



A infraestrutura de mobilidade ativa – avaliação de um revestimento superficial

Inês Catarina Roque Vilela

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientador: Prof. Doutor José Manuel Coelho das Neves

Júri

Presidente: Prof. Doutor João Torres de Quinhones Levy

Orientador: Prof. Doutor José Manuel Coelho das Neves

Vogal: Prof. Doutor Luís Guilherme de Picado Santos

Julho 2016

AGRADECIMENTOS

Este trabalho, apesar de individual, contou com a colaboração atenta e essencial de inúmeras pessoas às quais sinto obrigação de agradecer.

Dado isto, agradeço:

Em primeiro lugar, ao meu orientador, Professor Doutor José Neves, por ter sido a pessoa que despoletou o meu gosto pelos pavimentos enquanto meu professor na disciplina de Vias de Comunicação e, por isso mesmo, a minha escolha óbvia para orientação desta dissertação. Muito obrigada por todas as sugestões, pela energia e pela partilha de conhecimento.

Ao Professor Filipe Moura por me ter despertado o gosto pela mobilidade, em principal pela mobilidade ativa que serve de temática à minha dissertação, e por todas as dicas ao longo da disciplina de Engenharia de Tráfego Rodoviário.

De um modo geral, a todos os professores com quem tive o prazer de aprender durante estes anos e em particular a todos os do perfil de Urbanismo, Transportes e Sistemas.

Não menos importante, ao João Crucho e ao Rui Garcia pela ajuda em laboratório, pelo à-vontade com os equipamentos e pelo auxílio na procura de bibliografia.

No que toca às colaborações, à Engenheira Teresa Carvalho pela disponibilidade que mostrou em nome da CEPESA no meu trabalho através da cedência dos materiais e demonstrações de aplicação dos produtos CEPESA e pelo interesse nos resultados obtidos nesta dissertação.

E ainda ao Arq. João Castro, Eng. Ana Teixeira e Eng. Manuela Reis Piçarra da Câmara Municipal de Lisboa por toda a informação e interesse nesta temática.

Como não só de conhecimento científico se fez este percurso, resta-me ainda agradecer:

Aos meus pais, por nunca me faltarem com carinho, com dedicação, com paciência, com a sabedoria e com as palavras certas.

Aos meus avós, pelo exemplo de força e perseverança numa vida difícil de trabalho.

Aos meus padrinhos pela ajuda toda que me deram nos primeiros tempos que foram tão difíceis.

À minha prima Joana, por ser quem eu preciso mesmo quando não sei o que preciso.

À minha irmã pelo humor mordaz e pela inteligência em todas as intervenções que faz. Sou, graças a ti, irmã da melhor irmã do mundo!

Ao Hugo, meu amor e meu melhor amigo, por estar sempre presente e muitas vezes me ajudar a “desenralhar” quando os obstáculos no caminho parecem impossíveis de contornar.

Aos meus amigos, que felizmente são tantos e feitos nesta instituição. Em especial à Serralheiro, minha homónima e “grande” amiga; ao David pela partilha de ambições; ao Afonso, à Cristina, à Daniela, à Sara, à Ana Bento e à Lúcia por terem tornado tantas aulas mais agradáveis; à Filipa e ao José pela companhia, motivação, bondade e carinho; e a todos os outros que não menciono mas de quem nunca me esqueço.

A todos, o meu grande bem-haja.

RESUMO

A mobilidade advém da necessidade de um indivíduo se movimentar entre dois locais e denomina-se de ativa quando a deslocação que lhe está associada é feita com recurso a equipamentos não motorizados ou simplesmente com recurso a marcha a pé.

Com efeito, é necessário olhar para as infraestruturas de mobilidade ativa da mesma forma como se olha para as restantes infraestruturas: estas também devem fornecer aos seus utilizadores segurança que se obtém pela procura de materiais que possuam, entre outros aspetos, características de rugosidade, atrito, acabamento superficial e estética.

Este trabalho teve como objetivo conhecer as infraestruturas de mobilidade ativa, assim como compreender o comportamento e evolução das características de superfície de um revestimento de pista ciclável.

A metodologia compreendeu a recolha da informação relativa à temática, a observação das patologias de superfície conhecidas nas infraestruturas de mobilidade ativa e a criação de um modelo de comportamento simples que simulasse o aparecimento e evolução das patologias num revestimento de uma pista ciclável.

Da análise dos resultados, observou-se que a resposta do revestimento é influenciada não só pelo estado do suporte como também pelas condições de aplicação da argamassa de revestimento.

Em conclusão, observou-se que a variabilidade de procedimentos associada à obra da infraestrutura é a principal causa da má resposta da infraestrutura quando colocada em serviço onde a rápida evolução das degradações obrigam muitas vezes ao acionamento das garantias por parte dos donos de obra.

PALAVRAS CHAVE: mobilidade ativa, mobilidade suave, pistas cicláveis, revestimentos superficiais, características de superfície, infraestrutura

ABSTRACT

Mobility is related with the need of someone to move between to places and is named by active when the drive is done with non-motorized equipment or just by a walk.

Due to this new reality, is necessary to look to active mobility infrastructures and reach the same requirements of safety and security that are taken in consideration in other infrastructures such as the roads and the pavements. It's necessary to obtain infrastructures and materials with characteristics of slip and skid resistance, macrotexture, surface look and aesthetics.

This work had the objective of knowing the infrastructures related with the specificity of mobility and understand the behaviour and evolution of surface characteristics in a cycle path.

The method comprised, in its first stage, the collection of information pertaining the subject, both on a geometrical and materialistic level, the observation of surface conditions known in active mobility infrastructures and the creation of a simple behavior model that simulates the appearance and development of pathologies in a cycle path covering.

From analyzing the results, it is observed that the pavements response is influenced not only by the condition of the support but also by the number of coatings and use of different applying conditions.

Presently, we observe that the variability of procedures associated to the infrastructure work is the main cause to insufficient responses from the infrastructure.

KEY WORDS: active mobility, soft mobility, cycle paths, surface coverings, surface characteristics, pavement, infrastructure

ÍNDICE

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Objetivos e Metodologia	2
1.3	Estrutura do trabalho	3
2	Mobilidade Ativa	5
2.1	Temáticas	5
2.1.1	Mobilidade Ativa	5
2.1.2	Mobilidade Sustentável	5
2.1.3	Mobilidade Acessível.....	7
2.1.4	Walkability	8
2.1.5	Bikeability	8
2.1.6	Acalmia de Tráfego	8
2.2	A importância da mobilidade ativa na Europa.....	9
2.3	A importância da mobilidade ativa em Portugal.....	10
2.4	Modo Pedonal	11
2.4.1	O peão.....	11
2.4.2	A Infraestrutura Pedonal.....	12
2.4.3	Zonas de Atravessamento pedonal.....	14
2.4.4	Zonas de Interação entre peões e de estacionamento automóvel	15
2.5	Modo Ciclável	16
2.5.1	O ciclista	17
2.5.2	A Infraestrutura Ciclável	18
2.5.3	Zona de Atravessamento Ciclável.....	20
2.6	Considerações Finais.....	22
3	Infraestruturas de Mobilidade Ativa.....	23
3.1	Generalidades	23
3.2	Conceção de Geometria	23
3.3	Soluções de Pavimentação.....	26
3.4	Revestimentos de Pistas Cicláveis	30
3.5	Patologias.....	32
3.6	Considerações Finais.....	33
4	Estudo Experimental de Solução de Pavimentação para Pistas Cicláveis.....	35
4.1	Considerações iniciais.....	35
4.2	Materiais	35
4.2.1	Material de revestimento	35
4.2.2	Material de suporte.....	36
4.3	Procedimentos.....	36
4.4	Apresentação dos Resultados	41
5	Validação do estudo experimental	47
5.1	Considerações iniciais.....	47

5.2	Localização dos Pontos ensaiados	47
5.3	Procedimentos.....	48
5.4	Apresentação dos Resultados	48
6	Conclusões gerais e trabalhos futuros	57
6.1	Síntese de Conclusões	57
6.2	Trabalhos futuros.....	58
	Referências Bibliográficas.....	61
	Anexos.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Consumo de Energia por setor em Portugal (IMTT, 2011)	6
Figura 2.2- Via em ambiente urbano com tráfego elevado (CCDRN, 2008)	13
Figura 2.3- Via em ambiente urbano com tráfego moderado (CCDRN, 2008).....	13
Figura 2.4- Atravessamento pedonal (IMTT, 2011b)	14
Figura 2.5 - Zona de atravessamento em passeios novos (CML, 2015)	15
Figura 2.6- Zona de atravessamento em passeios estreitos com sobrelevação (CML, 2015)	15
Figura 2.7- Rua dos Lusíadas em Alcântara.....	15
Figura 2.8- Travessa da Tapada em Alcântara.....	15
Figura 2.9- Recorte no passeio para estacionamento. Espaço de circulação - a amarelo - mantém-se. (CML, 2015).....	16
Figura 2.10- Adaptação do lancil à passagem automóvel. Espaço de circulação mantém-se sem perturbações (CML, 2015)	16
Figura 2.11- Hora de ponta em Changai na década de 1980 (Bikeshare, 2015)	16
Figura 2.12- Comparação dos tempos de deslocação de diferentes meios de transporte em ambiente urbano (IMTT, 2011c).....	17
Figura 2.13- Envelope dinâmico (IMTT, 2011c).....	18
Figura 2.14- Situação de atravessamento com prioridade dada aos ciclistas (Adaptado IMTT, 2011c)	21
Figura 2.15- Rebaixamento de lancil e passeio na interface com a passadeira (CML, 2014)	21
Figura 2.16- Zona de atravessamento de uma pista ciclável (CML,2014)	21
Figura 2.17. Chapas metálicas identificativas de pista ciclável	22
Figura 3.1- Largura útil e bruta de um passeio (Adaptado IMTT, 2011b).....	24
Figura 3.2- Dimensões recomendáveis para declives (Adaptado IMTT, 2011b).....	24
Figura 3.3- Critérios de escolha da tipologia de percurso ciclável (Adaptado CERTU, 2005)	25
Figura 3.4- Calçada Portuguesa	28
Figura 3.5- Blocos de Granito	28
Figura 3.6- Blocos de Cimento.....	28
Figura 3.7- Lajeado	28
Figura 3.8- Material de origem betuminosa utilizado na ciclovia das Olaias (Foto cedida pela CML, 2015)	29
Figura 3.9- Construção de percurso ciclável na Quinta das Conchas com material hidráulico (Foto cedida pela CML, 2015)	29
Figura 3.10- Aumento da vida útil de um pavimento com a aplicação de revestimentos superficiais (Nicholls, 1998).....	31
Figura 3.11- Deformações permanentes	32
Figura 3.12- Polimento dos materiais	32
Figura 3.13- Irregularidade da superfície e aparecimento de vegetação	32
Figura 3.14- Desagregação de blocos devido às raízes dos elementos arbóreos.....	32
Figura 3.15- Degradação devido à queda de água num local concentrado	33
Figura 3.16- Irregularidade de materiais	33
Figura 3.17- Desagregação do revestimento	33
Figura 3.18- Pista ciclável com peladas no revestimento	33
Figura 3.19- Má prática construtiva.....	33
Figura 3.20- Câmara de visita	33
Figura 4.1 Aplicação do produto de revestimento.....	36
Figura 4.2- Proteção de cada parcela para aplicação das condições definidas.....	37
Figura 4.3- Aspeto após colocação do revestimento, ainda húmido	37
Figura 4.4- Aspeto da laje após secagem do revestimento	37
Figura 4.5- Primário antes da secagem	37
Figura 4.6- Ensaio de resistência ao desgaste por rolamento.....	38
Figura 4.7- Aspeto do revestimento superficial após ensaio de resistência ao desgaste por rolamento	38
Figura 4.8- Materiais utilizados no Ensaio da Mancha	39
Figura 4.9- Pêndulo Britânico.....	40
Figura 4.10- Escala de medição e ponteiro	40
Figura 4.11- Borracha de Pêndulo calibrada	40

