sistema de informação, em tempo real, da cidade de Córdoba (aucorsa@2011)

Através deste sistema informativo os utilizadores podem, a partir de casa, do trabalho ou mesmo através de um telemóvel com acesso à internet, conhecer, em tempo real, os horários relativos à chegada dos autocarros associados às diferentes linhas. Para o efeito, basta definir a linha e a paragem pretendidas para aceder a essa informação.

Existem porém, outros tipos de sistemas informativos para os utilizadores dos modos de transporte colectivo, junto das paragens, no caso do transporte rodoviário, e dentro do próprio veículo. Os primeiros informam o utilizador do tempo restante para a chegada de determinado autocarro, os segundos apresentam informações sobre a viagem, próximas paragens e possíveis transbordos. A Figura 2.9 apresenta os dois tipos de sistemas.

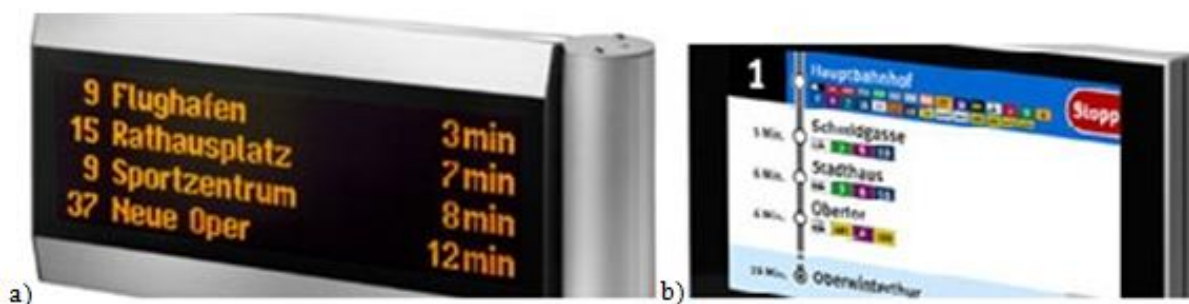


Figura 2.9 - Sistemas informativos, em tempo real, para transportes públicos (Trapezeits@2011): a) nas paragens; b) dentro do veículo

Sistemas de pagamento electrónico

Os sistemas de pagamento são, à semelhança dos sistemas de informação, um campo em franco desenvolvimento. Soluções do tipo “*Smart Card*”, vulgo cartão inteligente, apresentam-se como soluções capazes de conferir uma maior simplicidade de processos ao sistema de pagamento em transporte público (Accenture, 2011).

Segundo Morency et al. (2010), a primeira aplicação “*Smart Card*” foi introduzida em 1968 por dois alemães, Dethloff e Grotrupp, que desenvolveram o conceito do cartão de plástico contendo um *microchip*. Este tipo de dispositivo é desenvolvido para armazenar e processar informação, sendo muito fácil de transportar e manusear, o que torna o processo de pagamento e identificação do passageiro bastante prático (Lu, 2007).

O princípio de funcionamento destas aplicações é também bastante rápido e intuitivo, sendo que a validação da viagem é feita entre o “*Smart Card*” e o leitor por contacto, através de ondas de alta frequência (Morency et al., 2010).

Para Markantonakis e Mayes (2004), a redução do tempo despendido no acesso ao transporte público, a simplificação do processo de pagamento junto do motorista e a possibilidade de uso do mesmo cartão para pagamento nos diferentes modos de transporte, apresentam-se como

importantes vantagens na utilização deste tipo de sistemas. Em complemento a possibilidade de integrar no cartão diferentes modalidades de pagamento ou de diferentes serviços (combustível, parques de estacionamento, cinemas, etc.), torna este cartão extremamente prático e flexível.

No caso dos transportes públicos este cartão potencia ainda o armazenamento de informação extremamente útil, designadamente o número de passageiros que acede ao veículo em cada paragem, permitindo ainda caracterizar o padrão de deslocações associado a cada passageiro.

2.6 Aplicados à segurança rodoviária/outros

Estima-se que ocorrem, anualmente, 1,2 milhões de acidentes mortais nas estradas de todo o mundo e que por exemplo, em 2007, nos EUA a cada 5 segundos sucedeu um acidente no sistema de tráfego (Ezell, 2010). Consequentemente um dos campos primordiais de aplicação dos Sistemas Inteligentes de Transportes é a segurança rodoviária. Desta forma este subcapítulo pretende apresentar sinteticamente o potencial de alguns desses sistemas, sendo complementarmente efectuada uma breve descrição da vasta gama de sistemas com aplicação nos veículos.

Ecall

Um dos maiores desafios que as equipas de emergência têm que enfrentar na resposta a uma situação de emergência é a correcta localização do incidente para uma rápida e eficaz assistência às vítimas. Como resposta a este tipo de incidências surge o sistema *eCall* (*Pan-European in-vehicle emergency call system for road accidents*) o qual permite ao condutor comunicar com um centro de emergência de forma manual ou automática, poucos instantes após o incidente (Njord et al, 2006). Para além da imediata comunicação com o centro de emergência, este sistema fornece igualmente, a localização exacta do veículo sinistrado, o que possibilita uma rápida intervenção dos serviços de emergência. Sabendo-se que todos os segundos contam no que diz respeito ao eficiente auxílio dos sinistrados, pode-se afirmar que se trata de um sistema que salva vidas (esafetysupport@2011).

Segundo Njord et al., (2006) está-se na presença de um sistema que poderá salvar 2000 vidas por ano na Europa e em que o tempo de reacção dos serviços de emergência pode ser reduzido em 50% em zonas rurais e em 40% quando o incidente sucede em zonas urbanas.

A Comissão Europeia adoptou, em Setembro de 2011, uma recomendação que pretende garantir que até ao próximo ano de 2015, todos os novos automóveis estejam equipados com o sistema *eCall* (anacom@2011).

Atravessamento de passadeiras

De todos os utilizadores que integram o sistema de transportes considera-se que o peão, pela sua vulnerabilidade, é o elemento mais desprotegido. As travessias pedonais, pela conflituosidade directa com o veículo, afiguram-se como potenciais locais de risco e que merecem a adopção de tratamentos adequados. Deste modo o desenvolvimento de sistemas inteligentes para o atravessamento pedonal poderá contribuir para uma maior segurança e racionalização dos tempos, atribuídos ao peão e igualmente aqueles disponibilizados para os veículos.

Os atravessamentos inteligentes, do tipo PUFFIN (*Pedestrian User-Friendly Intelligent*), encontram-se habilitados para efectuar a gestão de tempos de verde associados aos peões e veículos, recorrendo a plataformas com a capacidade de detecção de pedestres e das suas características básicas (localização e velocidade). Estas funcionam sensorialmente ou através de um detector de infravermelhos ou de microondas colocado por cima do local de passagem. A presença do peão é assim detectada e o tempo de atravessamento é ajustado às necessidades do peão. Para além deste aspecto, este tipo de plataforma garante, igualmente, que o atravessamento não é realizado antes do sinal verde de passagem para o peão ser accionado, isto porque a sua presença é constantemente detectada, sensorialmente na zona de entrada da passadeira, pelo sistema (Sayeg e Charles, 2005). Esta aplicação é também bastante útil para a minimização das demoras associadas ao tráfego motorizado, na medida em que a ausência de peões no atravessamento, leva a que não seja accionada a fase pedonal e por consequência não seja interrompida a marcha dos veículos.

Outras aplicações

Como referido anteriormente a área de aplicação dos Sistemas Inteligentes de Transportes é extremamente vasta. A presente dissertação foca essencialmente sistemas com aplicação geral no sistema de transportes, no entanto incide sobre os próprios veículos uma grande percentagem dos desenvolvimentos tecnológicos nesta área. Relativamente aos sistemas com aplicação em veículos, alguns contam já com aplicações reais, enquanto outros ainda se encontram em fase de aceitação e maturação (Williams, 2008).

Entre os diversos sistemas de apoio (*Advanced Vehicle Safety Systems*) destacam-se aqueles que alertam o condutor para uma possível colisão, desacelerando e travando automaticamente o veículo (*Adaptive Cruise Control -ACC*), ou relativamente a obstáculos na via (*Pre Crash Brake*) ou mesmo peões (*Pedestrian/ Vulnerable Road User Protection*) outros que através de sinais sonoros ou vibração do volante avisam para uma involuntária mudança de trajectória e

consequentemente de via (*Advanced Driver Assisting System* e *Lane Change Assistant*). Entre uma infinidade de sistemas existem igualmente aqueles que através de câmaras de infravermelhos possibilitam uma melhor visão nocturna e outros ainda, que através de um dispositivo aplicado no veículo verificam se o condutor apresenta limites não regulamentares de álcool no sangue, não permitindo a iniciação da marcha do veículo. Este último sistema, naturalmente, ainda se encontra em fase de desenvolvimento (ec.europa.eu@2011).

3 EXEMPLOS DE SISTEMAS REFERÊNCIA APLICADOS À GESTÃO DO ESPAÇO URBANO E À PROMOÇÃO DO TRANSPORTE COLECTIVO

3.1 Introdução

O século XXI tem sido descrito como o “século da cidade”, esta definição baseia-se essencialmente no crescimento populacional verificado em zonas urbanas, tal como na perspectiva de evolução desta tendência (Peirce et al, 2008). A problemática do aumento populacional nos centros das grandes cidades, já abordada no capítulo anterior, representa a principal motivação mas também a principal condicionante à gestão do espaço urbano.

Todos os anos se adiciona às áreas urbanas do planeta o equivalente a sete vezes a população da cidade de Nova Iorque nos EUA, esperando-se que em 2050 a população urbana passe para o dobro da existente actualmente, torna-se necessário encontrar novas soluções para a gestão do sistema urbano de transportes cada vez mais complexo e eficiente (IBM@2011).

Segundo Anette Scheibe, directora executiva da empresa *Kista Science City*, quanto mais complexos forem os sistemas urbanos de transportes, maior será o incentivo para os tentar desenvolver recorrendo ao uso de novas tecnologias (prweb@2011).

Vários autores (Shah e Dal, 2007; Binnekade e Subramanian, 2010) afirmam que nos últimos anos diversas cidades em todo o mundo se encontram a implementar sistemas inteligentes de transportes com o intuito de reduzir os problemas de tráfego existentes nos seus centros urbanos. Esta opção em tornar as cidades mais inteligentes surge como consequência da urbanização a que o planeta tem vindo a ser sujeito (IBM@2011).

Tal como afirmam Binnekade e Subramanian (2010), o conceito de cidade inteligente passa pela aplicação de tecnologias avançadas no sentido de angariar mais e melhor informação, analisando-a de uma forma mais inteligente e partilhando-a com todos os elementos da rede de uma forma segura e em tempo real. Ainda segundo os mesmos autores, as cidades começam a aplicar soluções mais inteligentes na gestão de águas residuais, rede eléctrica e segurança pública, no entanto é na área dos transportes que se encontram os sistemas mais avançados, alguns destes já implementados e em funcionamento, embora alguns permaneçam com perspectivas de aplicação futura.

Neste sentido, este capítulo apresenta alguns exemplos de Sistemas Inteligentes de Transportes aplicados à gestão do sistema de transportes urbanos de algumas cidades de referência nesta matéria, dando-se particular ênfase aos sistemas aplicados com o intuito de promover a utilização do transporte colectivo e a intermodalidade.

3.2 Londres

Londres representa uma das mais importantes e povoadas cidades europeias, albergando quase 8 milhões de habitantes. Esta cidade caracteriza-se, igualmente, pelo papel fundamental que desempenha em toda a economia do Reino Unido, apresentando-se como o grande centro financeiro do país (TfL, 2006).

Como grande centro económico nacional e internacional, a cidade apresenta, apesar da sua dimensão, uma rede de transportes bastante eficaz do ponto de vista organizacional (london.gov@2011). Segundo Kulver Ranger, director da política de transportes da cidade, “... os habitantes não deverão ter a necessidade de procurar a informação, esta deve estar em toda a parte, simples, concisa e de fácil acesso ...” (Houghton et al, 2009). Esta declaração mostra de forma irrefutável a importância dada pelos gestores do sector, ao sistema de informação. No entanto, como apresentado seguidamente, as preocupações da cidade não se limitam ao sistema de informação, abrangendo igualmente a área da bilhética e da gestão integrada do trânsito rodoviário.

Um dos factores que facilita o desenvolvimento e consequentemente aplicação no sistema de transportes de Londres de sistemas inteligentes é, sem dúvida, a existência de uma autoridade metropolitana de transportes que superintende todo o sistema e diferentes operadores (TfL, 2006). *Transport for London* é a designação dessa autoridade.

Os pontos seguintes apresentam alguns dos Sistemas Inteligentes de Transportes de referência aplicados ao sistema de transportes londrino.

