



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

NOVAS SOLUÇÕES NA OPTIMIZAÇÃO
DE ATRAVESSAMENTOS PEDONAIS
REGULADOS POR SINALIZAÇÃO LUMINOSA

JOÃO PEDRO CRUZ DA SILVA



*Dissertação submetida à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra,
como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil,
especialização em Engenharia Urbana*

Maio de 2001

Resumo

Em zonas urbanas os movimentos pedonais têm um peso significativo no total das viagens efectuadas com especial relevância para as menos extensas. As deslocações pedonais não são poluentes e, salvo casos particulares, acarretam ainda benefícios de saúde para os seus praticantes o que torna este modo de transporte sustentável do ponto de vista ambiental devendo, por conseguinte, ser fomentado. O facto ser utilizado como suporte aos modos de transporte colectivos, faz com que a sua qualidade, designadamente no que se refere à sua extensão e demora média do percurso, possa constituir um factor decisivo para o desempenho e aceitação dos modos de transporte colectivos que actualmente se procuram promover.

Face ao exposto, tornar a infra-estrutura pedonal mais segura e atraente, reverte-se numa clara melhoria da qualidade de vida nos centros urbanos quer pelos ganhos que podem ser conseguidos por outros modos de transporte ambientalmente sustentáveis quer pelo aumento da eficiência do sistema de transportes local. Neste contexto, os atravessamentos pedonais constituem para os peões locais determinantes para a qualidade global e segurança de um dado percurso urbano. A falta de metodologias de optimização global, integrando os interesses e necessidades dos veículos motorizados e peões, particularmente adaptadas à hierarquização funcional das vias intersectadas, tem contribuído para esta situação.

O objecto desta tese de mestrado centra-se neste ponto específico da infra-estrutura pedonal estando subordinada ao tema "*Novas Soluções na Optimização de Atravessamentos Pedonais Regulados por Sinalização Luminosa*" tendo como principais objectivos o levantamento do estado da arte neste domínio, a caracterização da situação nacional tal como traduzida nas aplicações reais nas cidades de Coimbra e Porto, a identificação de estratégias de regulação inovadoras e o desenvolvimento de uma metodologia de análise do desempenho das estratégias de regulação previamente apresentadas.

O trabalho iniciou-se com uma análise bibliográfica, relativamente ao estado da arte no tocante a atravessamentos pedonais regulados por sinalização luminosa, tendo sido possível identificar as várias metodologias e parâmetros de dimensionamento propostos bem como diversos dispositivos que melhoram o desempenho dos atravessamentos.

A realidade nacional, tal como traduzida nas cidades de Coimbra e do Porto, foi caracterizada no que se refere a atravessamentos pedonais regulados por sinalização luminosa tendo por base sessões de recolha de dados levadas a cabo nas cidades referidas. Desenvolveu-se, uma metodologia de avaliação do desempenho dos atravessamentos analisados. Foi possível concluir existirem numerosos aspectos que merecem atenção no sentido de se melhorar o serviço prestado aos usuários e assim incrementar os níveis de segurança e a qualidade geral dos atravessamentos.

É exposto um conjunto de estratégias inovadoras de regulação semaforica capazes de utilizar a informação disponibilizada em tempo real por detectores pedonais no sentido de contemplar de um modo mais equilibrado as necessidades dos diferentes utilizadores incrementando a segurança e consequentemente a qualidade do serviço prestado.

Fez-se uma análise das diversas alternativas ao nível da avaliação do desempenho das novas estratégias tendo-se concluído que tal é possível recorrendo a técnicas de simulação. Apresentou-se, uma metodologia da análise que permite avaliar de uma forma estruturada e concisa o desempenho dessas estratégias. Para exemplificar a validade dos novos conceitos são expostos alguns resultados da aplicação da metodologia de análise proposta a uma intersecção típica em T.