Figura 4.12- Borracha curta para Pêndulo Britânico.....	40
Figura 4.13 – Lajes após 10.000 ciclos de ensaio	42
Figura 4.14- Ensaio da mancha numa das lajes.....	42
Figura 4.15- Valores obtidos nas lajes para a Técnica Volumétrica da Mancha	43
Figura 4.16- MTD médio de cada laje	43
Figura 4.17- Ensaios do Pêndulo Britânico nas lajes.....	44
Figura 4.18- Valores Finais de BPN no Ensaio do Pêndulo Britânico	45
Figura 5.1- Ciclovia A	48
Figura 5.2- Ciclovia B	48
Figura 5.3- Ciclovia C	48
Figura 5.4- Ciclovia D.....	48
Figura 5.5- Tonalidade do revestimento A1	49
Figura 5.6- Tonalidade do revestimento A2	49
Figura 5.7- Pegada em A1	49
Figura 5.8- Pelada e manchas no revestimento em A1	49
Figura 5.9- Desagregação superficial em A1	50
Figura 5.10- Zona mais avermelhada na proximidade ao elemento arbóreo em A2.....	50
Figura 5.11- Zona mais degradada junto ao lancil em A2	50
Figura 5.12- Marca do rodo em A2	50
Figura 5.13- Comprimento das peladas.....	51
Figura 5.14- Desagregação do revestimento	51
Figura 5.15- Porção desagregada	51
Figura 5.16- Piso já sem revestimento.....	51
Figura 5.17 – Patologias do pavimento.....	52
Figura 5.18- Aparência do revestimento da ciclovia	52
Figura 5.19- Pormenor da superfície	52
Figura 5.20- Valores obtidos no Ensaio da Mancha	53
Figura 5.21- MTD médio de cada ciclovia.....	53
Figura 5.22- Resultados obtidos no ensaio do Pêndulo Britânico	54

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1-Eficiência energética por modo de transporte (IMTT, 2011)	6
Quadro 4.1 - Condições ensaiadas.....	37
Quadro 4.2- Valor de K e BLR	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

A mobilidade é algo que advém da necessidade de um indivíduo se movimentar entre dois locais e ocorre sem que se esteja conscientemente a cogitar sobre ela. Aliás, a maioria das pessoas acaba por só reparar no conceito quando a possibilidade de se deslocar está de alguma forma obstruída ou fora das circunstâncias a que está habituado.

Uma viagem de um português comum, seja para o trabalho, a escola, um equipamento de saúde ou estabelecimento comercial, implica quase sempre fazer uso de um transporte, seja ele o transporte individual ou um transporte público (comboio, metropolitano, elétrico, autocarro ou táxi), mesmo que o percurso em questão pudesse ser feito através de caminhada ou com uso de bicicleta.

Por ser algo que se faz de forma tão espontânea e intrínseca, caminhar é uma atividade na qual a preocupação com a adequada infraestrutura é relativamente recente. Até porque, em termos culturais, a população se habituou a que o seu espaço para circular na via fosse reduzido, a qualidade nem sempre a melhor e que, até não raras vezes, o seu espaço estivesse obstruído por veículos estacionados e que o indivíduo fosse obrigado a circular contornando-os.

No entanto, como nem tudo é mau quando o paradigma se altera, a necessidade económica, ambiental e salutar de promover formas ativas de mobilidade levou a que muitos municípios em Portugal e além-fronteiras começassem a promover infraestruturas para este tipo de mobilidade não motorizada (Rybarczyk, 2014). Olhando para o município de Lisboa, tem-se assistido à implementação de um Plano Diretor Municipal (PDML, 2012) em que é dado grande enfoque aos *Percursos e Corredores*, os quais dão primazia à mobilidade ativa e onde é criada uma rede de caminhos interligados para as deslocações feitas sem recursos motorizados.

Com efeito, neste documento que faz o planeamento municipal de forma a que a cidade se desenvolva corretamente (não no sentido de expansão geográfica mas sobretudo no sentido de consolidação do espaço e de maior organização e estruturação deste), a importância dada à mobilidade ativa é digna de relevo. Dos sete objetivos traçados como finalidades do PDML, dois deles apostam na qualificação do espaço público e na promoção da mobilidade sustentável. Enquanto que no primeiro objetivo se identifica a necessidade de escolher “pavimentos que garantam acessibilidade, conforto e segurança a todos” (PDML, 2012), no segundo pretende-se o aumento da rede de ciclovias e a qualificação da infraestrutura para o tráfego pedonal. Em termos práticos, existe a necessidade de acolher peões e ciclistas numa infraestrutura integrada que lhes permita deslocarem-se de forma segura, nas várias vertentes que o termo pode adquirir. Essa segurança pode, desta forma, referir-se à qualidade do pavimento que deve apresentar-se regular e sem patologias evidentes que coloquem o utilizador perante uma situação de queda ou de lesão, à segurança contra terceiros onde se pretende a diminuição considerável de conflitos com o tráfego automóvel e, não menos importante, ao conforto que se consegue com a existência de faixas de larguras cómodas, com pavimentos que possuam características adequadas e com sinalização apropriada.

Há ainda uma outra vertente que não se pode deixar de considerar e que passa pela necessidade de construir uma rede que tenha aplicabilidade. Isto é, a preocupação que neste trabalho vai estar muito mais centrada na infraestrutura e no pavimento e revestimento da mesma, não se esgota nestes tópicos e deve abranger também a necessidade de criar uma rede funcional e extensa na qual seja possível traduzir um sem número de matrizes de origem e destino que facilite a vida diária daqueles que se consideram os utilizadores por excelência da mesma. Com isto, apesar do enfoque ser dado separadamente à infraestrutura pedonal e ciclável, não pode ignorar-se a possibilidade de cada percurso poder ser realizado através da conexão entre mais do que um meio e/ou modo de transporte, isto é, não pode ser ignorada a intermodalidade (IMTT, 2011).

Assim, este trabalho começa com a análise de soluções de infraestruturas ativas existentes, sendo elas pedonais ou cicláveis e apresenta-as do ponto de vista geométrico e material – avaliando e comparando não só as novas opções do mercado como as soluções mais tradicionais. Com efeito, olhando às infraestruturas cicláveis, têm-se vindo a trocar acusações de más práticas entre donos de obra, empreiteiros e fornecedores dos revestimentos superficiais, culpando-se cada uma destas entidades pelo mau desempenho da infraestrutura.

Esta dissertação pretende, deste modo, iniciar o estudo das soluções comerciais existentes ao nível das infraestruturas cicláveis, compreender o comportamento destas em serviço e dar o mote para que, no futuro, se possa chegar à solução otimizada quer do ponto de vista científico quer económico dado que atualmente se verifica a ineficiência da maioria das infraestruturas e uma forte lacuna na investigação e procura de resoluções, motivo que viabiliza e justifica o trabalho desta dissertação.

Olhando agora para aquela que se considera ser a correta terminologia a utilizar, explicita-se desde já que foi tida em atenção a ambiguidade entre os termos mobilidade suave, ativa e não motorizada. Após alguma ponderação, que resultou também do facto de na literatura internacional não ser tão comum o termo “mobilidade suave” e de “mobilidade ativa” ser referido não só em publicações de transportes como também de medicina, considerou-se que o primeiro termo não deveria ser utilizado para fazer referência a este tipo de mobilidade. Embora “suave” esteja relacionado com o facto de a mobilidade não motorizada ser menos ruidosa e agressiva para a infraestrutura do que a motorizada, considera-se mais correto denominá-la por “mobilidade ativa” visto que caminhar, andar de bicicleta e, entre outras ações, correr, implica ação e dispêndio de energia por parte do indivíduo. Assim, durante o trabalho que aqui se apresenta, serão utilizados de forma indistinta os termos de mobilidade ativa e não motorizada e, tal como justificado anteriormente, será evitado o termo mobilidade suave – por muito que na sua génese o mesmo faça todo o sentido.

1.2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

O objetivo principal deste trabalho é apresentar e descrever as principais soluções de infraestruturas de mobilidade ativa – soluções geométricas e de pavimentação – de forma a ser possível ter uma melhor adequação das características da infraestrutura às especificidades de cada local. Para tal, foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários:

1. Estudar soluções das infraestruturas de mobilidade ativa, em geral.
2. Analisar soluções de infraestruturas de mobilidade ciclável, em particular.
3. Estudar com maior pormenor soluções de pavimentação baseadas em revestimentos superficiais.
4. Estabelecer e validar um modelo físico simples, em laboratório, de análise do desempenho de soluções de revestimento superficial.

Na abordagem a seguir para atingir estes objetivos, teve-se em conta as seguintes orientações:

- A influência das características geométricas na segurança dos utilizadores da infraestrutura.
- As consequências das diferentes condições de utilização da infraestrutura no desempenho do revestimento (aparecimento e evolução de patologias).
- As consequências das condições de aplicação do revestimento no desempenho do revestimento (aparecimento e evolução de patologias).
- A adequabilidade do revestimento ao contexto da sua utilização.

A metodologia seguida nesta dissertação baseou-se sobretudo em trabalho experimental de laboratório com o propósito de se estabelecer um modelo físico de ensaio acelerado de avaliação da resistência ao desgaste do revestimento superficial de ciclovias.

Começou-se por fazer uma revisão bibliográfica para um melhor conhecimento dos aspetos geométricos associados à construção de soluções de mobilidade ativa no sentido de analisar criticamente as soluções já existentes. Pretendeu-se ainda compreender melhor a influência que o estado da superfície que suporta a infraestrutura tem no tempo de vida útil desta, não esquecendo o modo como evoluem as degradações decorrentes da utilização, se em questão estiverem diferentes formas de aplicação.

Posteriormente, desenvolveu-se um trabalho experimental em laboratório para estudar o desempenho de revestimentos superficiais. Este estudo laboratorial foi validado com a análise de ciclovias de Lisboa e Cascais para um determinado tipo de revestimento comercial bastante utilizado na prática.