3.2.1 Tarifação rodoviária

Este tipo de sistema aplicado à gestão do tráfego urbano centra-se na aplicação de uma determinada taxa pelo acesso ao espaço central de determinada cidade (Harvey, 2000). No último meio século, este tipo de solução tem sido utilizada com o objectivo de controlar o congestionamento dos centros urbanos mediante a aplicação de uma tarifa, que pode variar consoante a hora do dia, o tipo de veículo e inclusive a situação de tráfego em determinado

momento (Smith et al., 2010). Trata-se de uma tipologia de sistema já instalado em diversas cidades, tais como, Londres, Estocolmo, Singapura, entre outras (Sayeg e Charles, 2005).

Em Londres o sistema foi introduzido em 2003, tendo como principal objectivo a regulação do tráfego dentro de um determinado perímetro (Figura 3.1), entre as 7h00 e as 18h00 durante os dias úteis da semana (tfl.gov@2011).

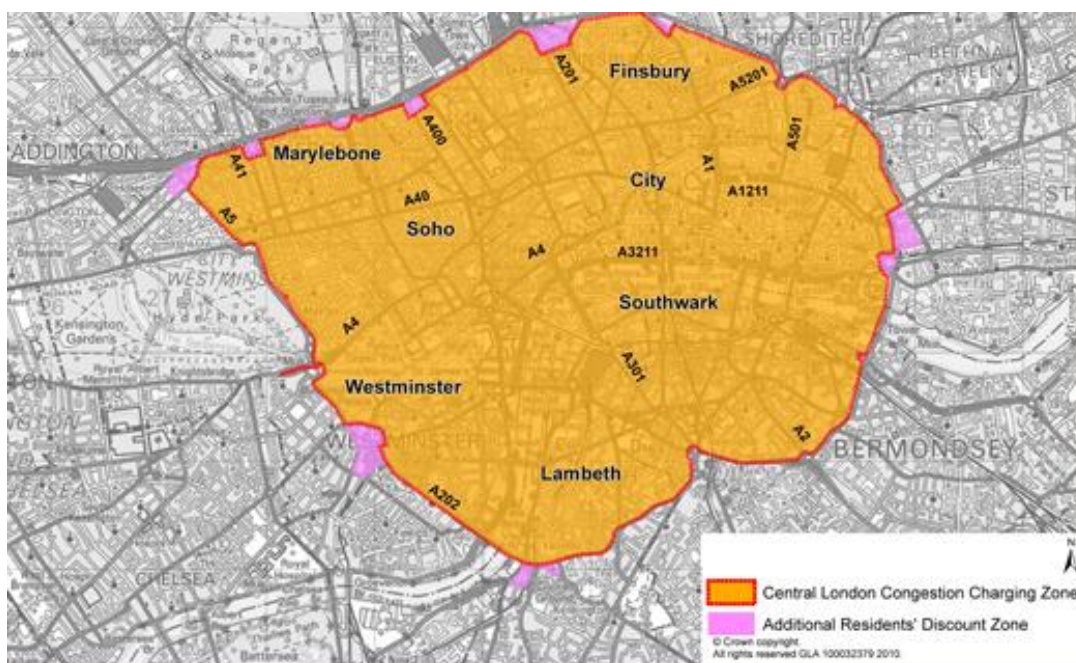


Figura 3.1- Zona sujeita a tarifação na cidade de Londres (tfl.gov@2011)

O controlo de todo o sistema, por parte das autoridades competentes, é realizado com recurso a câmaras vídeo que registam, fotograficamente, as matrículas de todos os veículos que entram, circulam e saem da zona controlada (Chen e Miles, 2004). As imagens são então armazenadas no sistema e comparadas automaticamente com as integradas na base dados, permitindo desta forma o controlo de cada veículo.

Desde 2003 a tarifa aplicada tem sido sujeita a alguns aumentos, situando-se neste momento nas 9 £ (aproximadamente 10,50 euros) por dia (tfl.gov@2011). Os residentes na zona de tarifação possuem um desconto de 90%. Os autocarros, táxis, veículos de emergência, veículos híbridos e motocicletas encontram-se isentos de qualquer pagamento. Neste âmbito é interessante salientar que as verbas obtidas da exploração deste sistema são aplicadas no desenvolvimento do sistema de transportes da cidade.

Após os primeiros meses de aplicação do sistema registou-se uma diminuição do congestionamento na ordem dos 30% dentro da zona controlada, o que significou uma redução diária de 65 000 a 70 000 veículos (Sayeg e Charles, 2005). Relativamente ao impacto ambiental desta medida Ken Livingstone, Mayor de Londres, afirmou que após a entrada em funcionamento do sistema as emissões no centro de Londres diminuíram 20% em apenas 24 horas (youtube.b@2011). A diminuição do tráfego e a consequente libertação da via pública permitiu beneficiar decisivamente as condições de circulação dos transportes colectivos tornando-os crescentemente mais fiáveis e por consequência mais atractivos.

3.2.2 Oyster Card

Segundo a *Cubic Transportation Systems*, a cidade de Londres possui o sistema mais sofisticado, automatizado e multimodal de cobrança no sistema de transportes, em todo o mundo (cts.cubic@2011). Sabendo-se que são registadas no sistema de transportes de Londres aproximadamente 9,9 milhões de viagens diárias em transporte público, a simplicidade e rapidez de processos de um *smart card* (designado de *oyster*), torna-se indispensável (cts.cubic@2011). A intermodalidade oferecida pelo *oyster card* é também uma das suas grandes vantagens, ao proporcionar de forma simples a interligação entre os diferentes operadores.

O processo de funcionamento, tal como referido no capítulo anterior (Figura 3.2), é extremamente prático pois, apenas é necessário o contacto entre o cartão e o leitor para a viagem ser validada.



Figura 3.2 - Processo de validação automática do oyster card em Londres (tfl.gov@2011)

Outra das vantagens deste sistema é o facto de possibilitar a eliminação das transacções em dinheiro o que, por exemplo, permitiu a redução dos tempos de paragem nas estações e nas paragens de autocarro (Markantonakis e Mayes, 2004). Desde a introdução do *oyster card* verificou-se uma maior adesão por parte da população no uso de transporte público, visto que por exemplo, a taxa de utilização do transporte em autocarro aumentou 53%, o que significou um acréscimo de quase 2 biliões de viagens por ano (cts.cubic@2011).

3.3 Estocolmo

A cidade sueca de Estocolmo é mencionada pela grande maioria dos autores como uma importante referência no que diz respeito ao funcionamento do seu sistema de transportes. Mais de 700 000 pessoas recorrem, todos os dias, ao extenso sistema de transportes da cidade na realização das suas deslocações (international.stockholm@2011).

Um dos objectivos que os responsáveis pelo sistema de transportes da cidade pretendem atingir é exactamente de que esta seja considerada como a cidade mais acessível do mundo, o que consequentemente justifica a importância atribuída à gestão do seu sistema de transportes (Houghton et al, 2009).

3.3.1 Tarifação rodoviária

O sistema aplicado, desde 2006, em Estocolmo, é em tudo semelhante ao anteriormente descrito para a cidade de Londres, diferindo essencialmente na forma como é efectuada a tarifação. Nesta cidade o valor cobrado depende da hora do dia em que se tem acesso à zona tarifada, sendo logicamente mais elevado nos horários com mais procura, ou seja, no período de ponta da manhã entre as 7h30 e as 8h29 e no período de ponta da tarde entre as 16h e as 17h29 (Vägverket, 2006).

É importante referir que o sistema de tarifação rodoviária implementado em Estocolmo, integra uma estratégia global envolvendo a melhoria do sistema de transportes públicos, assim como a construção de instalações de apoio do tipo *park & ride* (Houghton et al, 2009).

Em termos de resultados verificou-se um decréscimo de 20% do tráfego na zona central da cidade, uma redução de emissões poluentes na ordem dos 12% e um aumento significativo da utilização de transporte público (Binnekade e Subramanian, 2010). A Figura 3.3 apresenta duas imagens representando o antes e o depois, que evidenciam as alterações às condições de circulação numa via estruturante, em resultado da aplicação deste sistema.



Figura 3.3 - Tráfego, em Estocolmo, antes e depois da introdução do sistema (youtube.c@2011)

3.3.2 Planeamento de viagens

Na última década a cidade de Estocolmo tem assistido a um aumento do número de viagens realizadas em transporte colectivo. Relativamente ao centro da cidade, verificou-se um aumento, a nível global, de 57% para 64% e no que diz respeito ao período de ponta da manhã o aumento verificado fez com que a taxa de utilização de transporte público no centro cidade se situe nos 78% (symbiocity@2011). Estes valores, comparados com a realidade internacional, são extremamente elevados e devem-se essencialmente às preocupações dos responsáveis suecos em tornar o seu sistema de transportes mais simples e atractivo para os utilizadores (symbiocity@2011).

Uma das aplicações que contribui para tornar todo o sistema mais apelativo e fundamentalmente, mais informativo é o sistema de planeamento de viagens disponibilizado *online*. Este sistema oferece ao viajante as informações necessárias para que este tome as decisões mais acertadas, independentemente do modo de transporte a utilizar. A Figura 3.4 representa uma simulação, realizada através do sistema de planeamento de Estocolmo, de uma hipotética viagem a efectuar na cidade.

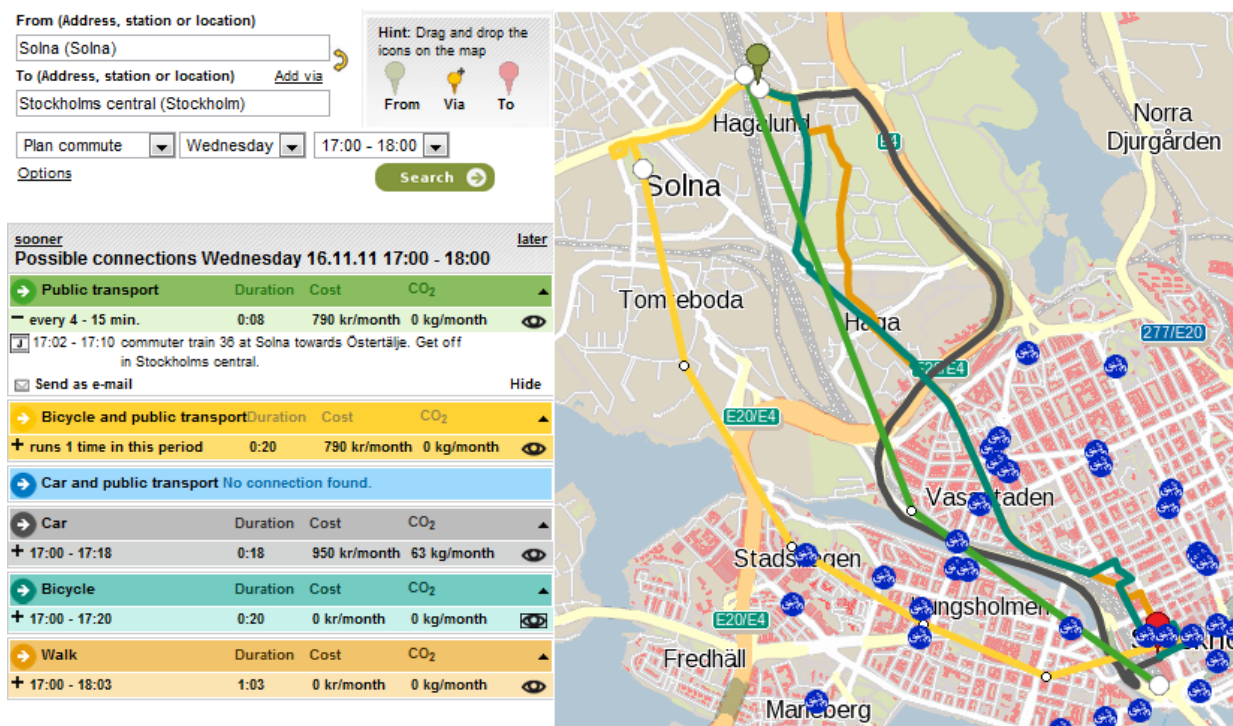


Figura 3.4 - Sistema de planeamento de viagens em Estocolmo (trafiken.nu@2011)

Este serviço permite aos seus utilizadores comparar as diversas alternativas possíveis para realização de determinada deslocação quer esta seja em transporte público, transporte individual, a pé, de bicicleta ou até, através de uma combinação de diversos modos de transporte (trafiken.nu@2011). Informações tais como, a localização de parques de estacionamento, postos de aluguer de bicicletas, duração da viagem e inclusive a pegada ecológica provocada, são partilhadas com o utilizador.

As vantagens deste tipo de sistemas relacionam-se com o facto de proporcionarem uma maior e mais inteligente distribuição dos viajantes pelos diversos modos de transporte disponibilizados.