ÍNDICE DE TEXTO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ESTADO DA ARTE.....	6
2.1 INTRODUÇÃO	6
2.2 AS PRINCIPAIS METODOLOGIAS RELATIVAS A CONDIÇÕES DE APLICABILIDADE, TEMPOS DE VERDE, VELOCIDADES E TIPOLOGIAS.....	6
2.2.1 <i>Guide to Traffic Engineering Practice: Parts 7, 8 and 13</i>	6
2.2.2 <i>Roads and Traffic in Urban Areas; Local Transport Notes 1/95 e 2/95</i>	8
2.2.2.1 Atravessamentos do tipo "Pelican"	11
2.2.2.2 Atravessamentos do tipo "Puffin"	13
2.2.2.3 Atravessamentos do tipo "Toucan"	15
2.2.3 <i>Manual on Uniform Traffic Control Devices</i>	19
2.2.4 <i>Manual of Traffic Signal Design; Traffic Engineering Handbook</i>	20
2.2.5 <i>Highway Capacity Manual; Capacity Analysis of Pedestrian and Bicycle Facilities: Recommended Procedures for the "Pedestrians" Chapter of the Highway Capacity Manual</i>	21
2.2.6 <i>Enquadramento Legal Português</i>	22
2.2.7 <i>Análise Comparativa da Bibliografia Consultada</i>	23
2.2.7.1 Aplicabilidade de Soluções SemafORIZADAS em Atravessamentos Pedonais.....	23
2.2.7.2 Tipologia das Soluções.....	25
2.2.7.3 Gama de Valores Utilizados no Cálculo das Temporizações	27
2.3 NOVAS TÉCNICAS NO AUMENTO DE SEGURANÇA DOS ATRAVESSAMENTOS	27
2.3.1 <i>Diminuição do Comprimento de Atravessamento</i>	27
2.3.2 <i>Iluminação Incorporada no Pavimento</i>	30
2.3.3 <i>Botoneiras Iluminadas</i>	32
2.3.4 <i>Painéis de Contagem Regressiva</i>	34
2.3.5 <i>Painéis com "Olhos Animados"</i>	35
2.3.6 <i>Detecção Pedonal</i>	36
3. AS TRAVESSIAS PEDONAIS SEMAFORIZADAS CORRENTES EM PORTUGAL - OS CASOS DE COIMBRA E DO PORTO	42
3.1 INTRODUÇÃO	42
3.2 RECOLHA DE DADOS	42
3.2.1 <i>Enquadramento</i>	42
3.2.2 <i>Aspectos Físicos</i>	46
3.2.3 <i>Equipamento Auxiliar</i>	46
3.2.4 <i>Características Operacionais</i>	47
3.2.5 <i>Exemplo Tipo</i>	49
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	52
3.3.1 <i>Tipo de Travessia</i>	52
3.3.2 <i>Caracterização Física</i>	52
3.3.2.1 Pavimento dos Passeios.....	52
3.3.2.1 Pavimento na faixa de rodagem	52
3.3.2.2 Demarcação da Travessia	53
3.3.2.3 Rebaixamento de Lancis.....	54
3.3.2.4 Comprimento da Travessia.....	55
3.3.3 <i>Caracterização do Equipamento Existente</i>	57
3.3.3.1 Botoncira.....	57
3.3.3.2 Sinal Sonoro	58
3.3.4 <i>Caracterização Operacional</i>	59
3.3.4.1 Fluxo pedonal	59
3.3.4.2 Tipo de Oposição ao Atravessamento.....	60
3.3.4.3 Tempo de Espera Máximo.....	61
3.3.4.4 Velocidade Mínima.....	64
3.3.4.5 Velocidade de Segurança.....	67
3.4 AVALIAÇÃO DO ESTADO DA ARTE EM PORTUGAL TAL COMO TRADUZIDO EM COIMBRA E NO PORTO ...	69
3.4.1 <i>Resumo das Características Analisadas</i>	69

3.4.2	<i>Classificação das Travessias</i>	71
4.	NOVAS ESTRATÉGIAS DE REGULAÇÃO QUE UTILIZEM INFORMAÇÃO OBTIDA EM TEMPO REAL SOBRE A PROCURA PEDONAL	76
4.1	INTRODUÇÃO	76
4.2	NOVAS ESTRATÉGIAS DE REGULAÇÃO SEMAFÓRICA.....	77
4.3	EXEMPLO DA APLICABILIDADE POTENCIAL DAS NOVAS ESTRATÉGIAS DE REGULAÇÃO	79
5.	TESTE DE NOVAS SOLUÇÕES DE REGULAÇÃO DE ATRAVESSAMENTOS PEDONAIS	83
5.1	INTRODUÇÃO	83
5.2	OS MODELOS TRADICIONAIS DE DIMENSIONAMENTO	83
5.3	O PROGRAMA DE SIMULAÇÃO “PEDSIM”	85
5.3.1	<i>Introdução</i>	85
5.3.2	<i>Princípios Básicos do Modelo</i>	86
5.3.3	<i>Elementos de Modelação</i>	87
5.3.4	<i>A Rede Pedonal</i>	88
5.3.5	<i>Movimentos Pedonais</i>	89
5.3.6	<i>Temporização Semafórica</i>	90
5.3.7	<i>Resultados da Simulação</i>	92
5.3.8	<i>Aplicabilidade do Programa “PEDSIM”</i>	93
5.4	PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO E TESTE DE NOVAS ESTRATÉGIAS	95
5.4.1	<i>Metodologia de Análise Proposta</i>	95
5.4.2	<i>Seleção das Intersecções</i>	96
5.4.3	<i>Cenários de Análise e Planos de Regulação Iniciais</i>	96
5.4.4	<i>Estratégias a Testar e Readaptação do Plano de Regulação</i>	96
5.4.5	<i>Análise dos Resultados e Conclusões</i>	97
5.5	ANÁLISE DE UMA INTERSECÇÃO TÍPICA EM T	99
5.5.1	<i>Caracterização Geométrica da Intersecção</i>	99
5.5.2	<i>Plano de Regulação Semafórica Tradicional</i>	99
5.5.3	<i>Níveis de Procura</i>	100
5.5.4	<i>Estratégias de Regulação Semafórica Analisadas</i>	102
5.6	CONCLUSÕES	114
6.	CONCLUSÕES	116
7.	REFERÊNCIAS	119
8.	ANEXO	122
8.1	RECOLHA DE DADOS EFECTUADA EM COIMBRA.....	122
8.2	RECOLHA DE DADOS EFECTUADA NO PORTO.....	147

7. Referências

Akçelik, R., 1993 – *Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis ARR 123* – Australian Road Research Board Ltd, Victoria.