Constatou-se que os ensaios e demais procedimentos laboratoriais já existentes estão estabelecidos para materiais – misturas betuminosas – que não se enquadram diretamente nas especificidades dos pavimentos das ciclovias, nomeadamente das características do tráfego e das características dos materiais (revestimentos superficiais).

O trabalho experimental desta dissertação foi baseado no ensaio de pista “Wheel-Tracking” (EN 12697-22) utilizado para estudar a deformação permanente de misturas betuminosas. Com uma adaptação do procedimento de ensaio, pretendeu-se estabelecer um modelo de laboratório para estudo acelerado da resistência ao desgaste por rolamento de revestimentos superficiais de ciclovias. Este modelo experimental de laboratório foi validado com a inspeção visual das condições de superfície do revestimento e ensaio de pistas cicláveis de Lisboa e Cascais nas quais o material de revestimento aplicado foi o mesmo que o utilizado em laboratório. Como indicadores quantificáveis do desempenho das características de superfície ao longo do ensaio e na validação com os casos de estudo, selecionou-se os seguintes parâmetros: profundidade de textura medida através da técnica volumétrica da mancha (EN 13036-1); resistência ao deslizamento através do ensaio do pêndulo britânico (EN13036-4).

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação está estruturada em 6 capítulos, sendo que o presente capítulo apresenta o enquadramento, motivação e justificação do trabalho desenvolvido, os objetivos e metodologia assim como a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 é feita a revisão bibliográfica do tema, através da breve análise de documentos de referência a nível europeu e português assim como das práticas realizadas no âmbito da mobilidade ativa – quer pedonal quer ciclável.

No capítulo 3 são apresentadas soluções de mobilidade ativa onde se analisam os aspetos geométricos das mesmas. Depois disso são distinguidas as soluções existentes e mais aprofundadas as soluções de revestimento de mobilidade ciclável. Finalmente são ainda apresentadas as degradações observadas nas infraestruturas de mobilidade ativa.

No capítulo 4 desenvolve-se o estudo experimental relacionado com o estabelecimento de um modelo físico para estudo em laboratório do desempenho de um produto de revestimento de ciclovias. Foi analisado não só o efeito na durabilidade de uma solução para um número variável de aplicações do produto mas também a influência de diferentes condições da superfície subjacente: estado de limpeza e de humidade.

No capítulo 5 são validados os resultados obtidos no modelo experimental apresentado no capítulo anterior, através da comparação com a realidade encontrada em quatro ciclovias analisadas no distrito de Lisboa. São ainda tecidas conclusões sobre os resultados da validação do modelo laboratorial.

No capítulo 6 são referidas as principais conclusões retiradas do trabalho realizado quer em campo quer em laboratório e é realizada uma abordagem acerca dos trabalhos futuros que podem ser relevantes no contexto de melhoramento e evolução das redes de mobilidade ativa.

Nos anexos foram colocadas algumas informações de carácter complementar como as checklist de walkability e bikeability e o registo fotográfico do ensaio de resistência ao desgaste por rolamento.

2 MOBILIDADE ATIVA

2.1 TEMÁTICAS

Neste trabalho começa-se por descrever primeiramente a mobilidade nas diversas características que a compõem visto que o termo “mobilidade” é muito mais do que a deslocação de um indivíduo entre dois locais.

Por isso, são apresentados em seguida algumas temáticas que facilmente se articulam com o trabalho realizado e cuja pertinência se justificará ao longo da dissertação.

2.1.1 MOBILIDADE ATIVA

Tal como indica o próprio título deste trabalho, a mobilidade que se pretende estudar, é a mobilidade ativa. A *Agence de la Santé Publique du Canada* definiu-a como “todas as formas de transporte em que a energia é fornecida pelo ser humano – a marcha a pé, a bicicleta, uma cadeira de rodas sem motor, patins em linha ou *skate*” (ASPC, 2010).

Embora seja muito mais conhecida em Portugal como mobilidade suave – principalmente por se efetuar sem recurso a veículos motorizados e ser muito mais silenciosa, considera-se adequado recorrer ao termo utilizado sobretudo na literatura internacional e muitas vezes associado a documentos na área de saúde: mobilidade ativa.

A preocupação em denominá-la deste modo vem de dois motivos distintos: em primeiro lugar faz sentido que haja uma uniformidade entre saúde, mobilidade e transportes no sentido de tornar mais fácil a curiosos identificar a temática que se está a abordar. Em segundo lugar, dado que este tipo de mobilidade é feito pondo em atividade os indivíduos que a escolhem como forma de se deslocar, sendo assim indivíduos ativos, acaba por ser mais correto uniformizar o conceito e atribuir à mobilidade não motorizada o título de mobilidade ativa.

2.1.2 MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

As preocupações com a sustentabilidade começaram muito cedo associadas ao desenvolvimento sustentável. A Organização das Nações Unidas (Brundtland Report, 1987) definiu-o como “*development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*”. Apesar de já se terem passado quase 30 anos desde a elaboração deste relatório, mantém-se atual não só a definição como a necessidade de usar parcimoniosamente os recursos – obviamente em todas as vertentes, nas quais os transportes estão incluídos.

Atualmente um dos principais responsáveis pela emissão de poluentes atmosféricos e produção de ruído são os transportes, facto que tem consequências não só ao nível da qualidade do ambiente mas, em termos práticos, na saúde humana.

Nos dias de hoje, aproximadamente 75% da população europeia vive em centros urbanos e grande parte desta desloca-se com recurso ao transporte individual (IMTT, 2011a).

Olhando para o ponto de vista do utilizador, apesar de parecer a solução mais confortável, estão-lhe associadas inúmeras doenças do foro respiratório, cardiovascular, stress e cansaço não só porque incentiva o sedentarismo de forma óbvia, mas também devido às implicações que o congestionamento automóvel tem na vida diária dos automobilistas.

Do ponto de vista dos transportes motorizados, podemos observar entre muitos parâmetros comparativos, o seu desempenho energético e a sua eficiência energética.

Olhando para o aspeto energético, na Figura 2.1 pode observar-se que o consumo energético associado aos transportes é 29%, o segundo setor com maior consumo.

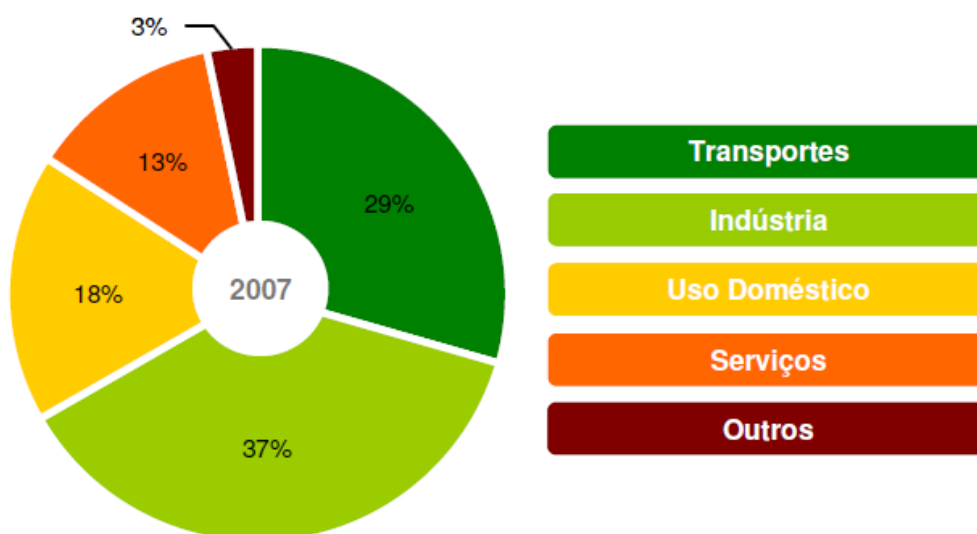


Figura 2.1- Consumo de Energia por setor em Portugal (IMTT, 2011)

No entanto, este número não pode ser analisado de forma descontextualizada e há que fazer as devidas distinções entre modos de transporte motorizados – que apresentam maiores consumos por passageiro e quilómetro percorrido e obviamente as menores eficiências energéticas (Quadro 2.1), e modos ativos.

No que toca aos modos ativos – que como já foi referido necessitam de dispêndio de energia por parte do utilizador, podemos verificar que, para viagens de curta distância, acabam por ser bastante mais vantajosos que os motorizados visto que não necessitam de combustível ou bateria e que estão teoricamente ao alcance de qualquer indivíduo.

Quadro 2.1-Eficiência energética por modo de transporte (IMTT, 2011)

Modo de Transporte	Consumo (MJ/passageiro.km)*	Eficiência Energética
Bicicleta	0,06	Muito Eficiente
A pé	0,16	Muito Eficiente
Comboio	0,35	Eficiente
Autocarro	0,58	Eficiente
Motociclo	1,00	Pouco Eficiente
Automóvel gasolina/gasóleo < 1.4 l	2,26-2,61	Pouco Eficiente
Automóvel gasolina/gasóleo 1.4 - 2,0 l	2,76-2,98	Pouco Eficiente
Avião Boeing 727	2,89	Pouco Eficiente
Automóvel gasolina/gasóleo > 2,0 l	3,66-4,66	Muito Ineficiente

Ainda nos motorizados, e apesar dos esforços feitos ao nível da indústria automóvel para obter veículos com melhor eficiência energética e ecológica, há que fazer a ressalva de que a utilização de veículos

híbridos ou elétricos não são a resposta para a sustentabilidade dos transportes. Com efeito, a resposta a esta problemática passará mais pela alteração do paradigma atual de mobilidade na qual os transportes públicos e os modos ativos de mobilidade terão um papel fundamental. Obviamente que esta análise centra-se, ao longo de todo o trabalho, em viagens utilitárias ou de lazer de curta duração e distância nas quais os modos ativos de transporte são uma opção válida face aos motorizados.

Associando a necessidade de obter soluções menos dispendiosas do ponto de vista energético, mais sustentáveis do ponto de vista ambiental e mais saudáveis do ponto de vista da vida dos seus utilizadores, surge a necessidade de se conhecerem as infraestruturas de mobilidade ativa, avaliar a sua qualidade e a sua eficiência de acordo com os utilizadores e propósitos a que se destinam.

2.1.3 MOBILIDADE ACESSÍVEL

A acessibilidade prende-se com a necessidade de eliminar barreiras ou obstruções que impeçam a mobilidade. Esta assume especial relevância quando falamos de mobilidade ativa porque a capacidade de ultrapassar obstáculos torna-se bastante mais limitada quando falamos de indivíduos com mobilidade reduzida.

Dado que em 2014 a percentagem de idosos em Portugal (com 65 ou mais anos) ultrapassava os 20% (PORDATA, 2015), valor que tem vindo a ser sistematicamente superior ao longo dos anos, a preocupação em fornecer infraestruturas de mobilidade ativa acessíveis a todos toma especial relevância.

Acrescendo aos problemas de mobilidade em indivíduos idosos, existem ainda portadores de deficiência física, que necessariamente precisam que os passeios sejam adequados mas também que a interface com a estrada, com a paragem de autocarro, com a entrada no metropolitano ou até que a porta da sua própria casa também o seja. Desde modo, seja de bengala, canadiana ou até cadeira de rodas, a infraestrutura deve permitir que estes indivíduos, tal como os que não apresentam qualquer limitação física, se possam deslocar sem percalços.