3.4 Singapura

Singapura é uma cidade estado, localizada numa pequena ilha, com cerca 700 km² de área no extremo sul da península da Malásia com uma população de aproximadamente 3,5 milhões de habitantes. Segundo Fwa (2008) e Shobhakan, (2005), está-se na presença de uma grande cidade que é capaz de manter níveis de fluxo de tráfego aceitáveis, durante todo o dia, dentro da sua zona urbana. A mesma publicação refere que após três décadas de forte crescimento económico, se verificou um aumento substancial do espaço urbano ocupado, para cerca de

vinte vezes o existente em 1970. Apesar deste facto a cidade é ainda capaz de manter um sistema de transportes terrestres eficiente.

Para esse efeito, muito contribui o facto de ser um dos líderes mundiais na implementação e utilização de Sistemas Inteligentes de Transportes (Ezell, 2010). Entre os diversos sistemas com aplicação na cidade, destacam-se o sistema de gestão, em tempo real, do tráfego, o sistema de sinalização variável computadorizada e a tarifação rodoviária. No que respeita a este último sistema é interessante salientar que apesar de se tratar de um sistema com aplicação em diversas cidades, a sua primeira utilização ocorreu na cidade de Singapura.

Neste subcapítulo, relativo à cidade de Singapura, serão pormenorizados essencialmente os dois primeiros sistemas apresentados no parágrafo anterior.

3.4.1 Táxis colectivos

Este sistema, também denominado por “Táxi GPS”, foi implementado em 1996 tendo como base a frota de táxis da cidade. O serviço consiste na disponibilização de uma central de controlo que recebe, via GPS, a localização de cada veículo e, face a um determinado pedido de táxi, otimiza os circuitos da frota global tendo por base a minimização das distâncias e a capacidade remanescente de cada veículo. Como defendido por Fwa (2008) os táxis são uma forma conveniente de transporte colectivo, mas devido à sua reduzida capacidade de transporte de passageiros, comparativamente ao autocarro assumem níveis de eficiência inferiores. Neste contexto, desde 1990 o governo de Singapura tem desenvolvido esforços no sentido de potenciar a qualidade e produtividade dos serviços de táxi, de modo a que o seu número não seja aumentado desnecessariamente (Fwa, 2008). Uma das tecnologias aplicadas, com o sentido de melhorar a prestação da frota de táxis de Singapura foi precisamente a implementação de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), que permitem conhecer em detalhe a sua localização, fornecendo essa informação aos passageiros, ao mesmo tempo que permite otimizar, em tempo real, os circuitos realizados pela frota.

O mesmo sistema tem sido utilizado complementarmente, com o objectivo de disponibilizar informações do estado de tráfego, em tempo real, na cidade de Singapura. Neste sentido o sistema de gestão de tráfego da cidade obtém informações de uma frota de aproximadamente 5000 táxis, que funcionando como sondas no sistema de transportes, partilham informações com o centro de controlo tais como, a sua velocidade e localização (Ezell, 2010). Segundo o mesmo autor estas informações permitem ao sistema gerar uma imagem precisa do fluxo de tráfego e do congestionamento nas vias de comunicação da cidade de Singapura. Desta forma os habitantes da cidade podem através da internet obter informações sobre o estado do tráfego

na cidade e desta forma planearem os circuitos mais adequados ao destino pretendido (onemotoring.a@2011).

3.4.2 Sistema de orientação de estacionamento

Trata-se de um sistema que partilha com os condutores, através de sinais de mensagem variável situados junto da via (Figura 3.5) informações sobre a localização de locais de estacionamento em toda a cidade e o número de lugares disponíveis em cada um deles (Ezell, 2010).

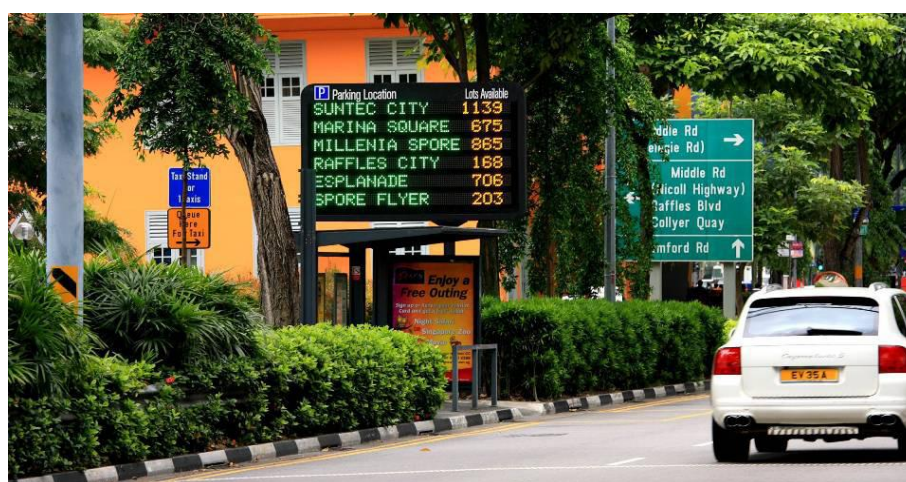


Figura 3.5 - Sistema de orientação de estacionamento em Singapura (Ezell, 2010)

Este sistema foi aplicado em locais estratégicos de Singapura no ano de 2008 e permitiu reduzir de uma forma significativa o número de veículos que circulavam à procura de um lugar de estacionamento (youtube.d@2011).

Ainda relativamente ao sistema de estacionamento a cidade disponibiliza igualmente, através do seu portal na internet, informações em tempo real sobre o número de lugares disponíveis nos diversos parques da cidade.

3.4.3 Aplicações para telemóvel (*My Transport.SG*)

O crescimento da utilização de *smartphones*, do tipo *iPhone*, *Blackberry*, *Android*, entre outros, tem proporcionado o desenvolvimento de diversas aplicações com grande utilidade para os seus utilizadores. Actualmente, uma das aplicações com mais relevância no dia-a-dia

dos cidadãos é aquela que possibilita aos mesmos a obtenção de informações actualizadas, em tempo real, de diversas situações que ocorrem no sistema de transportes.

Através de uma plataforma móvel, o sistema *My Transport.SG* fornece aos habitantes de Singapura informações, em tempo real, sobre as condições do tráfego e acerca dos transportes públicos. Este sistema desenvolvido pela Autoridade de Transportes de Singapura, em parceria com a empresa *National Computer Systems (NCS)*, partilha com os cidadãos informações relevantes tais como, os horários de chegada e partida de autocarros, bem como a sua rota, serviços de táxi com as respectivas tarifas, o número de lugares livres em determinado parque de estacionamento, localização de parques do tipo *park&ride* e ainda notícias e imagens representativas do estado do sistema de transportes, entre outras (onemotoring.a@2011).

É ainda importante realçar que telefones móveis que possuam *software* GPS encontram-se habilitados, na cidade de Singapura, para a localização de pontos de interesse próximos de si, tais como paragens de autocarro, estações e parques de estacionamento (onemotoring.b@2011).

Este tipo de sistemas, em que a partilha de informação é a base de funcionamento, pode contribuir para uma melhor e mais inteligente utilização dos recursos oferecidos pelo sistema de transportes e, conseqüentemente, para a redução do tráfego urbano. Como já referido anteriormente, o conhecimento prévio sobre o funcionamento do sistema de tráfego, possibilita uma tomada de decisão relativa à deslocação a efectuar muito mais informada e previsivelmente mais inteligente.

3.5 Curitiba

A cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná no Brasil e a oitava maior cidade do país, é considerada como a maior potência, em termos económicos, da região sul brasileira (ICLEI, 2011). A sua população é de, aproximadamente, 1,9 milhões de habitantes que se estendem ao longo de uma área de 430 km².

Para Sperling e Clausen (2002), Curitiba é um importante exemplo de coordenação política entre o planeamento e uso do território com o investimento em transportes públicos. Isto deve-se essencialmente à existência do serviço *Bus Rapid Transit (BRT)*, introduzido na cidade em 1970 e defendido por diversos autores (Rezende et all, 2010; Sorg, 2011) como uma estratégia de transporte de referência a nível mundial.

Este sistema caracterizado por oferecer um transporte rodoviário rápido e geralmente prioritário é utilizado em, aproximadamente, 40 cidades em 6 continentes, entre outras onde se encontra em fase de planeamento ou de construção, teve a sua primeira aplicação na cidade de Curitiba e conjuntamente com o sistema de Bogotá na Colômbia são considerados os mais bem-sucedidos (Wright e Hook, 2008).

Para Toni Lindau, director de uma empresa brasileira de transportes, Curitiba tem uma grande importância para todo mundo pelo exemplo de uma cidade que estruturou todo o seu crescimento urbano em torno de um sistema de transportes (youtube.e@2011).

Todos os elogios dirigidos ao sistema de transportes de Curitiba tomaram ainda mais ênfase depois de a cidade ter sido considerada, segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano de 2011, promovido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, como uma cidade que implementou com êxito abordagens inovadoras ao planeamento urbano e à gestão dos seus transportes no sentido de enfrentar o rápido crescimento demográfico (UNDP, 2011). O documento da ONU, Organização das Nações Unidas, indica, igualmente, que a cidade tem agora a mais elevada taxa de utilização de transportes públicos do Brasil, valores na ordem dos 45%, e ao mesmo tempo uma das mais baixas taxas de poluição do ar do país.

Nesta sequência apresenta-se, em detalhe, o modo de funcionamento do sistema BRT na cidade de Curitiba no Brasil, tal como os benefícios da sua utilização.

Transporte rápido em autocarro (*Bus Rapid Transit*)

Wright e Hook (2008) definem BRT como um sistema de transporte, em autocarro, de alta qualidade que garante mobilidade urbana de uma forma rápida, eficiente e com custo relativamente reduzido através de uma infra-estrutura segregada à qual é atribuída a prioridade de passagem nas intersecções. Trata-se de um sistema que pelas suas características específicas, se bem projectado, pode servir como espinha dorsal ao ordenamento do território construído (youtube.f@2011).

Desde a sua implementação o sistema BRT de Curitiba tem sido sujeito a algumas modernizações, no entanto o conceito inicial mantém-se inalterado. O sistema assenta na utilização de vias fisicamente segregadas em relação ao resto do tráfego (Figura 3.6), onde autocarros bi-articulados, com a capacidade de 270 lugares, asseguram o transporte dos viajantes entre as diversas paragens do circuito (Wright e Hook, 2008).



Figura 3.6 - Sistema BRT, em Curitiba, e respectiva segregação de vias (youtube.e@2011)

Um dos aspectos mais característicos e importantes de um sistema de transportes BRT é, precisamente, o dimensionamento e, conseqüentemente, funcionamento das estações e paragens, conhecidas na cidade como tubos devido ao seu formato tubular. Como a Figura 3.7 mostra, as estações do sistema BRT de Curitiba possuem portas automáticas que são activadas pelo motorista juntamente com as portas do autocarro (Hoffman, 2008). Durante este processo, a ligação entre o autocarro e a paragem é concebida através de uma plataforma que permite que a estação e as entradas do autocarro se encontrem ao mesmo nível, facilitando o embarque e o desembarque dos passageiros de mobilidade reduzida e conseqüentemente, minimizando os tempos de espera.



Figura 3.7 - Estações tubo na cidade de Curitiba (uol@2011)

Outro aspecto que contribui, decisivamente, para a diminuição dos tempos de paragem do autocarro é o facto de o pagamento das viagens ser efectuado à entrada da estação, o que

facilita, igualmente, o embarque dos passageiros pois, elimina as filas e pagamentos a bordo, permitindo assim a entrada dos mesmos por qualquer porta do veículo.

Paralelamente aos veículos que circulam nas vias exclusivas, o sistema de transportes da cidade possui as chamadas “linhas alimentadoras”, que tal como o nome indica têm a função de “alimentar” o sistema de BRT (youtube.f@2011). Estas são percorridas por autocarros convencionais de menor dimensão, os quais são responsáveis pela recolha de passageiros nas ruas de menor importância encaminhando-os para o sistema principal.

Actualmente o sistema BRT de Curitiba conta com 390 rotas realizadas por 2000 veículos que transportam diariamente, aproximadamente, 2,1 milhões de passageiros (ICLEI, 2011), valor este, superior ao número de habitantes da cidade.

No fundo, o BRT funciona em moldes muito semelhantes aos sistemas de transportes sobre carris, diferindo essencialmente na capacidade do sistema e no investimento a efectuar. Segundo Wright e Hook (2008), um sistema de BRT pode ser implementado recorrendo a um investimento 4 a 20 vezes inferior a um sistema de *Tram* e entre 10 a 100 vezes menor, que um sistema de metro.

Estima-se que o sistema BRT de Curitiba proporcionou uma redução anual, na ordem dos 27 milhões de viagens, em automóvel, o que se traduz em quase 27 milhões de litros de combustível economizados anualmente (ICLEI, 2011).

Ainda em relação aos consumos de combustível, a utilização, pelos veículos bi-articulados, de bio-combustível, fez com que o sistema se tornasse muito mais económico e amigo do ambiente. A utilização deste tipo de combustível provocou a diminuição em cerca de 30% das emissões produzidas pelos veículos BRT comparativamente às provocadas pelo autocarro convencional (youtube.g@2011).