AustRoads, 1993 – *Guide to Traffic Engineering Practice; Part 7, Traffic Signals* – AustRoads, Sydney.

AustRoads, 1988 – *Guide to Traffic Engineering Practice; Part 8, Traffic Control Devices* – AustRoads, Sydney.

AustRoads, 1995 – *Guide to Traffic Engineering Practice; Part 13, Pedestrians* – AustRoads, Sydney.

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

Drive II Project V2005, 1995 – *Vulnerable Road Traffic Observation and Optimisation (VRU-TOO) Final Report* – Institute for Transport Studies, University of Leeds.

FHWA, 2000 – *Manual on Uniform Traffic Control Device, Millennium Edition* – Federal Highway Administration, McLean VA.

Godfrey, D.; Mazzella, T., 1999 – *Kirkland's Experience with In-Pavement Flashing Lights at Crosswalks* – ITE/IMSA Annual Meeting, February 8, 1999, Lynnwood WA.

HMSO, 1987 – *Roads and Traffic in Urban Areas* – Her Majesty's Stationery Office, London.

HMSO, 1995 – *The Assessment of Pedestrian Crossings*, Local Transport Note 1/95, – Her Majesty's Stationery Office, London.

HMSO, 1995 – *The Design of Pedestrian Crossings*, Local Transport Note 2/95, – Her Majesty's Stationery Office, London.

Hummel, T., 1999 – *Dutch Pedestrian Safety Research Review* – Federal Highway Administration, McLean VA.

Institute of Transportation Engineers, 1991 – *Manual of Traffic Signal Design*, Second Edition – Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ.

Institute of Transportation Engineers, 1992 – *Traffic Engineering Handbook*, Fourth Edition – Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ.

Liu, Ronghui, 1994 – *DRACULA Microscopic Traffic Simulation. ITS Working Paper 431*, –Institute for Transport Studies, University of Leeds.

Liu, Ronghui, 1998 – *Microscopic Simulation of Pedestrian Movements at a Signalised Intersection and Pedestrian Responsive Signal Controls* – Institute of Transport Studies, University of Leeds.

Ministério da Administração Interna, 1994 – *Portaria n.º 46-A/94* – Diário da República de 17 de Janeiro de 1994, I Série-B.

Ministério da Solidariedade e Segurança Social, 1997 – *Decreto-Lei n.º 123/97, Anexo I Normas Técnicas para Melhoria da Acessibilidade dos Cidadãos com Mobilidade Condicionada aos Edifícios, Estabelecimentos que recebem Público e Via Pública* – Diário da República de 22 de Maio de 1997, I Série-A.

ODOT, 1995 – *Oregon Bicycle and Pedestrian Plan* – Oregon Department of Transportation, Salem OR.

Pires da Costa, A. H., 1987 – *Cruzamentos Regulados por Sinais Luminosos* – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

Pires da Costa, A. H.; Seco, A.J.M.; Vasconcelos, A.L.P.; Dias, M.P., 1998 – ***Regras para Instalação de Detectores Pedonais*** – Projecto: “Comodidade e Segurança em Atravessamentos Pedonais: Passadeira Inteligentes”, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

Rouphail, N. et al., 1998 – ***Capacity Analysis Of Pedestrian And Bicycle Facilities: Recommended Procedures for the "Pedestrians" Chapter of the Highway Capacity Manual*** – Federal Highway Administration, McLean VA.

Ryley, T; Halliday, M; Emmerson, P, 1998 – ***Toucan Crossings: Trials of Nearside Equipment TRL Report 331*** – Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.

Seco, A.J.M.; Pires da Costa, A. H.; Dias, M.P., 1996 – ***Técnicas de Detecção de Peões*** – Projecto: “Comodidade e Segurança em Atravessamentos Pedonais: Passadeira Inteligentes”., Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

Seco, A.J.M et al., 1998 – ***New Strategies For Traffic Signal Control of Pedestrian Crossings: The Advantages of Pedestrian Real Time Automatic Detection*** – 8TH World Conference on Transport Research, Antwerp Belgium 1998.

Silva, J.P.C.; Seco, A.J.M.; Pires da Costa, A. H, 1999 – ***Estratégias de Regulação*** – Projecto: “Comodidade e Segurança em Atravessamentos Pedonais: Passadeira Inteligentes”., Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

TRB, 1994 – ***Highway Capacity Manual Special Report 209*** – Transportation Research Board, Washington D.C.

Webster, F.V.; Cobbe, B.M., 1966 – ***Traffic Signals*** – Her Majesty's Stationery Office, London.

WSDOT, 1997 – ***Pedestrian Facilities Guidebook*** – Washington State Department of Transport, Olympia, WA.