Por sua vez, os invisuais necessitam que a infraestrutura possua obviamente poucas obstruções e o pavimento poucas deformações que provoquem quedas, mas mais do que isso: necessitam que o pavimento possua rugosidade e textura que lhes confirmam a possibilidade de se deslocarem sozinhos através da identificação por meio da bengala do espaço adequado à circulação.

A infraestrutura deve também ser adequada aos carrinhos de bebé, os quais devem poder circular sem ocupar a totalidade do espaço canal, mas também numa largura adequada que impeça a necessidade, bastante visível nas nossas cidades, de circularem na via rodoviária.

Também para trotinetas, bicicletas e todos os outros veículos não motorizados que devam circular fora das vias de trânsito deve existir uma infraestrutura que lhes permita estar em segurança (face ao perigo de conflituarem com o veículo automóvel) e deslocar-se de forma segura numa superfície adequada e sem degradações que provoquem acidentes.

Devido a todos os factos apresentados anteriormente, mas também devido ao maior problema a nível das instituições governativas ser a falta de informação, a *EuCAN – European Concept for Accessibility Network* desenvolveu um documento “Conceito Europeu de Acessibilidade para Administrações” (2008) onde pretende facultar formação no sentido de facilitar a aplicabilidade do conceito à infraestrutura existente em cada país.

Assim, pretende-se que o meio edificado possua uma série de atributos: que seja respeitador, no sentido em que ninguém deve sentir-se marginalizado e todos devem ser capazes de usufruir dele; seguro, pois deve estar isento de riscos e devem ser concebidos tendo em linha de conta pisos escorregadios, elementos salientes e dimensões adequadas; saudável, dado que não deve causar risco para a saúde ou problemas para aqueles que sofrem de determinadas doenças ou alergias; funcional, no sentido em que deve ser possível realizar sem dificuldade ou problema a função para que

foi concebido; compreensível, uma vez que todos os utilizadores devem ser capazes de perceber o espaço e se orientar sem dificuldade nele; estético, por último um aspeto que pode parecer de menor importância, mas que se revela crucial na medida em um espaço bem pensado e de estética agradável que aumenta a probabilidade de aceitação por todos (EuCAN, 2008).

2.1.4 WALKABILITY

Em inglês existe o termo *walkability* que se traduz na apazibilidade que um determinado percurso tem para o peão (Abley, 2005; Hutabarat, 2009).

Este conceito deve ser medido tendo em conta fatores tão diversos como a conectividade entre vias, a variabilidade de usos do solo, a densidade de solo construído, a presença de árvores e espaços verdes, a opacidade dos edifícios (isto é, se têm muitas janelas e vidros ou se por oposição apenas paredes são visíveis), mas não só. Visto que estamos a analisar qualidade de um percurso pedestre, não devem ser deixados de fora os passeios, a sua largura e a qualidade do seu pavimento, o mobiliário urbano, o estacionamento e o espaço ocupado com ele, a oportunidade de sombra – seja por árvores ou por edifícios e também o volume e velocidade do tráfego automóvel e até a agradávelidade do passeio (NZTA, 2009).

Com efeito, cada entidade que tenha como tarefa avaliar a *walkability* deve passar previamente pela fase – altamente subjetiva – de escolher quais os indicadores que melhor representem cada uma das características de uma boa infraestrutura pedonal.

A preocupação com esta temática a nível internacional é de tal forma que chegam a existir *checklists* em inúmeras plataformas, de que pode ser exemplo a *National Center for Safe Routes to School*, com o objetivo de fazer o diagnóstico acerca da *walkability* das zonas residenciais. Um exemplo dessas *checklists* pode ser encontrado no ANEXO 1.

No que toca à avaliação em si mesma, esta pode ser feita tendo em conta a *walkability* de um modo geral ou algumas características como: se é seguro face ao trânsito ou se há perigo de conflitos com os veículos, se é seguro face a quedas, se não existem obstáculos ou barreiras físicas, se é seguro ou se há possibilidade de existirem ataques físicos por parte de terceiros, se é eficiente, se é agradável e ainda se é direto ou se existe a necessidade de perder tempo a procurar pontos de interseção para chegar ao local de destino (NZTA, 2009; CIT, 2014).

2.1.5 BIKEABILITY

Este conceito, seguindo a ótica do anterior, também diz respeito a um conjunto de critérios que têm como finalidade permitir ao ciclista avaliar a aptidão de um percurso para deslocações por meio de bicicletas. Isto é, não está em causa a existência de uma infraestrutura destinada a bicicletas, mas mais que isso, o prazer que o ciclista sente quando efetua um determinado caminho utilizando a bicicleta como modo de transporte (Koukura, 2015).

Assim, para a avaliação desta temática são escolhidos indicadores como os usados em *walkability*, subjetivos e que podem ser alterados de pessoa para pessoa – visto que cada utilizador tem aspetos aos quais dá mais importância, e obtêm-se percursos cuja utilidade é melhor ou menor adequada para o uso de bicicleta. Um exemplo de uma *checklist* de bikeability pode ser consultado no ANEXO 2.

2.1.6 ACALMIA DE TRÁFEGO

Com o objetivo de criar uma cidade mais sustentável e com menor uso do automóvel, surgiu uma nova abordagem do planeamento e do ordenamento do território baseada em critérios como: regresso à cidade compacta, com a cidade a ser desenhada à escala do peão e da bicicleta em que serviços, equipamentos coletivos e zonas comerciais se localizam próximos dos locais de residência;

multifuncionalidade dos espaços, maximizando a variedade de funções num mesmo espaço e a redução das necessidades e distâncias de deslocação; promoção da acessibilidade não motorizada na gestão do território, subentendendo-se que as atividades devem promover modos de deslocação mais sustentáveis e estar acessíveis a distâncias que não obriguem à utilização de modos motorizados de transporte (IMTT, 2011c)

De acordo com o que foi referido anteriormente, existe assim a necessidade de mudança cultural, alteração de hábitos e comportamentos que reduzam as necessidades de utilização e até dependência do transporte individual motorizado e, em substituição desta, a popularização dos modos ativo.

O conceito de acalmia de tráfego está assim relacionado com a visão da mobilidade sustentável, com a redução dos impactes negativos criados pela utilização massiva dos transportes motorizados e também com a melhoria das condições e infraestruturas dos modos ativos – por forma a que a utilização destes passe a ser cada vez mais uma opção exequível.

Para que estes objetivos sejam alcançáveis, há que atuar no sentido de reduzir os volumes do tráfego motorizado, da baixar as velocidades de circulação e adequar o desenho do espaço urbano o que se consegue através da implementação de medidas como a criação de zonas 30 e pela criação de zonas residenciais ou de coexistência.

ZONAS 30

Esta medida advém da necessidade de demover o tráfego automóvel de uma determinada zona através da limitação da velocidade máxima permitida a 30km/h. Como resultado obtém-se uma zona com circulação mais segura, menos ruidosa e com menos poluição.

As zonas 30 devem ser implementadas em zonas demarcadamente locais, como: setores urbanos residenciais, setores urbanos multifuncionais com forte caráter comercial ou misto (habitação, comércio e serviços), na envolvente de equipamentos escolares (alguns países de que a Bélgica é exemplo constituíram zonas 30 junto a escolas), em ruas onde a função social seja dominante ou equivalente à função de circulação, em setores sensíveis que se pretendam proteger do tráfego de atravessamento (como zonas de valor patrimonial, zonas de equipamentos de saúde, etc).

ZONAS RESIDENCIAIS OU DE COEXISTÊNCIA

Estas zonas são também resultado da necessidade de promover formas de acalmia de tráfego e traduzem-se na partilha do espaço correspondente a uma rua. Pressupõe-se assim que é dado espaço a diferentes utilizadores sendo que a prioridade é dada ao peão e restantes modos ativos por oposição aos modos motorizados. Nesses locais, cuja velocidade máxima corresponde a 20km/h (mas que noutros países como a Alemanha atinge somente os 10km/h), em caso de acidente com veículo motorizado este é considerado o responsável (IMTT, 2011c).

Embora no início fosse considerada uma medida a tomar em áreas residenciais, atualmente considera-se que a sua aplicação é também louvável em ruas onde a função social é considerável quer apresentem atividades comerciais relevantes ou zonas de lazer e equipamentos coletivos que privilegiem fortemente o convívio. Como se pode facilmente compreender, está associada a espaços com forte presença humana.

2.2 A IMPORTÂNCIA DA MOBILIDADE ATIVA NA EUROPA

A nível europeu já vem longa a discussão sobre acessibilidade e mobilidade por parte da Comissão Europeia (IMTT, 2011b). Em 2001 e 2006, com o **Livro Branco**, foi definido como prioridade o reequilíbrio entre modos de transporte com o objetivo de promover a mobilidade sustentável, reforçar a importância de peões e ciclistas e da sua proteção através da fixação de normas de segurança.

Mais tarde, em 2007, o **Livro Verde**, centrado na mobilidade urbana, sugere a adoção de alternativas ao transporte particular como as deslocações a pé e de bicicleta e a utilização articulada entre estas soluções e o transporte coletivo como forma de redução do congestionamento. É de notar que como forma de promover a atratividade e segurança dessas deslocações é proposto o desenvolvimento de infraestruturas adequadas, de políticas de mobilidade urbana e de iniciativas de incentivo à mobilidade ativa.

Com a necessidade de reforçar as políticas de mobilidade urbana sustentável, através de medidas lançadas progressivamente entre 2009 e 2012 surge o **Plano de Ação para a Mobilidade Urbana** (2009), na qual o transporte urbano sustentável é referido como um elemento essencial para a criação de ambientes saudáveis. São ainda referidas neste documento soluções a adotar para o transporte público, como as bicicletas partilháveis, salientando-se a importância das entidades patronais em incentivar a escolha de opções mais sustentáveis de transporte por parte dos seus colaboradores.

Também em 2009, com **Um futuro sustentável para os transportes** são identificadas as tendências e desafios para o setor dos transportes. Nele são mencionados aspetos importantes nomeadamente ao nível da qualidade e segurança dos transportes e do ambiente urbano de forma a possibilitar a marcha e a bicicleta como opções viáveis que atenuariam quer o congestionamento automóvel quer as emissões de gases com a vantagem adicional de promover a saúde e o bem-estar dos cidadãos.

Finalmente, em 2013, a Comissão Europeia publicou o **Pacote da Mobilidade Urbana** constituído por vários documentos entre eles a “Regulação de acesso às zonas urbanas” e “Segurança rodoviária urbana”. Além destes, possui ainda um documento denominado “Avançar em conjunto para uma mobilidade urbana competitiva e eficiente na utilização de recursos” cujo principal objetivo é a mudança do paradigma atual de mobilidade e a definição de caminhos para melhorar o setor de transportes.