Conclui-se que a introdução de um sistema de BRT em comparação, por exemplo, com o serviço comum de autocarro, permite um aumento da qualidade do sistema de transportes principalmente, em termos de capacidade, fiabilidade, conforto, imagem e segurança. (Sorg, 2011).

3.6 Considerações finais

Este capítulo procurou apresentar alguns exemplos de referência com aplicação em cidades de grande importância mundial no que respeita ao desenvolvimento e utilização de sistemas inteligentes de transportes na gestão do seu espaço urbano e particularmente na promoção da intermodalidade. Pretendeu-se, igualmente, enumerar os efeitos previsíveis associados a cada um dos sistemas, bem como o exemplo que podem representar para a introdução de sistemas semelhantes noutras cidades.

A introdução de Sistemas Inteligentes de Transportes, tais como os apresentados anteriormente neste capítulo, visa em primeira instância potenciar a optimização do funcionamento conjunto de todos os elementos que o constituem. Neste contexto se desenvolvidos esforços e os consequentes investimentos forem direccionados, essencialmente, para o sector dos transportes públicos, tender-se-á a torná-lo mais eficiente, acessível e seguro contribuindo decisivamente para o fomento da sua utilização, enquanto alternativa que pode superar os benefícios actualmente associados ao veículo individual.

4 ESTUDO DE CASO – SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E GESTÃO DOS TRANSPORTES PÚBLICOS DE COIMBRA

4.1 Introdução

A mobilidade é indiscutivelmente, um dos pontos fulcrais a ter em atenção na organização sustentável de qualquer espaço urbano. Nessa óptica, o conceito de mobilidade sustentável tende a relacionar-se, irrefutavelmente com o sistema de transportes públicos de uma qualquer cidade.

Actualmente, na cidade de Coimbra, os Serviços Municipalizados de Transportes de Coimbra, vulgo SMTUC, apresentam-se como a instituição com maiores responsabilidades na oferta de um serviço público de transporte rodoviário de passageiros que, por sua vez, se pretende cada vez mais, como um serviço modernizado, informativo, dinâmico e de qualidade, capaz de oferecer aos munícipes da cidade uma alternativa válida ao transporte individual.

Mais recentemente surgiu a oportunidade de implementação de um serviço de metro ligeiro de superfície, designado por Sistema de Mobilidade do Mondego (SMM). Previa-se que este sistema viesse a constituir-se como a “espinha dorsal” de todo o sistema de transportes da cidade, no entanto e face à actual conjuntura económica do País, encontra-se em estado de reavaliação política. Apesar disso, a importância que este modo de transporte pode vir a ter no futuro dos transportes públicos da cidade de Coimbra faz com que o estudo de alguns dos seus sistemas faça parte integrante deste capítulo.

Assim, o presente capítulo tem como objectivo, apresentar um estudo de caso baseado na análise dos sistemas de transporte colectivos urbanos de Coimbra, dando-se particular ênfase à avaliação crítica dos serviços prestados pelos SMTUC assim como a forma como é efectuada a gestão da sua frota e sistema de informação. No âmbito do programa europeu CIVITAS, parcialmente financiado pela União Europeia, que estimula o desenvolvimento sustentável dos transportes em algumas cidades da Europa, são apresentados alguns dos projectos e directrizes fomentadas por este programa para a cidade de Coimbra e consequentemente para os SMTUC.

Importa ressaltar que algumas das informações que fazem parte integrante do presente capítulo, foram obtidas através de reuniões realizadas com elementos da Câmara Municipal de Coimbra e dos SMTUC.

4.2 Caracterização do sistema

4.2.1 Enquadramento

Actualmente o serviço de transporte rodoviário de passageiros na cidade de Coimbra é assegurado, fundamentalmente, pelos SMTUC, apesar da existência de outros operadores privados responsáveis, essencialmente, pelo transporte de passageiros para fora da zona urbana da cidade (Stüssi e Miguel, 2007). Por essa razão e de modo a viabilizar a recolha de informação em tempo útil, optou-se por limitar a análise aos operadores públicos com operação na cidade, ou seja aos SMTUC e à Metro Mondego.

Os SMTUC completaram um século de existência no ano de 2008, transportam anualmente uma média de aproximadamente 27,2 milhões de passageiros e encontram-se inegavelmente ligados ao desenvolvimento da cidade de Coimbra e do seu sistema de transportes públicos. Tal como afirma o actual Presidente da Câmara Municipal de Coimbra, João Barbosa de Melo, estamos na presença de uma instituição, que ao longo dos tempos tem sido capaz de acompanhar a evolução do município, encontrando-se este facto espelhado nos serviços que os SMTUC, presentemente, disponibilizam aos seus utilizadores (SMTUC@2011).

Da frota de veículos dos SMTUC fazem parte diversos tipos de viaturas, destacando-se das demais, pela sua história, os míticos troleicarros, em utilização desde 1947 na cidade e mais recentemente os mini autocarros eléctricos, conhecidos como “Pantufinhas”, que se caracterizam pela sua reduzida dimensão, o que possibilita um aumento considerável da acessibilidade a zonas fisicamente condicionadas como sejam a Alta da cidade e o Centro Histórico.

Relativamente aos serviços propostos pela Metro Mondego prevê-se a implementação de um sistema de metro ligeiro de superfície, contudo trata-se de um sistema que ainda não se encontra em funcionamento.

A CMC através dos SMTUC integra actualmente o Projecto CIVITAS-MODERN, *Development and Energy Use Reduction*, promovido pela União Europeia. O projecto integra quatro cidades muito semelhantes, Craiova, Brescia, Coimbra e Vitoria – Gasteiz, e apresenta como objectivo principal a promoção de políticas de desenvolvimento de transporte urbano

sustentáveis, com o intuito de contribuir para a redução da poluição provocada pelos transportes, fomentando a utilização de energias alternativas nos transportes públicos de forma a promover um estilo de vida com menor dependência do veículo individual (SMTUC, 2008).

Neste contexto e apesar de a maioria dos projectos propostos pelos SMTUC já se encontrarem em desenvolvimento antes da adesão ao projecto CIVITAS-MODERN, os fundos provenientes da Comissão Europeia, têm-se revelado decisivos na implementação de alguns sistemas de transportes que serão dissecados no âmbito deste capítulo.

4.2.2 Sistemas de gestão de frota e informação ao utilizador

A introdução do primeiro Sistema de Ajuda à Exploração (S.A.E.) na cidade de Coimbra envolveu os SMTUC e ocorreu durante o ano de 1999. No entanto, caracterizava-se por ser um sistema bastante elementar suportado por um sistema de comunicações via rádio com bastantes limitações (SMTUC, 2008).

O desenvolvimento de novas tecnologias vocacionadas para o auxílio da gestão de frotas de veículos proporcionou aos SMTUC, a actualização do sistema de gestão de frota durante o ano de 2008. A Figura 4.1 ilustra a arquitectura do sistema actualmente utilizado pelos SMTUC, suportado por um sistema GPS e um centro de controlo.

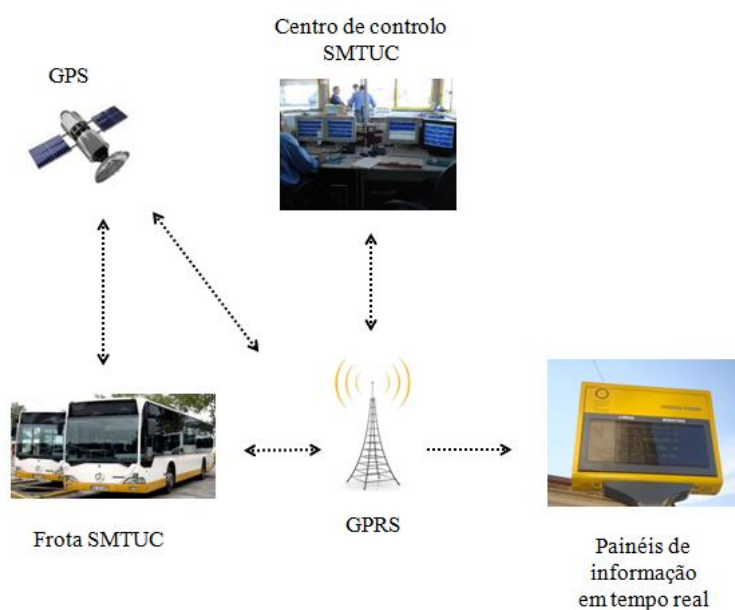


Figura 4.1 - Sistema de gestão e informação dos SMTUC

É a partir do centro de controlo que se realiza toda a gestão da frota de veículos através de um sistema de comunicações GPRS que permite, por exemplo, comparativamente ao tipo de comunicações utilizado anteriormente, uma melhor e maior transmissão e recepção de dados. Outro factor relevante é o facto de todos os veículos da frota se encontrarem equipados com dispositivos GPS que transmitem o seu posicionamento, em tempo real, ao centro de controlo. Este tipo de Sistema Inteligente de Transportes conhecido como *Automatic Vehicle Location* (AVL), ao transmitir o posicionamento de cada veículo ao centro de controlo possibilita uma gestão mais integrada e inteligente da frota por parte dos SMTUC no sentido em que permite aos motoristas, em coordenação com as ordens provenientes do centro de controlo, a realização de alguns ajustes temporais, isto é, atrasando ou acelerando a viagem com o objectivo de cumprir os horários pré-estabelecidos. Este maior conhecimento e controlo sobre a frota de veículos possibilitam, igualmente, que a informação concedida pelos painéis de informação ao público seja mais fidedigna e em maior quantidade.

Apesar de toda a frota dos SMTUC se encontrar equipada com sistemas de localização geográfica, os dados provenientes destes sistemas são utilizados, maioritariamente, a nível interno, existindo contudo alguns painéis de informação ao público que disponibilizam algumas informações aos passageiros, em tempo real.

É ainda possível contar com outros sistemas informativos oferecidos pelos SMTUC. Um desses sistemas designa-se por SMTUCMobile e consiste numa aplicação desenvolvida para dispositivos móveis (PDA's e *smartphones*) que permite a consulta dos horários de todas as linhas de transporte dos SMTUC. Embora o sistema não disponibilize os horários em tempo real, o facto de numa só aplicação ser possível o armazenamento de tão grande quantidade de informação é por si só vantajoso (SMTUC.a, 2009). Importa, igualmente, realçar que se trata de uma aplicação sem qualquer custo para o utilizador, pois toda a informação disponibilizada se encontra no interior do sistema. A Figura 4.2 apresenta, graficamente, a metodologia de funcionamento do sistema SMTUCMobile.

Para a obtenção de um determinado horário, basta ao utilizador definir o número da linha que pretende - no exemplo da Figura 4.2 seleccionou-se a linha 34 Universidade – Pólo II - a paragem/estação pretendida - no exemplo definiu-se a estação do Pólo II - e imediatamente lhe é disponibilizada uma listagem com os horários possíveis. Para além das opções referidas é ainda possível, entre outras, ao utilizador definir o dia da semana em que se realiza a viagem.

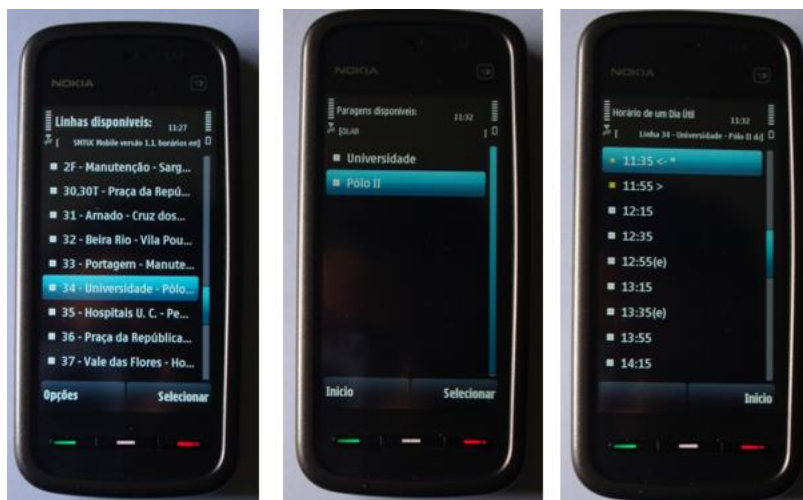


Figura 4.2 - Sistema de informação ao passageiro SMTUCMobile

Para além deste sistema, os SMTUC disponibilizam ainda na sua página da internet um sistema denominado por “RUMOS”. Esta aplicação disponível *online* disponibiliza um planeador de viagens dentro do espaço urbano da cidade.

A Figura 4.3 representa a simulação de uma viagem de ligação entre os Pólos I e II da Universidade de Coimbra.