2.3 A IMPORTÂNCIA DA MOBILIDADE ATIVA EM PORTUGAL

A primeira mudança digna de registo deu-se em 1999 aquando da transferência de atribuições e competências para as autarquias locais de ruas e arruamentos, não só ao nível da sua gestão e realização de investimentos mas também ao nível do seu planeamento (IMTT, 2011b).

Mais tarde, em 2004 com a Lei de Bases da Reabilitação (Lei n.º38/2004 de 18 de Agosto) foi instituído o princípio da não discriminação, numa lei que estabeleceu as bases gerais do regime jurídico da prevenção, habilitação, reabilitação e participação de pessoas com deficiência.

Dois anos mais tarde, no Decreto-Lei 163/2006 de 8 de Agosto foram definidas as condições de acessibilidade a satisfazer em projeto e construção de espaços públicos, equipamentos coletivos e edifícios públicos e habitacionais.

Ainda em 2006 foi definido o Plano de Ação para a Integração das Pessoas com Deficiência ou Incapacidade (PAIPDI) por resolução do Conselho de Ministros n.º120/2006 de 21 de Setembro, no qual se reconheceu que uma situação de incapacidade não é inerente ao indivíduo e que o meio ambiente quando pensado e planeado pode suprir situações de exclusão através de estratégias que tenham como objetivo “promover o acesso universal ao meio físico, ao edificado e aos transportes” (CM, 2006).

Em 2007, através do Plano Nacional de Promoção da Acessibilidade (PNPA) são definidas as linhas de intervenção, medidas e ações a desenvolver até 2015 com objetivo de “assegurar a acessibilidade no espaço público e no meio edificado” e ainda de “promover a acessibilidade nos transportes”.

Nesse mesmo ano é dado um importante passo ao serem estabelecidos na Portaria n.º216-B/2008 parâmetros de dimensionamento das áreas definidas para espaços verdes e de utilização coletiva e, mais importante ainda, larguras mínimas para perfis de arruamentos de acordo com o tipo de ocupação do solo.

Após alguns anos, em 2011, o IMT (Instituto da Mobilidade e dos Transportes), antigo Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTTT) publica um conjunto de documentos – amplamente utilizados nesta dissertação – com a designação de **Pacote da Mobilidade**. Este pacote possui duas brochuras de especial interesse: **Rede pedonal – Princípios de planeamento e desenho** e **Rede ciclável – Princípios de planeamento e desenho** nos quais são explicitados os principais aspetos a ter em consideração na conceção de cada uma das redes e diretivas a nível geométrico.

2.4 MODO PEDONAL

Pelo facto de cada indivíduo ter necessariamente características de peão, a importância da infraestrutura em que se tal se processa não pode ser desprezada, até porque todas as viagens – mesmo que conjugadas com outros modos de deslocação – incluem sempre um trajeto a pé (IMTT, 2011b).

Inversamente proporcional à popularidade do veículo automóvel, o interesse pelo modo pedonal no século XX foi manifestamente reduzido pelo que apesar de todos os esforços e financiamentos dados à infraestrutura rodoviária, a melhoria nas infraestruturas pedonais e a preocupação dada à sua acessibilidade foi comparavelmente insuficiente. Daqui nasce um dos maiores problemas: o peão, além de ser o elo mais fraco e mais frágil, possui uma infraestrutura pouco adequada que o tornou cada vez mais prejudicado num sistema em que é o elemento principal.

Surge assim o desafio: como construir uma rede de infraestruturas – da qual o modo pedonal também faz parte – que consiga gerir os conflitos entre o desenho urbano, o tráfego rodoviário e as necessidades do peão?

Grande parte das barreiras postas ao peão são provocadas pela primazia que foi dada ao tráfego automóvel. Essas barreiras podem ser potenciais, quando resultam, por exemplo, de um semáforo mal temporizado ou de um cruzamento mal sinalizado que prejudique as situações de atravessamento para os peões, mas podem também ser físicas e de consequências diretas para o peão e para a qualidade do ambiente urbano quando, por exemplo, a largura dos passeios é diminuta ou quando este era reduzido com o intuito de aumentar a largura das vias de trânsito, quando o estacionamento é abusivo e invade o espaço destinado à circulação do peão e ainda quando a velocidade dos veículos é excessiva e obriga o peão a circular junto aos edifícios como forma de se proteger de eventuais embates.

2.4.1 O PEÃO

Tal como já foi dito anteriormente, o peão possui inúmeras especificidades que devem ser respeitadas aquando da elaboração de uma infraestrutura pedonal. Este facto obriga a que previamente sejam analisados todos os grupos de peões para que mais facilmente se consigam perceber quais as necessidades e a forma como estas devem ser colmatadas.

De acordo com as suas características podem ser definidos vários grupos (NZTA, 2009): os idosos, as crianças, os peões de mobilidade reduzida, os peões com deficiências sensoriais, os peões sobre rodas, e o peão comum.

No primeiro grupo podemos inserir peões com idade avançada e que possuem limitações na sua locomoção ao nível da velocidade de andamento, baixa agilidade e estabilidade, baixa acuidade visual devido a problemas de visão, reflexos mais lentos e problemas de audição. Estas especificidades têm impacto nos tempos de atravessamento, na existência de obstáculos potenciadores de quedas, na preocupação em criar rampas paralelas a escadarias, na qualidade do revestimento das superfícies pedonais, no ajustamento do mobiliário urbano – com colocação de bancos e candeeiros que aumentem a iluminação em tempos noturnos e na necessidade de criar separações físicas entre peão e veículo automóvel de forma a evitar conflitos.

Com as crianças há que ter em atenção a sua baixa estatura, o diminuto tempo de concentração, a reduzida capacidade de calcular tempos e distâncias e de localizar a proveniência de sons, a sua imprevisibilidade e a impulsividade. Estas características resultam na necessidade de usar símbolos que sejam facilmente entendíveis e sinais luminosos visíveis – considerando as baixas estaturas deste grupo de peões, de identificar de forma clara os locais de atravessamento e de criar uma infraestrutura facilmente legível que permita a estes peões ler e perceber facilmente como se deslocarem em segurança.

No grupo de peões com mobilidade reduzida podemos inserir tanto os peões que usem canadianas ou outros auxiliares similares, peões portadores de deficiência física ou que se movimentem a velocidades mais baixas. Este grupo tem influência no cálculo dos tempos de atravessamento, na qualidade dos revestimentos superficiais, na necessidade de fazer uma correta manutenção a fim de impedir obstruções, covas e degradações que impossibilitem a sua passagem e também, tal como nos idosos, a preocupação em equipar o espaço de bancos que permitam o descanso dos peões.

Nos peões com deficiências sensoriais podemos inserir não só os indivíduos cegos, mas também os amblíopes, os daltónicos e até os surdos.

Estas deficiências, embora longe de serem incapacitantes, tornam necessária a existência de outras formas de informação como sinais sonoros nos locais de atravessamento semaforizado, rugosidades e texturas específicas que identifiquem os canais destinados à deslocação e sobretudo consistência nas atribuições feitas a cada uma dessas texturas – a textura utilizada para identificar a proximidade a uma passeadeira deve ser sempre a mesma assim como a utilizada para revestir o espaço-canal em toda a sua extensão.

Finalmente, no grupo que contempla os peões sobre rodas, podemos inserir a cadeira de rodas comum e as *scooters* ou cadeiras motorizadas. Este grupo, devido às dificuldades no que toca à agilidade, estabilidade, suscetibilidade a quedas e colisões, deve usufruir de uma infraestrutura que possua um revestimento de qualidade e com o mínimo de obstruções, deve poder movimentar-se e interagir com os outros peões e deve possuir rampas que possibilitem uma suave interface com outras infraestruturas. Não esquecer que nestes casos em que o peão se encontra sentado o seu nível de observação é mais baixo, pelo que os sinais e a informação deve ser visível do seu campo de visão.

2.4.2 A INFRAESTRUTURA PEDONAL

O desenho urbano tem a obrigação de conceder à infraestrutura pedonal carácter inclusivo através de um *design* que torne a estrutura equitativa a todos – não só aos cidadãos comuns que sofrem as barreiras acima faladas, mas também aos cidadãos com mobilidade reduzida que vêem essas barreiras agravadas.

O planeamento da infraestrutura pedonal deve, por isso, responder a 7 princípios de “*design universal*” (IMTTb), 2011):

- Utilização equitativa: todos os utilizadores devem poder utilizar o espaço com a mesma qualidade e sem limitações.
- Flexibilidade de utilização: o espaço deve ser utilizado de acordo com as preferências e capacidades individuais.
- Utilização simples e intuitiva: fácil compreensão independente da experiência, conhecimento e aptidão do utilizador.
- Informação perceptível: fornece a informação necessária ao utilizador de forma eficaz independente das condições físicas/ambientais existentes e das capacidades sensoriais do utilizador.

- Tolerância ao erro: minimiza riscos provenientes de ações acidentais.
- Esforço físico mínimo: utilização eficaz e confortável com um mínimo de fadiga.
- Dimensão e espaço de abordagem e de utilização: espaço e dimensão adequada para a utilização independentemente da estatura, mobilidade ou postura do utilizador.

No que toca à materialização desta, a infraestrutura pedonal assume muitas vezes a forma de um passeio que se desenvolve paralelamente a uma via de trânsito. Em meio urbano existem diferentes tipologias para perfis transversais que têm em consideração o número de vias de trânsito, a velocidade, a existência de estacionamento e de mobiliário urbano (CCDRN, 2008), como se pode observar nas figuras abaixo.

Na Figura 2.2 observa-se um perfil direcionado para tráfegos elevados e que por isso possui separador central, poderá ter mais que uma via de trânsito e o estacionamento pode não estar presente na via. Na Figura 2.3 observa-se um perfil transversal para menores volumes de tráfego.

Como se pode observar, existem várias dimensões admitidas para os passeios, no entanto o PDM da cidade de Lisboa (PDML, 2012) admite 3,00m como a dimensão mínima para passeios em novos arruamentos. A causa desta mudança prende-se com as necessidades dos peões com mobilidade reduzida.

Com efeito, apesar do passeio ter a largura mínima de 3 metros, há que esclarecer que o mobiliário urbano, como bancos, caixotes do lixo, candeeiros, caldeiras de árvores e até sinais de trânsito, ocupa parte significativa dessa área o que diminui o espaço real destinado ao peão.

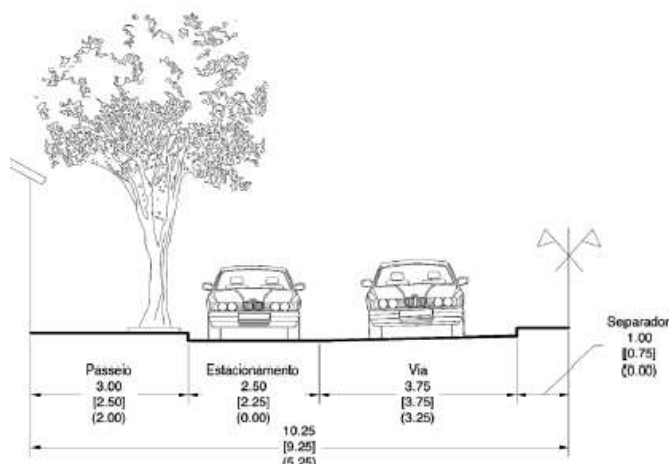


Figura 2.2- Via em ambiente urbano com tráfego elevado (CCDRN, 2008)

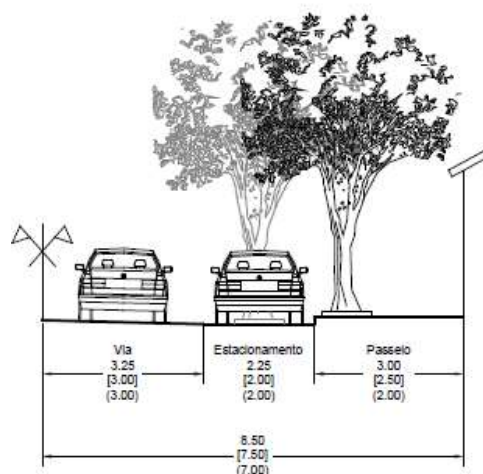


Figura 2.3- Via em ambiente urbano com tráfego moderado (CCDRN, 2008)

Acrescenta-se ainda que a possibilidade de cruzamento entre peões com mobilidade reduzida acarreta um acréscimo significativo na largura do espaço destinado à circulação por comparação com espaço ocupado por um peão comum que circule sozinho.

Outro aspeto que tem que ser tomado em consideração é a velocidade de marcha do peão, esta depende de fatores intrínsecos como a idade, a condição e as limitações físicas (que foram faladas anteriormente) e de fatores extrínsecos, mais amplos, e que abarcam o conhecimento ou não do trajeto, o motivo e características da deslocação, a distância a percorrer, as condições atmosféricas, as características da infraestrutura (largura, declive, tipo e qualidade da superfície), o fluxo pedonal e as zonas de atravessamento (IMTT, 2011b).

Para que um peão esteja disposto a fazer um determinado percurso a pé, está necessariamente em causa a distância que terá de percorrer – que depende do motivo da deslocação e do tempo que pretende demorar nela. Tal é ainda influenciado pela existência de paragens de autocarros nas proximidades ou pela interface com outro modo de transporte (metropolitano, comboio, etc.).

2.4.3 ZONAS DE ATRAVESSAMENTO PEDONAL

As zonas de atravessamento pedonal têm especial importância devido à facilidade com que nelas surgem conflitos entre peões e veículos.

No entanto, para mitigar a existência de conflitos deste tipo, não é suficiente promover a sensibilização dos automobilistas e restantes condutores de veículos, é necessário além disso ser-se preventivo e evitar criar situações que se prevejam de antemão perigosas para o peão.

Com efeito, numa situação de atravessamento como a que está visível na Figura 2.4, em que a passadeira é recuada do cruzamento (muitas vezes para evitar conflitos não só entre veículo-peão mas também entre veículo-veículo), o que acaba por acontecer é que os peões optam por atravessar na continuidade da linha definida pelo percurso pedonal, evitando utilizar as passadeiras.

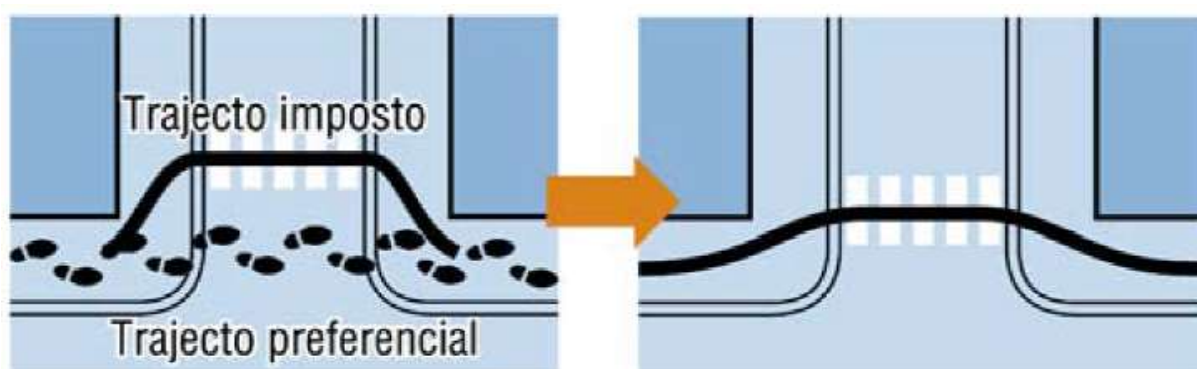


Figura 2.4- Atravessamento pedonal (IMTT, 2011b)

Uma das soluções, desde que o volume de tráfego que passa nessa via o permita – o que não acontece em grandes distribuidoras mas é possível nas vias de acesso mais local –, é aproximar a passadeira do cruzamento para que seja reduzido o desvio do peão promovendo o seu atravessamento em segurança.

Segundo o definido no novo Modelo de Revestimento de Passeios (CML, 2015), as novas zonas de atravessamento pedonal devem ter em atenção esta noção de continuidade na qual os desvios e interrupções devem ser minimizados e os locais de atravessamento expressamente identificados.

Esta preocupação em diminuir conflitos traduz-se na criação de zonas de atravessamento materializadas com pisos táteis como os que se podem observar na Figura 2.5 e na Figura 2.6.

Com efeito, nas ações de requalificação de espaço público pode ser impraticável criar larguras de 2 metros de passeio. Nesses casos, a aproximação à passagem de peões deve ser feita através de um rebaixamento cuja inclinação máxima é 8%.

Nos passeios estreitos (Figura 2.6), que não possam ter as larguras preferenciais, a opção pode passar por fazer a sobrelevação da passadeira através de uma lomba (a qual representa uma medida de acalmia de tráfego que diminui a insegurança e perigo para o peão que se encontra no passeio).



Figura 2.5 - Zona de atravessamento em passeios novos (CML, 2015)



Figura 2.6- Zona de atravessamento em passeios estreitos com sobrelevação (CML, 2015)

Nas Figura 2.7 e Figura 2.8 apresentam-se fotografias tiradas em Alcântara nas quais já se observa a requalificação que foi feita no espaço público e que se traduziu na utilização do piso tátil.



Figura 2.7- Rua dos Lusíadas em Alcântara



Figura 2.8- Travessa da Tapada em Alcântara

2.4.4 ZONAS DE INTERAÇÃO ENTRE PEÕES E DE ESTACIONAMENTO AUTOMÓVEL

Antes de conhecer as propostas da CML no Modelo de Revestimento de Passeios (CML, 2015), considera-se necessário clarificar dois conceitos usados: percurso pedonal – que se refere ao espaço adequado à circulação dos peões, onde efetivamente ocorre o movimento, e área de serviço – que engloba todas as áreas que não estão dedicadas à circulação como aquelas que são ocupadas com mobiliário urbano, caldeiras de árvores e canteiros. Como se pode deduzir, o termo passeio faz-se corresponder à junção de ambos os termos anteriores.

Para clarificar a importância da coerência de conceitos, dá-se como exemplo a utilização de um passeio por um cidadão invisível com bengala: através da ponta da bengala consegue identificar a zona de percurso pedonal – com material e textura diferenciada – onde deve circular e evitar os obstáculos à sua movimentação existentes na área de serviço.

Olhando para o novo modelo, pode observar-se que este dá especial importância à largura do passeio, a qual não deve ser inferior a 2,00 metros (apesar de na Portaria n.º216-B/2008 se fazer referência a situações na qual a largura mínima deve ser de 2,25 metros).

No caso de existir estacionamento na via, e deste obrigar à criação de recortes no passeio (Figura 2.9), deve garantir-se que o percurso pedonal não é perturbado. Já nas situações em que existam acessos a garagens, ao contrário da norma até aqui, é o veículo que tem de cruzar o espaço do peão e o seu percurso pedonal não deve ser interrompido (Figura 2.10).

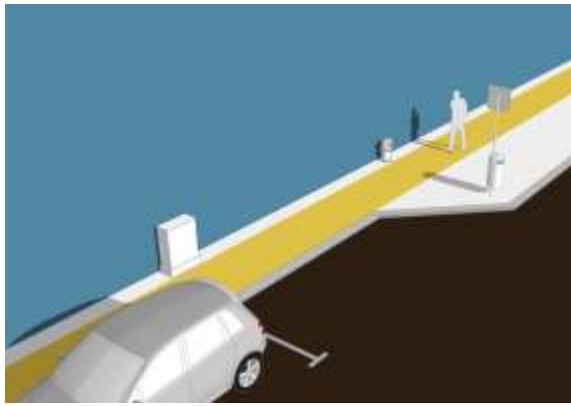


Figura 2.9- Recorte no passeio para estacionamento. Espaço de circulação - a amarelo - mantém-se. (CML, 2015)

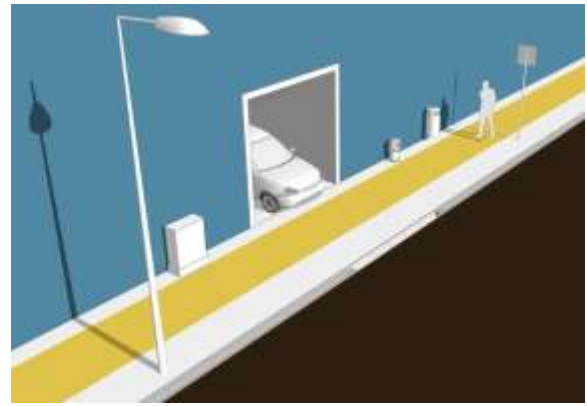


Figura 2.10- Adaptação do lançil à passagem automóvel. Espaço de circulação mantém-se sem perturbações (CML, 2015)

2.5 MODO CICLÁVEL

O modo ciclável embora bastante popular nos países mais orientais, Figura 2.11, só agora começa a ser devidamente valorizado em Portugal.



Figura 2.11- Hora de ponta em Changai na década de 1980 (Bikeshare, 2015)

A bicicleta por ser um meio de transporte não poluente, silencioso, económico e mais acessível em termos financeiros do que os restantes meios de transporte, tem tido uma evolução tecnológica que a torna cada vez mais eficiente e cómoda sendo que, como pode observar-se na Figura 2.12, em trajetos até 5 quilómetros, é mais rápida do que o automóvel – ganho esse que se torna ainda mais evidente em situações de congestionamento (IMTT, 2011c).

Há que também fazer a devida ressalva às bicicletas elétricas, as quais tornaram este meio de transporte mais acessível relativizando a condição física do condutor, os declives, as cargas a transportar e as distâncias a percorrer.

Tal como o modo pedonal, o modo ciclável é uma opção válida na combinação com outros modos de transporte e uma mais-valia no que toca à promoção de modos de vida mais saudáveis e de ambientes urbanos menos congestionados.