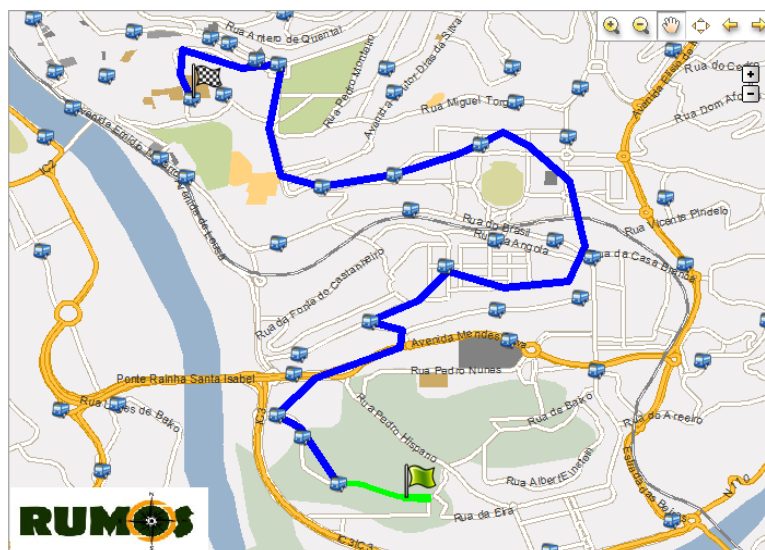


Figura 4.3 - Simulação de hipotética viagem a realizar entre os Pólos I e II da Universidade de Coimbra (SMTUC@2011)

Trata-se de uma aplicação colocada em funcionamento muito recentemente (início de 2010) e que, segundo informações recolhidas junto de elementos ligados aos SMTUC, tem apresentado um número considerável de utilizadores.

O princípio de funcionamento do RUMOS é em certa medida semelhante ao apresentado anteriormente, na presente dissertação, para a cidade de Estocolmo sendo ainda similar aos sistemas disponibilizados por outras cidades do país, designadamente Viseu e zona metropolitana de Lisboa. O utilizador tem que definir a origem e destino pretendidos, escolher duas das paragens apresentadas pela aplicação (no exemplo da figura escolheram-se as paragens “Universidade Pólo II” e “Universidade”), sendo-lhe imediatamente proposta a rota a seguir. É, ainda, importante realçar que podem ser definidos alguns critérios relativos ao percurso a efectuar tais como, o trajecto mais rápido, o menor número de transbordos, o menor percurso pedestre, entre outros (SMTUC@2011).

O planeador RUMOS partilha ainda, com o utilizador, outro tipo de informações. A Figura 4.4 apresenta uma imagem retirada do RUMOS, onde é sintetizada a informação relativa à viagem seleccionada.



Figura 4.4 - Informações relativas a uma hipotética viagem realizada entre os Pólos I e II da Universidade de Coimbra, obtidas do RUMOS (SMTUC@2011)

Esta aplicação permite o acesso aos tempos de deslocação subdividindo-os, neste caso, em três espaços temporais distintos, tempo dispendido na viagem dentro do autocarro, tempo dispendido nas deslocações pedonais e tempo de espera na paragem. Convém realçar que se tratam de indicadores estáticos, pois o seu cálculo não depende de factores externos que possam ocorrer durante a deslocação, designadamente, das condições do tráfego em tempo real. O sistema fornece, igualmente, outras informações tais como, o custo mínimo da deslocação, o número de transbordos e a quantidade de emissões emitidas, fazendo a comparação deste último aspecto com as emissões provocadas por um automóvel na realização do mesmo trajecto.

Desde o início do ano de 2011, no âmbito do projecto CIVITAS-MODERN, Coimbra conta ainda com um centro de infomobilidade. Trata-se de um espaço criado seguindo uma lógica de dinamização da gestão da mobilidade inter-municipal. Entre os principais objectivos, destacam-se a possibilidade de uma maior acessibilidade e integração entre as diversas estruturas de transporte que operam na cidade, tal como a contribuição para uma utilização mais efectiva do sistema de transportes públicos (SMTUC.b, 2009). A aquisição de títulos de transporte e outros produtos, dos diversos operadores, tal como um acesso mais facilitado à informação e o facto de possibilitar uma maior e melhor interacção entre os passageiros e as instituições que os servem, são outras das principais características deste centro de infomobilidade de Coimbra.

4.2.3 Bilhética

As principais características de qualquer sistema de bilhética independentemente do seu tipo de aplicação são recorrentemente, a sua celeridade, fiabilidade e eficácia. No que respeita à exploração de um sistema de transportes públicos, a bilhética apresenta-se como um dos elementos fundamentais em toda a gestão do sistema, principalmente na emissão, validação e controlo dos títulos de transporte (SMTUC, 2011).

Relativamente ao sistema de bilhética utilizado pelos SMTUC, torna-se importante salientar que esta operadora foi a primeira a adoptar a nível nacional, na gestão do seu sistema de cobrança, cartões de tecnologia “sem contacto”, à época, conjuntamente com bilhetes magnéticos (SMTUC, 2011). Actualmente os SMTUC continuam a oferecer aos seus passageiros a possibilidade de utilização de um sistema de bilhética “sem contacto”, que se define como um sistema de controlo e cobrança electrónica de títulos de transporte (IMTT, 2010). Este sistema permite ainda que os seus passageiros efectuem o pagamento da sua viagem através de dois tipos de suportes distintos: (i) através de um cartão em plástico, onde são armazenadas as informações pessoais e contratuais do passageiro; (ii) através de um

simples bilhete em papel. O cartão em plástico ou passe, que funciona através da tecnologia “sem contacto”, encontra-se mais vocacionado para passageiros frequentes, enquanto o bilhete normal, que funciona através de leitura magnética, existindo em formato individual, multi-viagem e diário, é mais indicado para um uso pontual do sistema de transportes públicos (SMTUC, 2011). Ainda relativamente ao suporte em cartão “sem contacto” o sistema é constituído por uma antena interior conectada a um chip, onde são armazenadas algumas informações sobre o passageiro e através da qual é realizada a comunicação, a partir de uma distância previamente definida, entre o cartão e o validador. A Figura 4.5 representa um dos dispositivos, instalados nos veículos da frota dos SMTUC, responsáveis pela cobrança electrónica a bordo.



Figura 4.5 - Dispositivo de validação electrónica do título de transporte dos SMTUC (Stüssi e Miguel, 2007)

Mais recentemente englobado no projecto CIVITAS MODERN e sustentado em algumas directivas europeias, tais como a necessidade de tornar as cidades “mais inteligentes”, acessíveis e seguras, e de fomentar os conceitos de mobilidade sustentável e de intermodalidade, surgiu a oportunidade de modernização de todo o sistema de bilhética da estrutura urbana de transportes de Coimbra.

Prevê-se que o novo sistema de bilhética entre em funcionamento no ano de 2012 e atinja custos de aproximadamente 1,2 milhões de euros. Este novo sistema terá como base principal a tecnologia de cartões “sem contacto” no entanto, mais evoluída que a utilizada até então, isto porque o novo sistema será compatível com a compra e carregamento de títulos na rede de

ATM Multibanco, *pay-shop* ou internet. Esta característica do novo sistema de bilhética, devido à simplicidade de processos que oferecerá na compra de títulos de transporte, poderá contribuir decisivamente para o incremento significativo da utilização dos serviços oferecidos pela instituição SMTUC. Em relação aos bilhetes individuais, estes funcionarão na mesma base do cartão mensal, ou seja, utilizando a tecnologia “sem contacto”, o que possibilitará uma validação mais cómoda e rápida do bilhete, ao mesmo tempo que a substituição da anterior tecnologia (bilhete magnético) contribuirá para uma maior robustez do título, evitando a fácil deterioração e desmagnetização dos mesmos. A existência de dois equipamentos de validação por viatura acrescida à introdução da bilhética “sem contacto” recarregável possibilitará uma maior rapidez e simplicidade de processos de todo o sistema de transportes (SMTUC@2011). Segundo o Plano e Orçamento de 2011 (SMTUC@2011), serão igualmente desenvolvidos esforços no sentido da introdução de sistemas que possibilitem o pagamento de viagens com recurso a telemóveis de última geração, desde que possuidores de tecnologia apropriada.

Trata-se de um sistema geo-referenciado, pelo que em conjunto com o sistema de apoio à exploração dos SMTUC, permite georreferenciar automaticamente toda a actividade de bilhética registada a bordo pelos validadores de títulos de transporte (SMTUC, 2011). Apesar de se tratar de um sistema limitado ao registo das entradas dos passageiros, pois apenas no acto de embarque é validado o título de transporte, a informação obtida pode revelar-se vital para a gestão do sistema, quer em termos financeiros, quer operacionais e estatísticos.

Relativamente à intermodalidade e interoperabilidade do sistema de bilhética, este permitirá a utilização do mesmo cartão de pagamento nos diversos serviços disponibilizados pela rede dos SMTUC, no entanto no que diz respeito à interoperabilidade do sistema, apesar de defendida, publicamente, a necessidade da implementação de um passe intermunicipal, o novo sistema de bilhética vocaciona-se exclusivamente aos serviços oferecidos pelos SMTUC. No entanto, segundo informações recolhidas junto da instituição, encontra-se preparado para, no futuro, poder integrar todos os operadores de transporte da cidade, assim como outros serviços.

4.2.3 Metro Mondego

O projecto Metro Mondego, responsabilidade da sociedade com o mesmo nome, Metro Mondego S.A., propõe a instalação e consequente exploração de um sistema de metro ligeiro de superfície para a cidade de Coimbra e para os seus municípios vizinhos, de Lousã e Miranda do Corvo (metromondego@2011). Este projecto que deu os primeiros passos decorria o ano de 1996, tem sido desde então alvo de um exaustivo debate político,

económico e social. As verbas envolvidas, divergências políticas e actualmente, a difícil situação económica que a maioria dos países da zona euro atravessa tem dificultado a conclusão do projecto, no entanto, devido ao potencial futuro que a introdução deste sistema pode vir a representar na cidade de Coimbra, faz com que a sua análise seja parte integrante da presente dissertação. Segundo diagnóstico efectuado pela Deloitte, empresa de consultadoria, para a Câmara Municipal de Coimbra, está-se na presença de um projecto estruturante, que apresenta a capacidade de articulação do sistema de transportes urbano, periurbano e regional, assumindo responsabilidades na realização de um grande conjunto de movimentos pendulares, principalmente do exterior para o interior da zona urbana, fomentando assim o uso de transporte colectivo (Deloitte, 2007).

Quando concluído, o Sistema de Mobilidade do Mondego (SMM) funcionará com base em duas linhas, uma primeira designada como Linha da Lousã ou Linha Verde, essencialmente suburbana, com 40,6 Km de extensão responsável pela ligação entre Coimbra B e Serpins e uma segunda denominada por Linha do Hospital ou Linha Amarela, com 4 Km de extensão, fundamentalmente focada para o transporte de passageiros em zona urbana.

Relativamente ao tema central da presente dissertação, ou seja, os Sistemas Inteligentes de Transportes, interessa, neste subcapítulo, referir os sistemas propostos pela Metro Mondego (MM), no sentido de potencializar a mobilidade e intermodalidade do sistema de transportes nos municípios abrangidos. Neste contexto, a instituição Metro Mondego propõe por em prática um projecto designado por SIIP (Sistema Inteligente de Informação ao Passageiro). Um dos sistemas englobados no âmbito do projecto referido anteriormente designa-se por MMInfo e trata-se de um protótipo desenvolvido pela MM e pelo Instituto Pedro Nunes (IPN), que apresenta como objectivos principais, a disponibilização (em tempo real) aos utilizadores do SMM, de informações relevantes sobre horários, localização de paragens, modos de transporte, entre outros (metromondego@2011). A Figura 4.6 apresenta o aspecto gráfico da aplicação MMInfo.