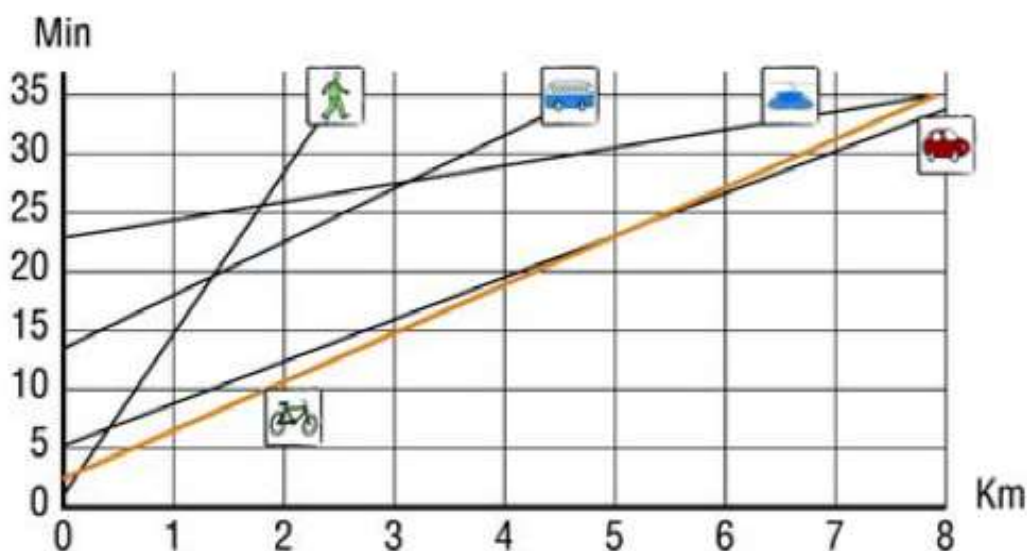


Figura 2.12- Comparação dos tempos de deslocação de diferentes meios de transporte em ambiente urbano (IMTT, 2011c)

No entanto, para que esta forma de transporte seja tão viável como os transportes motorizados, existe a necessidade de reduzir a sua vulnerabilidade face a estes através de formação e educação nas camadas mais jovens da população, mas sobretudo através do estabelecimento de regras que visem a redução da velocidade dos veículos automóveis (medidas de acalmia de tráfego como as que foram faladas anteriormente) e a criação de infraestruturas adequadas ao seu uso.

A necessidade de reduzir a velocidade dos veículos automóveis, em particular nas vias de acesso mais local e de hierarquia inferior na rede viária prende-se com o facto da rua ser um espaço multifuncional que deve poder ser utilizado equitativamente por todos os utilizadores. Para que tal ocorra acaba por ser essencial aliar ao desenho urbano medidas de acalmia de tráfego que equilibrem a coexistência entre modos motorizados e ativos.

2.5.1 O CICLISTA

Tal como para os peões, também para os ciclistas podem ser definidos vários grupos: o ciclista frequente, o ciclista ocasional e o ciclista pouco experiente.

Como se pode depreender pelos nomes, o ciclista frequente é aquele que já possui experiência e está consciente dos seus direitos e das suas obrigações. Usa a bicicleta nas suas deslocações quotidianas e por isso sente-se confortável na presença do tráfego motorizado aceitando tipologias de percurso diferentes, com ou sem faixas cicláveis. A maioria destes sente até que em percursos segregados, em que existe uma faixa que separa modos motorizados de não motorizados, acaba por ser penalizado dado que a trajetória irregular do peão pode ser geradora de conflito.

O ciclista ocasional, por seu turno, possui conhecimento prático mas a falta de experiência e/ou agilidade faz com que nem sempre se sinta confortável na presença de tráfego motorizado intenso que circule a velocidades elevadas. Podem incluir-se também neste grupo pessoas mais idosas ou que transportem crianças. Como tal, sentem-se mais confortáveis em vias com tráfegos reduzidos ou que possuam vias segregadas para os modos ativos – como pistas cicláveis.

O ciclista pouco experiente é o grupo mais perigoso visto que devido ao pouco conhecimento revela muitas vezes inconsciência face aos potenciais perigos. Por serem impulsivos e facilmente distraídos, podemos inserir neste grupo os ciclistas em lazer, as crianças e os jovens pouco experientes.

Independentemente do grupo de ciclista a considerar, as necessidades de espaço que o deixam confortável dependem de aspetos como:

- O espaço necessário para o movimento, denominado “envelope dinâmico”, que resulta da oscilação do conjunto bicicleta-ciclista e do desvio da trajetória em relação à linha reta e que é provocada pela velocidade de circulação e pelo declive. Na Figura 2.13 observa-se que esse intervalo é de 1 metro. Com efeito, esta largura deveria ser a considerada mínima nos critérios de dimensionamento, tendo-se em atenção que para que seja possível uma ultrapassagem ou um cruzamento entre duas bicicletas que circulem em direções contrárias devem ser garantidas larguras superiores a 2,5 metros.
- A distância a objetos fixos, pois deverá assegurar-se sempre uma distância de conforto entre os lancis, sinalização vertical, postes. Esta distância é também a que permite ao ciclista circular em segurança junto a uma parede, um muro ou uma fachada de um edifício, tornando-se importante se em causa estiverem pistas cicláveis de caráter urbano.
- A distância e velocidade dos outros veículos dado que a trajetória do ciclista pode facilmente ser perturbada por, por exemplo, um veículo motorizado que o atravesse e não deixe uma distância média de 1,5 metros. Verifica-se que a deslocação do vento é uma das causas da perda de equilíbrio e queda de ciclistas que circulam nas vias com velocidades máximas permitidas mais elevadas que as verificadas em meio urbano.

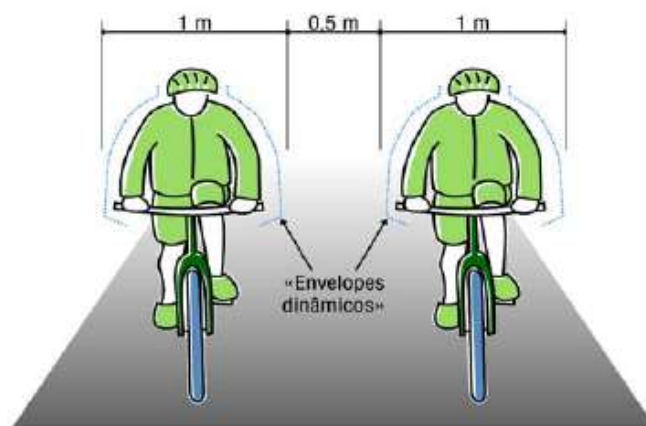


Figura 2.13- Envelope dinâmico (IMTT, 2011c)

2.5.2 A INFRAESTRUTURA CICLÁVEL

A infraestrutura ciclável diz respeito a um percurso que tenha as características adequadas para as deslocações poderem ser feitas por meio da bicicleta (percurso ciclável). Como tal, interessa diferenciar este conceito de um outro, o de pista ciclável que diz respeito a um local diferenciado e identificado para a circulação de ciclistas. A infraestrutura ciclável por fazer parte de um sistema já funcional de outros transportes necessita de um planeamento que tenha em atenção a sua integração na rede já existente e a concertação de todos os intervenientes (CIT, 2014; Ramos, 2008).

No que toca à integração, esta diz respeito à necessidade da rede ciclável ter um caráter complementar aos restantes modos de deslocação. Para que tal se consiga fazer de forma acertada, são necessários dois tipos de integração: a horizontal, que alia ao planeamento o ordenamento do território, o desenvolvimento económico, a saúde e a educação e a vertical que articula os diferentes tipos de planeamento – do mais estratégico ao mais operacional.

A concertação de todos os intervenientes passa em primeiro lugar pela perceção dos problemas e oportunidades, pela articulação e negociação de soluções entre os diferentes agentes e em último lugar pela tomada de decisões conscientes e informadas.

Tal como a rede pedonal, os princípios da continuidade e coerência devem estar assegurados com o objetivo de serem minimizados os desvios e valorizados os percursos diretos já que o principal objetivo é tornar a rede atrativa a novos utilizadores e mais adequada aos que já a usam (Viegas, 2008).

Apesar de neste trabalho se irem focar as soluções de pavimentação de pistas cicláveis segregadas, convém esclarecer desde logo que em meio urbano este tipo de opções são de evitar visto que os ciclistas, como condutores de um veículo – ainda que não motorizado, devem ocupar o espaço destinado ao tráfego rodoviário onde as boas práticas de todos os utilizadores devem permitir a circulação protegida dos ciclistas (IMTT, 2011c).

No que toca aos princípios de planeamento deste tipo de infraestrutura, o IMTT (IMTT, 2011c) considera sete:

- Conetividade e adequabilidade: a rede deve ser desenhada em função da orografia, da malha, das vivências e das necessidades dos ciclistas, articulando-se com as restantes redes de transportes mas mantendo ciente a necessidade de oferecer opções diretas e contínuas entre locais.
- Acessibilidade: para que se assegurem acessos às interfaces de transporte público, promovendo-se a intermodalidade; para que se garantam as condições de circulação dos ciclistas e um desenho viário que lhes forneça segurança e os proteja de utilizadores mais agressivos.
- Segurança rodoviária: promovendo-se em primeiro lugar a redução de volumes de tráfego automóvel e respetivas velocidades (reduzindo-se a hierarquia viária dos arruamentos) e minimizando-se os conflitos entre peões, ciclistas e automóveis.
- Segurança pessoal: tendo-se especial atenção à minimização de situações de insegurança, desencorajando comportamentos anti-sociais onde o contato visual e a iluminação do espaço sejam assegurados. Também os locais destinados ao estacionamento devem estar bem visíveis e devidamente iluminados para que a segurança de cada um seja privilegiada.
- Legibilidade: mantendo-se devidamente assinalada a rede ciclável com sinalização específica e clara.
- Conforto: através da perceção de segurança por parte dos utilizadores e também através da utilização de materiais cujas características proporcionem uma deslocação confortável e segura – ajustada ao desgaste, às condições climáticas e aos diferentes utilizadores do espaço.
- Atratividade e convivialidade: assegurando-se o aspeto estético e a integração na zona envolvente através de um desenho que proporcione espaços atrativos para deslocações mas também para interação social.

A rede de percursos cicláveis para a cidade de Lisboa foi desenvolvida tendo por base a preferência em pista bidirecionais segregadas – separadas quer do automóvel quer do modo pedonal, sendo que em situações onde se verificasse necessário manter juntos ambos os modos suaves abordados neste trabalho a opção poderia passar por uma pista unidirecional ou pela coexistência com os outros modos (Viegas, 2008).

Para existir uma uniformidade de regras, tal como para o modo pedonal, também para o modo ciclável existe um documento onde estão explicitadas as formas consideradas como corretas no que toca à construção deste tipo de estrutura: o Caderno de Soluções Tipo (CML, 2014).

Neste documento é explicitado que as pistas devem estar individualizadas de forma clara, através de um pavimento diferenciado dos restantes modos e o mais uniforme possível. A largura mínima considerada para a pista bidirecional é de 2,20 metros e no caso estritamente necessário da pista ser unidirecional, esta deve possuir no mínimo a largura de 1,5 metros e deve estar separada dos restantes modos: quer para garantir a segurança dos ciclistas, quer para impedir o estacionamento abusivo sobre a pista ciclável (CML, 2014).