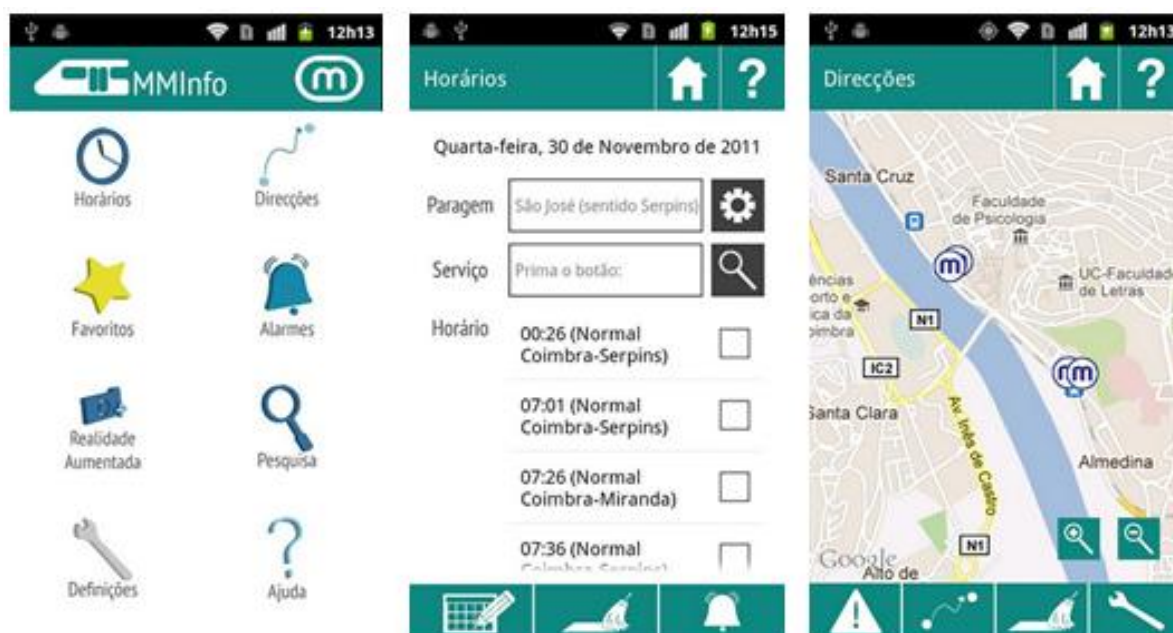


Figura 4.6 - Representação do aspecto gráfico da aplicação MMInfo (market.android@2011)

Este sistema desenvolveu-se, numa primeira fase, unicamente para *smartphones* Android, o que significa que a aplicação apenas pode ser utilizada em dispositivos móveis que utilizem este tipo de *software*. No entanto, no futuro, existe a possibilidade de o campo de aplicação do MMInfo ser estendido a outros tipos de software, nomeadamente e por exemplo, ao sistema iOS utilizado pela *Apple* (metromondego@2011). Tal como anteriormente referido, esta aplicação encontra-se preparada para no futuro possibilitar a consulta, em tempo real, dos horários dos transportes nas paragens. Para tal, o utilizador apenas terá que fazer a selecção da paragem pretendida através da lista de paragens fornecida pelo sistema ou através da selecção da paragem a partir da sua localização no mapa. Outra das funcionalidades da aplicação é o facto de ser possível ao utilizador efectuar o cálculo de rotas, tendo para tal apenas de introduzir a indicação da paragem inicial e final da viagem e imediatamente receberá da aplicação diversas informações relativas à viagem que pretende realizar. Para além das características previamente mencionadas, o sistema fornece, ainda, alertas relativos a algum atraso ou proximidade temporal de determinada viagem anteriormente seleccionada (market.android@2011). Em termos de representação gráfica da rede de transportes o sistema utiliza mapas alinhados com a posição do utilizador e introduz o sistema de realidade aumentada, extremamente utilizado em dispositivos GPS na indicação gráfica do percurso a efectuar, o que possibilita uma identificação mais intuitiva da localização das paragens no sistema de transportes públicos. Ainda relativamente à disponibilização de informação em tempo real, no sistema MMInfo convém salientar que segundo informações obtidas junto de

elementos da MM, não se encontra ainda disponível devido à falta de infra-estruturas que divulgassem o posicionamento dos transportes e ao facto da instituição dos SMTUC apenas ter disponibilizado as informações estáticas do seu sistema de transportes.

4.2.4 Outros

Para além dos sistemas mencionados anteriormente, aplicações maioritariamente voltadas para a gestão de frota e informação ao passageiro, existem outros, que pela sua importância justificam ser mencionados no âmbito da presente dissertação. Os SMTUC, no âmbito do programa CIVITAS-MODERN encontram-se, actualmente, a desenvolver alguns projectos destacando-se os progressos efectuados relativamente à utilização de energias renováveis, nomeadamente o bio-combustível, actualmente a ser testado em alguns veículos, e a possibilidade da introdução de um gerador eléctrico, na ponte do açude, que alimente a rede de troleicarros e mini-autocarros eléctricos da cidade. Também a criação de um centro de formação de condutores, com recurso à utilização de um simulador de condução procurará promover a eco-condução numa óptica de poupança de recursos e de aumento da segurança. Ainda englobada no projecto CIVITAS-MODERN para a cidade de Coimbra encontra-se em análise a viabilidade técnica e económica da introdução de novos sistemas de mobilidade, designadamente a introdução de sistemas de *carsharing* e *carpooling*. Por fim encontra-se igualmente em fase de estudo a possibilidade da introdução de um sistema de controlo de trânsito (UTC) numa zona restrita da cidade junto da CMC.

4.3 Identificação das fragilidades

Tendo por base princípios de promoção de mobilidade sustentável, designadamente os relacionados com a promoção do uso do transporte público ou de outros modos alternativos eficientes e as acções e medidas implementadas por cidades consideradas referência a nível internacional sobre estas matérias, o presente ponto centra-se numa análise crítica dos sistemas implementados em Coimbra numa óptica de identificar eventuais pontos de possível melhoria. Essa análise assenta na caracterização do sistema de transportes urbanos da cidade de Coimbra e na procura das suas principais fragilidades.

As fragilidades identificadas subdividem-se a diferentes níveis, integrando aspectos que vão desde a definição da política de transportes de base da cidade, à adopção de sistemas complexos de gestão, até à simples implementação de medidas de baixo custo. Os pontos seguintes enumeram as principais fragilidades identificadas:

-
- Falta de definição de uma política de transportes estratégica voltada para o benefício do transporte colectivo em detrimento do transporte individual. Apesar de se verificar a adopção de medidas pontuais consentâneas com esse princípio, verifica-se igualmente a falta de uma estratégia integrada e coordenada que o promova de forma consistente;
 - Ausência de integração/coordenação dos serviços associados aos diversos operadores do sistema de transportes que actuam na área de Coimbra. Essa deficiência abrange as mais diversas áreas, sendo a bilhética e a partilha de informação os dois exemplos mais relevantes;
 - Inexistência de uma autoridade reguladora do sistema de transportes. A falta desta entidade dificulta/impossibilita a definição de uma verdadeira política de transportes assente nos conceitos da multimodalidade e intermodalidade;
 - Escassez de medidas de apoio ao transporte público, designadamente em termos infra-estruturais. Verifica-se a inexistência de uma rede lógica de corredores BUS, existindo trechos onde a disponibilidade de espaço o proporciona, mas sem garantia de continuidade ou de implementação em locais críticos do ponto de vista das demoras de tráfego. Esta falta de lógica reflecte-se na perda de fiabilidade do sistema, na medida em que a partilha de infra-estrutura com o tráfego rodoviário não permite gerir eficazmente os tempos de trajecto, particularmente durante as horas de ponta;
 - Previsão de criação de um sistema UTC pela CMC independente do sistema de controlo dos SMTUC. O modo de funcionamento destes dois sistemas, não deve ser considerado independentemente;
 - Deficiências no sistema de informação. Embora ao longo dos dois últimos anos este sistema tenha sofrido melhorias muito significativas, a informação disponibilizada continua a ser estática não sendo disponibilizada em tempo real. O programa RUMOS facilita o acesso à informação através da internet, contudo nem toda a população tem acesso a este tipo de sistema. Também a informação nas paragens se apresenta incompleta ou mesmo inexistente. Recentemente foram disponibilizados alguns painéis informativos, contudo continuam confinados a um número limitado de paragens;

- Locais de venda de títulos de transporte em número reduzido e pouco divulgados. Este aspecto é particularmente relevante em relação aos utilizadores não habituais, designadamente os turistas e utilizadores ocasionais. Trata-se ainda de um aspecto que assume repercussões muito significativas em termos de angariação de novos utilizadores;
- Falta de qualidade/capacidade das paragens. Estas deficiências abrangem quer a falta de iluminação, bancos ou mesmo condições para que os utilizadores possam aguardar em conforto e segurança. A qualidade dos pontos de espera assume reflexos mais uma vez relevantes na angariação de novos utilizadores.

4.4 Propostas de pontos de melhoria

Este ponto centra-se na apresentação de um conjunto limitado de propostas que possam contribuir para o melhoramento do funcionamento do sistema de transportes na cidade de Coimbra. Essas propostas incluem medidas de maior ou menor custo, sendo na sua essência aplicáveis e praticáveis, embora com diferentes horizontes temporais. As propostas assentam na experiência adquirida em diferentes países na aplicação deste tipo de sistemas dando-se particular ênfase ao apoio ao transporte público, numa óptica de obtenção de um sistema de transportes públicos eficiente.

4.4.1 Política estratégica de promoção do transporte colectivo urbano

Como princípio basilar da gestão de qualquer sistema de transportes, importa que as autoridades locais adoptem e sigam uma política coerente de mobilidade sustentável. Tal princípio passa não só por assumir politicamente a prioridade estabelecida aos modos de transporte eficientes, mas complementarmente pela adopção de medidas repressivas em relação à utilização do veículo individual. A experiência internacional demonstra que o princípio “da cenoura e do bastão” assume efeitos bastante perceptíveis na transferência modal, devendo as medidas de apoio aos modos eficientes serem sempre conjugadas e complementadas por medidas repressivas aos modos de transporte a desincentivar. Em Coimbra e, à semelhança de muitas outras áreas urbanas portuguesas, esse princípio é normalmente assumido politicamente embora nem sempre seguido estrategicamente, particularmente em relação à adopção de medidas repressivas, por serem consideradas maioritariamente anti-populares. A experiência internacional, designadamente do norte da Europa, mostra que o sistema de transporte colectivo deve ser considerado como a espinha dorsal de todo o sistema de transportes urbano, devendo no entanto ser devidamente

complementado por outros modos de transporte alternativos e onde o veículo individual também assume um papel relevante.

4.4.2 Medidas de apoio ao transporte colectivo

A promoção do transporte público deve ser transmitida ao cidadão através da implementação de medidas que o façam compreender a importância da utilização do sistema de transportes públicos em espaço urbano. A criação de corredores BUS que salvaguardem uma rede global lógica e eficiente assim como a criação de *by-pass* em locais complexos e sujeitos a demoras, poderia reflectir-se num aumento substancial da sua fiabilidade e eficiência. Também a beneficiação das paragens de autocarro deve ser prevista, particularmente as mais relevantes e que envolvam tempos de espera mais significativos. A criação de espaços multiusos, com a integração de serviços adicionais e de dinamismo comercial revela-se particularmente útil e atractivo aos utilizadores. A Praça da Republica, o Largo da Portagem e o “Bota abaixo” são três potenciais locais de transbordo (entre viagens urbanas, sub-urbanas e regionais) que devem merecer uma análise cuidada a este nível, assegurando condições de espera em conforto e segurança.

Ainda dentro da gama de soluções de baixo custo, identifica-se a atribuição de prioridade ao transporte colectivo nos cruzamentos, designadamente nos semaforizados. Esta solução exige unicamente a incorporação de sensores complementares e de readaptações das temporizações. Numa óptica de soluções com custo mais avultado, a implementação de uma rede de corredores BUS, associada à introdução de sistemas de controlo e gestão integrada de trânsito (UTC) revela-se cada vez mais indispensável à gestão dos tempos de percurso e por sua vez, à garantia da fiabilidade do sistema. À semelhança do adoptado nas cidades de Lisboa e do Porto parece aceitável que, numa primeira fase, o sistema de UTC se limite a zonas mais centrais e críticas da cidade, permitindo minimizar demoras nessas zonas e, por consequência, fomentar a atractividade do transporte colectivo urbano. Este tipo de sistemas, desde que seja salvaguardada a sua natural evolução no tempo, permite aumentar a área de abrangência do sistema, alargando-se a novas zonas críticas que se venham a constituir.

Refira-se complementarmente que o atingir destes objectivos passa naturalmente por integrar o funcionamento do sistema UTC com o centro de controlo do sistema de transportes colectivos, não podendo por isso cada um destes sistemas funcionar independentemente.

4.4.3 Criação de uma autoridade metropolitana de transportes

A inexistência de uma autoridade reguladora no sistema de transportes de Coimbra foi outra das carências identificadas. À imagem do que sucede em Londres, onde a instituição *Transport for London* é responsável pela jurisdição de todo o sistema de transportes, considera-se fundamental a criação de uma entidade similar para a região metropolitana de Coimbra, abrangendo a Figueira da Foz e estendendo-se até Aveiro e Leiria. Só uma autoridade com este tipo de competências poderá assegurar a devida coordenação entre os diferentes modos e operadores de transporte que operam na cidade e região, nos diferentes níveis de gestão, operação e exploração.

A ausência de coordenação entre os diferentes operadores em Coimbra é particularmente espelhada quer na inexistência de um sistema de bilhética comum ou de um sistema de informação partilhado, dificultando a utilização sequencial/integrada de diferentes modos ou operadores. A agravar, são publicamente conhecidas as dificuldades de coordenação entre os dois principais modos a operar no espaço urbano de Coimbra: SMTUC e Metro Mondego. Considera-se ainda essencial que, enquanto esta autoridade não for institucionalmente constituída, a curto e médio prazo, a Câmara Municipal de Coimbra assuma essa função de moderação, na medida em que tem representação institucional directa nestas duas empresas.

4.4.4 Sistemas de informação e bilhética

No que respeita à bilhética, apesar de significativos avanços na implementação de novas tecnologias nesta área por parte dos SMTUC, estando inclusive prevista, a introdução de um novo sistema em 2012, existem alguns aspectos que devem ser no âmbito deste trabalho sublinhados. Urge introduzir um sistema de bilhética integrado e eficiente que promova a simplicidade e a eficácia de processos no sistema de transportes públicos. Os sistemas aplicados em Londres e em Estocolmo, entre outros, definem-se como bons exemplos de sistemas inteligentes aplicados à rede de transportes públicos com sucesso a larga escala. No caso de Coimbra, importa promover a integração entre os SMTUC, Metro Mondego e outros operadores privados que operam em zona urbana. Importa que o bilhete inclua os custos associados à globalidade da viagem, independentemente da existência de transbordo e/ou alteração de operador.

Da mesma forma os sistemas de informação ao passageiro devem ser comuns e integrados. A existência de duas tipologias de sistemas (SMTUC e MM) é de todo improdutiva, sendo fundamental a sua uniformização e fusão. Igualmente relevante é caminhar no sentido de disponibilizar aos utilizadores informações em tempo real, que possam ser consultadas via

internet ou em dispositivo móvel independentemente do seu formato ou sistema operativo. O acesso a essa informação deverá ser gratuito e abranger informações sobre horários, atrasos, localização de paragens, cálculo de rotas, entre outros, relativos aos diversos operadores de transporte da cidade. Só assim o utilizador pode ter acesso fácil à informação, o que lhe possibilitará uma tomada de decisão mais ponderada, sobre a forma de deslocação mais adequada às exigências.

Também a informação nas paragens e dentro dos autocarros se revela essencial às tomadas de decisão. O alargamento dos painéis informativos a todas as paragens urbanas revela-se indispensável. Também a previsão de informação variável no interior dos autocarros, com informação sobre horários, transbordos, serviços, pontos de interesse se revelam essenciais aos utilizadores menos habituais. Particularmente dirigidos aos turistas e utilizadores ocasionais, a previsão de monitores interactivos no interior dos autocarros que disponibilizem informação turística sobre pontos de interesse da cidade se podem revelar particularmente úteis a este tipo de utilizadores, sem que exijam custos avultados.

Outra das deficiências identificadas centrou-se no difícil acesso dos passageiros à aquisição de títulos de transporte. Deste modo, a introdução de máquinas de bilhética automáticas colocadas em locais estratégicos da cidade, tais como Largo da Portagem, Praça da República, Hospitais da Universidade de Coimbra e Solum poderiam atenuar esta carência identificada. Atendendo ao custo associado a este tipo de equipamentos considera-se essencial moderar o número de aplicações particularmente numa fase inicial, prevendo-se o seu alargamento a outras zonas com potencial de procura, ao longo do tempo.

4.4.5 Outras medidas complementares

Os sistemas de mobilidade de *carsharing* e *carpooling*, apesar de se encontrarem, actualmente, em avaliação, se devidamente aplicados, podem trazer grandes benefícios para o sistema global de transportes. O sistema de *carsharing* com a implementação de espaços de estacionamento reservados a este tipo de serviço, localizados em sítios estratégicos, como por exemplo junto de zonas com fácil e rápido acesso a outros modos de transporte, pode efectivamente contribuir para a promoção da intermodalidade. Esta transferência revela-se particularmente útil nas viagens suburbanas, as quais podem ser iniciadas num sistema de *carsharing* e terminadas em transporte colectivo. Para o efeito a sua interligação com o centro de controlo (via GPS) revela-se indispensável designadamente na verificação da disponibilidade de estacionamento. O mesmo tipo de serviços pode e deve ser previsto em relação ao serviço de *bikesharing*.

Também o sistema de *carpooling*, pode resultar em benefícios claros para a cidade. Dada a falta de familiaridade dos portugueses e, em particular dos Conimbricenses, com este tipo de serviços (problemas ligados a receios de segurança pessoal) considera-se relevante introduzir este tipo de serviços em domínios controlados. A título de exemplo, a sua aplicação aos três pólos da Universidade de Coimbra, à semelhança do sistema implementado no campus do Instituto Politécnico de Leiria. Este sistema designado por “GoToCampus2” promove, através de um *site* disponibilizado *online*, a partilha do automóvel entre os utilizadores do *campus* com o mesmo ponto de partida e chegada (gotocampus2.ipleiria@2011). Neste *site* é possível pedir ou oferecer boleias, visualizar o horário dos diversos utilizadores e inclusive procurar membros que residam na mesma zona.

Por fim, importa referir que todas as soluções propostas neste trabalho e outras que com certeza existirão apenas funcionarão se integradas e coordenadas em conjunto, ou seja, a implementação isolada das propostas apresentadas não produzirá efeitos significativos no sistema de transportes de Coimbra.

4.5 Considerações finais

A caracterização efectuada neste capítulo acerca do sistema de transportes da cidade de Coimbra permitiu a identificação de algumas deficiências apresentadas pelo mesmo. No entanto e à luz da experiência obtida além fronteiras, consideram-se como carências passíveis de ser ultrapassadas, designadamente ao longo do tempo. Para que tal aconteça, importa fomentar a coordenação dos sistemas existentes, sua integração e optimização. A qualquer um destes níveis, verifica-se que o recurso aos ITS se revela cada vez mais indispensável e incontornável na salvaguarda da oferta de um sistema global de transportes, atractivo, económico e eficiente.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A realização do presente trabalho permitiu concluir que a introdução de Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) pode contribuir, de forma decisiva, para o desenvolvimento, gestão e optimização de uma nova geração de sistemas de transportes. Uma geração em que a preocupação não se resume apenas no deslocamento entre dois pontos de uma forma estática e individualista, mas sim de um modo em que a segurança, a informação, o impacte ambiental, a intermodalidade e a sustentabilidade se interligam num sistema de tráfego que se pretende cada vez mais integrado e eficiente.

Com base neste princípio, a presente dissertação procurou apresentar e analisar, dentro da vasta área abrangida pelos Sistemas Inteligentes de Transportes alguns sistemas que, pela sua valorização internacional, pudessem funcionar como um estímulo para o aumento do nível de conhecimento sobre esta temática em Portugal. Apesar da aplicação deste tipo de sistemas não ser propriamente recente a nível mundial, pois, essencialmente, em países como os EUA e Japão, bem como em alguns países da Europa Ocidental, a sua implementação e exploração apresentar algumas décadas de existência, em Portugal, a sua aplicação é ainda relativamente recente e reduzida. Neste contexto e numa época de crise económica a nível mundial e neste caso, particularmente, a nível nacional, os ITS poderão vir a revelar-se como elementos fulcrais na gestão, controlo e eficiência do sistema de transportes.

Complementarmente definiu-se como objectivo da presente dissertação a análise cuidada dos processos de implementação de ITS na gestão do espaço urbano de algumas cidades consideradas como referência a este nível (*benchmarking*). Neste contexto concluiu-se que a introdução deste tipo de sistemas contribuiu, decisivamente, para a melhoria dos sistemas de transporte analisados, incrementando de uma forma substancial a taxa de utilização dos transportes públicos, diminuindo o congestionamento de tráfego e, conseqüentemente, os gastos despendidos em energias fósseis. Para o aumento da taxa de utilização do transporte público verificado nas cidades analisadas, muito contribuiu a utilização de sistemas de informação, em tempo real, ao passageiro que permitiu a todo o sistema de transportes, tornar-se muito mais integrado, intermodal e logicamente muito mais prático, eficiente e competitivo. Em síntese, concluiu-se que a aplicação de ITS, no sistema de transportes das cidades de referência, contribuiu de forma decisiva para a promoção de uma mobilidade sustentável.

Por fim, procedeu-se à aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo deste trabalho, no desenvolvimento de um estudo de caso que teve como principal objectivo a análise do sistema de transportes urbanos da cidade de Coimbra. A análise cuidada do seu modo de funcionamento e gestão, permitiu identificar a existência de alguns pontos de melhoria no sistema, que mereceram uma procura e análise cuidada de potenciais soluções no sentido de uma mitigação dos efeitos. Em síntese, foi possível concluir que, apesar das fragilidades anteriormente identificadas, Coimbra poderá vir a beneficiar em grande escala da implementação de ITS na gestão e controlo do seu sistema global de transportes públicos. A sua adopção revela-se mesmo indispensável na gestão/exploração integrada do sistema, a partir do momento em que o Sistema de Mobilidade do Mondego (SMM) entrar em funcionamento. Nessa óptica, concluiu-se que a integração, coordenação e comunicação entre os vários operadores que actuam na cidade deverá passar a curto/médio prazo pela adopção de medidas suportadas em ITS, aumentando assim de forma significativa a atractividade dos transportes em massa e por consequência a taxa de utilização do transporte colectivo. Salienta-se, igualmente, que a transferência modal implícita neste âmbito deve ser estimulada com recurso à aplicação de medidas restritivas, que fomentem o uso de transporte colectivo.

Em suma, acredita-se que os Sistemas Inteligentes de Transportes, se aplicados de forma integrada e sustentável, possuem a capacidade para revolucionar, positivamente, a área dos transportes.

TRABALHOS FUTUROS

Tendo em consideração a diversidade e a abrangência do tema proposto para a elaboração do presente trabalho, são diversas as áreas, sistemas e aplicações que importa analisar de forma detalhada. Deste modo e tendo em conta o desconhecimento que, em grande parte se mantém a nível nacional acerca desta temática e, na mesma medida, dos potenciais benefícios que lhe estão associados, o estudo aprofundado do tema pode revelar-se crucial para que este tipo de sistemas seja considerado, em Portugal, como uma ferramenta fundamental na gestão e controlo de todos os elementos do sistema de transportes.

Importa ainda desenvolver esforços, no sentido de aumentar o conhecimento do tema, não só a nível académico mas também, ao nível da implementação prática de alguns dos sistemas apresentados ao longo do presente trabalho. O sucesso de qualquer proposta deverá assentar na premissa de base, entre outras, de que importa aferir aos hábitos vivenciais das populações residentes, bem como incorporar a sua opinião nos projectos finais. Estas acções devem ser acompanhadas de sessões públicas de informação, onde se evidenciem os objectivos e os

pontos fortes da estratégia de intervenção, sem contudo omitir os riscos e eventuais debilidades das soluções.

Também os trabalhos ligados à monitorização devem ser considerados como acções prioritárias e centrais ao conhecimento efectivo dos efeitos reais das medidas adoptadas. Só a avaliação dos efeitos reais resultantes da sua implementação poderá permitir a divulgação sustentada da informação relativa aos casos de sucesso ou insucesso, bem como a eficácia associada a cada sistema implementado. A realização de inquéritos de satisfação revela-se nesta fase dos trabalhos indispensável na avaliação do desempenho do sistema, assente numa óptica de “antes” e “depois”.

Enfatiza-se a necessidade de se registar também os casos de insucesso, já que são sobretudo estas experiências negativas que, quando devidamente monitorizadas, suscitam reflexão complementar e a procura de soluções ajustadas, servindo assim como estudos de caso particularmente interessantes e enriquecedores para a evolução do conhecimento técnico-científico sobre estas matérias.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accenture. High performance. Delivered (2011). Ticket to the Future: Smart card technology in public transportation. Illinois, USA.
- Binnekade, F., Subramanian, R. (2010). *Intelligent Transport Systems for Smarter Cities*. IBM. USA.
- Carvalho, A. (2010). *Regulação e Concorrência dos Transportes Colectivos Urbanos: A Região Metropolitana de Lisboa*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Chen, K., Miles, J. (2004). *Intelligent Transport Systems Handbook*. 2nd Edition. PIARC
- Deloitte (2007). Plano Estratégico de Coimbra. Câmara Municipal de Coimbra.
- Ezell, S. (2010). *Explaining International IT Application Leadership: Intelligent Transportation Systems*. The Information Technology & Innovation Foundation.
- Fernandes, N. (2008). *Gestão de Tráfego Urbano: Integração GPS/PDA/SIG*. Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Electrotécnica e Telecomunicações da Universidade do Aveiro, Aveiro.
- Figueiredo, L. (2005). *Sistemas Inteligentes de Transportes*. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Universidade do Porto, Porto.
- Figueiredo, L., Jesus, I., Machado, J., Ferreira, J., Carvalho, J. (2001). Towards the Development of Intelligent Transportation Systems, *IEEE - Intelligent Transportation Systems*, California, USA.
- French, R. (1999). The IEEE and ITS. *R&D French Associates, IEEE Intelligent Systems*, pp 75-77.
- Fwa, T. (2008). *Sustainable Urban Transportation Planning and Development – Issues and Challenge for Singapore*. Center for Transportation Research, Department of Civil Engineering, National University of Singapore, Republic of Singapore.
- Grupo Albatroz (2005). *Mobilidade Urbana Sustentável: O impacte das empresas e dos seus trabalhadores*. Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, BCSD Portugal.
- Harvey, S. (2000). *Congestion Charging*. Published as a supplement to H&T, London. UK.
- Hoffman, A. (2008). *Advanced Network Planning for Bus Rapid Transit: The “Quickway” Model as a Modal Alternative to “Light Rail Lite”*. Washington DC, USA.
- Houghton, J., Reiners, J., Lim, C. (2009). *Intelligent Transport: how cities can improve mobility*. IBM. USA.

-
- ICLEI (2011). *Local Governments for Sustainability*. Curitiba, Brasil : A model of transit oriented planning. Germany.
- IMTT (2010). *Manual de Tecnologias de Informação e Comunicação*. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I.P.
- ISO 14813-1:2007. *Intelligent Transport Systems – Reference model architecture(s) for the ITS Sector Parte 1: ITS service domains, service groups and services*.
- Kareem, E., Jantan, A. (2011). *An Intelligent Traffic Light Monitor System using an Adaptive Associative Memory*. International Journal of Information Processing and Management, 2º Volume, Number 2, April.
- Lam, W., Yu, B., Tam, M. (2011). *Bus arrival time prediction at bus stop with multiple routes*. Department of Civil and Structural Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong, PR China.
- Lu, H., (2007). *Network smart card review and analysis*. Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking 51, 2234-2248 Elsevier North-Holland, Inc. New York, NY, USA.
- Markantonakis, K., Mayes, K. (2004). *Smart Card Technology in the Public Transport Industry*. Secure Magazine - The Silicon Trust Report, February, Issue 1/2004, pp 26-29.
- Mc Donald, M., Keller, H., Klijnhout, J., Mauro, V., Kall, R., Spence, A. Hecht, C., Fakler, O. (2006), *Intelligent Transport Systems in Europe – Opportunities for Future Research*. World Scientific Publishing. Singapore.
- Morency, C., Trépanier, M., Pelletier, M. (2009). *Smart card data use in public transit: A literature review*. Transportation Research Part C 19 (2011) 557–568.
- Moyer, S. (1947). Automobile Club of Michigan. *Motor News*, pp. 14-15, 27, March.
- Njord, J., Peters, J., Freitas, M., Warner, B., Allred, K., Bertini, R., Bryant, R., Callan, R., Knopp, M., Knowlton, L., Lopes, C., Warne, T. (2006). *Safety Applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan*. International Technology Scanning Program, Federal Highway Administration.USA.
- Ortiz, M. (2010). *Los Sistemas Inteligentes de Transporte – Su aplicación a los modos terrestre marítimo y aéreo*. Centro de Publicaciones, Secretaria General Técnica, Ministerio del Fomento, España.
- Peirce, R., Curtis, J., Farley, P. (2008). *The Century of the City: No time to lose*. The Rockefeller Foundation.
- Pinto, R. (2010). *Gestão de Ocorrências de Trânsito para o Sector de Transporte Rodoviário de Mercadorias*. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Informática e de Computadores do Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa.
-

-
- Pons, J., Reynés, M. (2004). *Los Sistemas de Transporte y sus Efectos en Movilidad Urbana e Interurbana*. Departament Ciències de la Terra Universitat de les Illes Balears España
- Rezende, M., Frasson, A., Pilatti, L., Macedo, D. (2010). *Transporte público para a copa do mundo de 2014 no Brasil: perspectivas, tendências e o caso de Curitiba*. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção: maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, Brasil.
- Sayeg, P., Charles, P. (2005). *Sustainable Transport: A Soucebook for Policy-makers in Developing Cities Module 4e. Intelligent Transport Systems*. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development. Germany.
- Seco, A. (2006). *Soluções Eficientes de Organização da Mobilidade Urbana*. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
- Schaefer, S., Harrison, C., Lamba, N., Srikanth, V. (2011) *Smarter Cities Series: Understanding the IBM Approach to Traffic Management*. IBM, USA
- Shah, A., Dal, L. (2007). *Intelligent Transportation Systems in Transitional and Developing Countries*. Yeungnam Univ., Gyeongbuk. South Korea.
- Shobhakan , D. (2005). De-Coupling of Urban Mobility Need From Environmental Degradation in Singapore. In *Urban Infrastructure - An Introduction*, The ICFAI University Press, Hyderabad, India.
- Smith, V., Arnold, V., Barry, R., Blakesley, J., Carla-Souza, P., Muriello, M., Murthy, G., Rubstello, P., Thompson, N., Doan, J. (2010). *International Scan: Reducing Congestion & Funding Transportation Using Road Pricing*. American Association of State Higway and Transportation Officials (AASHTO), The Federal Higway Administration (FHWA), National Cooperative Highway Research Program (NHCPR). USA.
- SMTUC (2008). Revista dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra, Especial Natal, Dezembro, Coimbra.
- SMTUC.a (2009). Revista dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra, Dezembro, Coimbra.
- SMTUC.b (2009). Revista dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra, Agosto, Coimbra.
- SMTUC (2011). Revista dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra, Abril, Coimbra.
- Sorg, D. (2011). *Bus rapid transit systems and beyond: Exploring the limits of a popular and rapidly growing urban transport system*. Master thesis in Spatial Development and Infrastructure Systems. Institute for Transport Planning and Systems and Swiss Federal Institute of Technology. Zurich, Switzerland.
-

- Sperling, D., Clausen, E. (2002). *The Developing World's Motorization Challenge*, California, USA.
- Swenson, J., Murphy M., Hough, J. (2002). *Intelligent Transportation Systems: helping public transit support welfare to work initiatives*. North Dakota State University, USA.
- Sussman, J. M. (2002). *Intelligent Vehicle Highway Systems: Challenge for the future*.
- Stüssi, R., Miguel, C. (2007). *Principles of successful high quality public transport operation and development, WP2: National Report Netherlands*. Coimbra, Portugal.
- TfL Group Transport. (2006). *Transport 2025: Transport vision for a growing world city*. London. UK.
- Transport for London (2007). *Traffic Operations in London: Keeping London moving by managing the way people and goods move around the capital's roads*. Published by Communications Services, Surface Transport. Transport for London, London. UK.
- UNDP(2011) – United Nations Development Programme. *Humam Development Report 2011*. New York ,USA.
- Vägverket (2006). *Trial Implementation of a Congestion Tax in Stockholm 4 January – 31 July*. Swedish Road Administration. Borlänge, Sweden.
- Vanderschurem, M. (2003) *The Benefits of Intelligent Transport Systems: Modelling the effects of different ITS systems*. Civil Engineering Faculty of Engineering & the Built Environment, University of Cape Town, South Africa.
- Williams, B. (2008). *Intelligent Transport Systems Standards*. Artech House, Boston, USA.
- Wright, L., Hook, W. (2008). *Manual de BRT: Bus Rapid Transit*. Institute for Transportation & Development Policy, New York, USA e Ministério das Cidades, Brasília, Brasil.

Sites consultados

anacom@2011 - Autoridade Nacional de Comunicações - <http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1099344>. Acedido em Outubro de 2011

aucorsa@2011 - Autobuses de Córdoba S.A.M - <http://www.aucorsa.es/portal/aucorsa/es/informacionTiempos/>. Acedido em Outubro de 2011.

bbc.co.uk@2011 - <http://www.bbc.co.uk/travelnews/london/trafficcameras>. Acedido em Outubro de 2011

cts.cubic@2011 - <http://cts.cubic.com/Customers/UnitedKingdom/CaseStudyLondon/tabid/430/language/en-US/Default.aspx>. Acedido em Novembro de 2011

ec.europa.eu@2011 - http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/esave/esafety_measures_known_safety_effects/alclocks.htm. Acedido em Outubro de 2011

esafetysupport@2011 - http://www.esafetysupport.org/en/learn_about_esafety_systems/videos/index.html#ecall. Acedido em Outubro de 2011

fhwa@2011 - Federal Highway Administration - <http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/96fall/p96au41.cfm>. Acedido em Setembro de 2011

foxbusiness@2011 - <http://www.foxbusiness.com/industries/2011/07/14/traffic-and-how-to-avoid-future-carmagedons/#ixzz1aTu7c8n4>. Acedido em Outubro de 2011

frotcom@2011 - <http://www.frotcom.com/WEBSITE/PT/index.aspx>. Acedido em Outubro de 2011

gotocampus2.ipleiria@2011 - <http://gotocampus2.ipleiria.pt/sobre>. Acedido em Dezembro de 2011

ibm@2011 - International Business Machines. www.ibm.com. Acedido em Setembro de 2011

Intel@2011 - <http://www.intel.com/content/www/us/en/automotive/intelligent-transportation-systems.html>. Acedido em Outubro de 2011

international.stockholm@2011 - <http://international.stockholm.se/Press-andmedia/Stockholm-facts/General-facts-and-numbers/Location-and-infrastructure/>. Acedido em Novembro de 2011

London.gov@2011 - <http://www.london.gov.uk/priorities/business-economy/workingpartnership/transport-london>. Acedido em Novembro de 2011

market.android@2011 - <https://market.android.com/details?id=pt.metromondego&rdid=pt.metromondego&rdot=1>. Acedido em Dezembro de 2011

metromondego@2011 - <http://www.metromondego.pt/Empresa/Sobren%C3%B3s/tabid/195/Default.aspx#>. Acedido em Dezembro de 2011

moviloc@2011 - <http://www.moviloc.com/>. Acedido em Outubro de 2011

onemotoring.a@2011- http://www.onemotoring.com.sg/publish/onemotoring/en/on_the_roads/traffic_management/intelligent_transport_systems/traffic_scan.html#MainPar_0029. Acedido em Dezembro de 2011

onemotoring.b@2011 - http://www.onemotoring.com.sg/publish/onemotoring/en/Ita_e_services/mobile_services_/mytransport_sg.html. Acedido em Dezembro de 2011

prweb@2011 - <http://www.prweb.com/releases/2011/3/prweb8226172.htm>. Acedido em Novembro de 2011

ptnegocios@2011- <http://www.ptnegocios.pt/portal/site/negocios2/menuitem.a3022b2842ccfd0a1cb6f10851056a0/?vgnextoid=01ab5a83f93ca210VgnVCM1000005401650aRCRD&vgnextchannel=c793ca32cd01f210VgnVCM1000005401650aRCRD&vgnextfmt=default8>. Acedido em Outubro de 2011

sigtec@2011 - <http://www.sigtec.com/industry/public-transport>. Acedido em Outubro de 2011

SMTUC@2011 - <http://www.smtuc.pt/avisos/index.php?id=463>. Acedido em Dezembro de 2011

symbiocity@2011 - <http://www.symbiocity.se/en/Cases/Stockholm/>. Acedido em Dezembro de 2011

trafikenu@2011 - <http://www.trafikenu.se/sv/Stockholm/Sidhuvudlankar/Sihuvudlankar/In-english/>. Acedido em Dezembro de 2011

trapezeits@2011 - <http://www.trapezeits.com/solutions-traveler-information.php>. Acedido em Outubro de 2011

tfl.gov@2011 - <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/default.aspx>. Acedido em Novembro de 2011

unfpa@2011 – United Nations Population Fund <http://www.unfpa.org/pds/urbanization.htm>. Acedido em Outubro de 2011

uol@2011 - <http://www2.uol.com.br/JC/sites/transporte/>. Acedido em Dezembro de 2011

vídeos.sapo@2011 - <http://videos.sapo.pt/cjb8NR59B3ySufzY9BcI>. Acedido em Setembro de 2011

youtube.a@2011 - IBM Smarter Transportation: Mexico City -http://www.youtube.com/watch?v=EI_H_s7dg_Y. Acedido em Outubro de 2011

youtube.b@2011 - London Congestion Charging - <http://www.youtube.com/watch?v=Ntd9Fyq6Jj4&feature=related>. Acedido em Novembro de 2011

youtube.c@2011 - <http://www.youtube.com/watch?v=qDQ8EH5HewM>. Acedido em Novembro de 2011

youtube.d@2011 - LTA Singapore: A People-centred Land Transport System - <http://www.youtube.com/watch?v=6HofttbuWhA>. Acedido em Novembro de 2011

youtube.e@2011 - Cities in Focus | Curitiba, Brazil - <http://www.youtube.com/watch?v=B9YJ4xDRIiA>. Acedido em Dezembro de 2011

youtube.f@2011 - BRT - Sistema de Transporte por Ônibus - <http://www.youtube.com/watch?v=RTY6ine6KhE&feature=related>. Acedido em Dezembro de 2011

youtube.g@2011 - BRT - Curitiba - Bus Rapid Transit – Sistema Inteligentes - <http://www.youtube.com/watch?v=zencAwlBHs>. Acedido em Dezembro de 2011