Uma vez que existem necessariamente diferentes condicionalismos, seja ao nível da implantação do percurso ciclável em locais com espaço público já limitado, seja devido ao estacionamento ilegal sobre passeios, o Caderno de Soluções Tipo (CML, 2014) considera 3 tipologias de implantação:

- **Áreas Verdes:** Nas quais se considera que as pistas cicláveis devem estar separadas dos percursos pedonais ou, quando tal não se verificar possível, os limites de ambos devem estar identificados. As pistas devem estar marcadas através de cor.
- **Faixa de Rodagem:** A ciclovia deve ser implantada à cota da via e delimitada por um lancil de cota superior. Tal como as pistas do caso anterior, o pavimento deve ser diferenciado e colorido e o revestimento de superfície deve ser aplicado sobre pavimento betuminoso. Além do revestimento, deve existir sinalização horizontal através de tinta branca e pictograma da figura de bicicleta.
- **Cota do Passeio:** Esta topologia consiste numa pista colocada à cota do passeio junto ao lancil existente. Devido à maior suscetibilidade de se tornar inseguro para o ciclista, de Zonas de Interseção.

Finalmente, para as interseções existem aspetos essenciais a ter em consideração além da boa visibilidade da interseção e da redução do número de conflitos potenciais. No que toca às particularidades de ciclistas e rede, os aspetos aos quais convém ter particular atenção são (IMT, 2011c):

- Deve ser visível o percurso ciclável para todos os utilizadores.
- Deve ser possível estabelecer contato visual entre o condutor do veículo motorizado e o ciclista a fim do ciclista poder perceber se foi ou não “visto”.
- Devem evitar-se desvios no desenho da interseção e perdas de prioridade que diminuam o conforto aos ciclistas.
- Devem minimizar-se distâncias de atravessamento e tempos de espera dos ciclistas.
- Devem ser visíveis e inequívocas as sinalizações – verticais e horizontais – que definem o regime de prioridade.
- Devem ser cuidadosamente planeadas as situações de viragem à esquerda dos ciclistas visto que pela necessidade de atravessarem uma ou mais pistas de circulação automóvel, ou por terem de aguardar no meio de uma intersecção, ficam vulneráveis.
- A redução da velocidade do tráfego motorizado para que a velocidade das bicicletas lhes seja o mais semelhante possível.
- A complexidade acrescida nas intersecções e conflitos quando se implementam pistas cicláveis bidirecionais pelo facto dos condutores dos veículos automóveis não estarem alerta para situações em que os ciclistas aparecem em sentido contrário ao seu movimento.

2.5.3 ZONA DE ATRAVESSAMENTO CICLÁVEL

Para situações de atravessamento, às quais não costuma ser dada muita importância e que não raras vezes provocam situações de conflito para com os veículos motorizados (Ramos, 2008) – dado que o elemento composto pelo ciclista e pela bicicleta é mais frágil que o composto pelo veículo motorizado, na Figura 2.14 encontra-se um esboço de como deve ser desenhada uma intersecção na qual a prioridade é dada aos utilizadores ativos com perda de prioridade para os elementos motorizados que circulem nas pistas de trânsito.

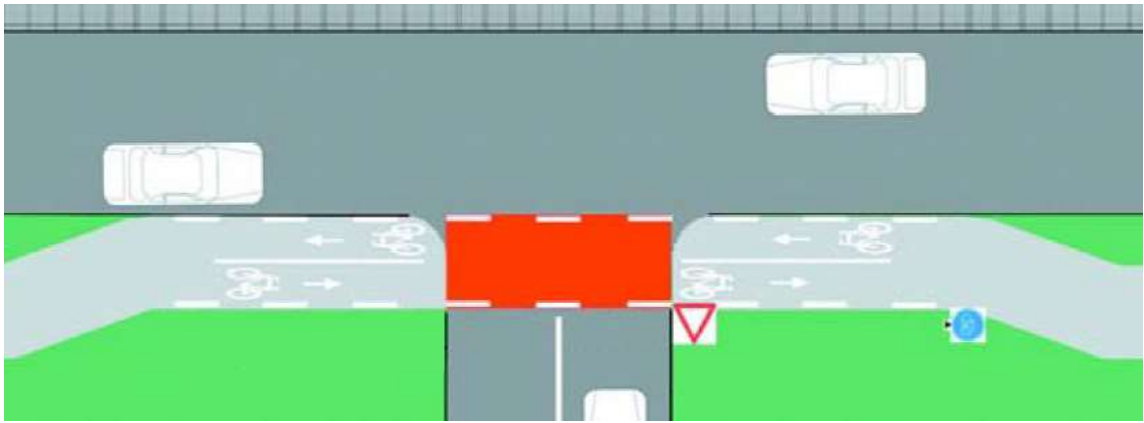


Figura 2.14- Situação de atravessamento com prioridade dada aos ciclistas (Adaptado IMTT, 2011c)

É de realçar a importância de haver rebaixamento do passeio e do lancil (Figura 2.15) que facilitem a deslocação e minimizem perdas de equilíbrio.

Nas situações em que não for possível manter o revestimento da superfície utilizado na pista ciclável, surge como opção a identificação, através de pintura branca, do espaço destinado à passagem de bicicletas (Figura 2.16).

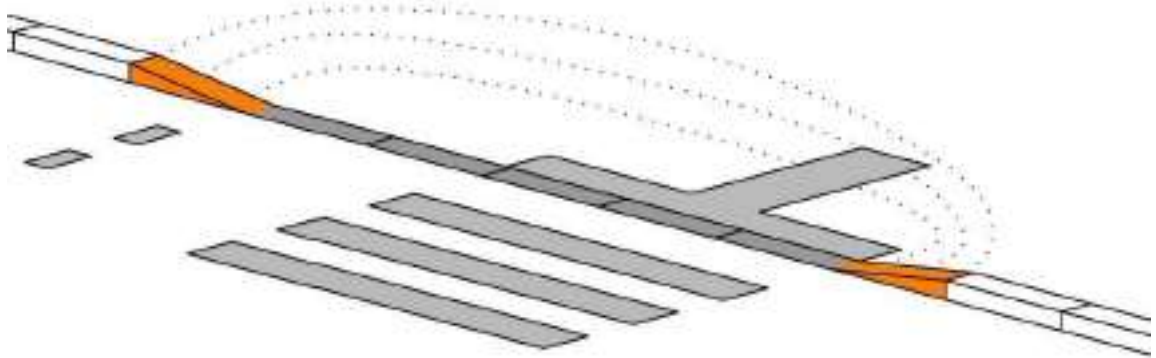


Figura 2.15- Rebaixamento de lancil e passeio na interface com a passadeira (CML, 2014)

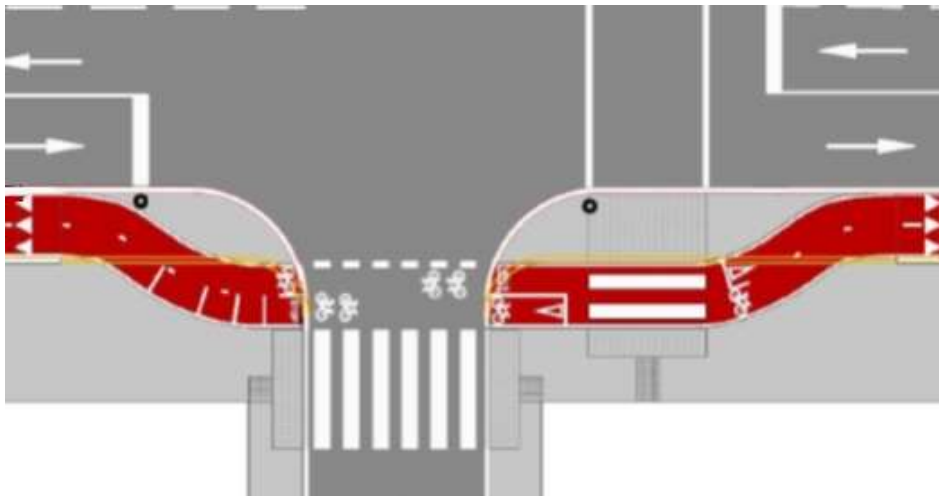


Figura 2.16- Zona de atravessamento de uma pista ciclável (CML,2014)

É de notar que em zonas de cariz histórico, pelos condicionalismos de espaço, pode tornar-se impossível acrescentar uma destas pistas pelo que a solução passa por criar zonas de coexistência com o peão.

Estas zonas são muitas vezes marcadas no pavimento através de elementos (chapas metálicas) para identificação da coexistência no passeio destes dois modos de transporte, exemplo desta utilização pode ser vista na zona do Paço do Lumiar (Figura 2.17).



Figura 2.17. Chapas metálicas identificativas de pista ciclável

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Olhando para a infraestrutura de transportes, principalmente no que toca às vias de acesso mais local ou de proximidade, ainda se encontra uma grande predominância do espaço destinado ao veículo automóvel – seja na largura das vias de trânsito ou no espaço destinado ao estacionamento –, conseguido através do prejuízo do espaço destinado ao peão e ao ciclista.

Atualmente, com a necessidade de tornar as movimentações mais sustentáveis – principalmente as viagens curtas que facilmente podem ser transferidas para o modo ciclável e pedonal – urge atribuir no perfil transversal de uma via espaço para que o peão possa circular em condições de segurança e conforto (Rybarczyk, 2014).

As preocupações não cessam aí, é ainda necessário dirimir todas as situações de confronto entre o peão e o ciclista e o veículo automóvel dado que estes são bastante mais frágeis numa situação de conflito. Para tal, as condições de segurança e conforto devem também estar asseguradas em pontos de atravessamento.

Ao nível da acessibilidade a todos, no panorama atual torna-se necessário criar uma infraestrutura inclusiva onde todos os utilizadores possam beneficiar do espaço com iguais condições (INR,2006).

3 INFRAESTRUTURAS DE MOBILIDADE ATIVA

3.1 GENERALIDADES

Constata-se que o pavimento pode ter variadas definições relacionadas com as suas funções e competências mais preponderantes. Lamas (1997) definiu pavimento como “um elemento de grande importância no espaço urbano, mas elemento também de grande fragilidade e sujeito a contínuas mudanças. Basta lembrar as evoluções dos pavimentos, ao longo dos tempos. Mas, em contrapartida, lembraria a enorme diferença de aspeto e comodidade que o correto tratamento do solo e a pavimentação conferem à cidade.” (Lamas, 1997).

No entanto, no âmbito da engenharia, o pavimento possui essencialmente outras atribuições que tradicionalmente focam a sua capacidade de carga (Branco, 2011; PIARC, 2016). Com efeito, Fernando Branco definiu-o como “um sistema multi-estratificado, formado por várias camadas de espessura finita, apoiadas na fundação constituída pelo terreno natural (maciço semi-indefinido), o qual pode ter um coroamento de qualidade melhorada.” (Branco et al., 2011).

A definição de uma infraestrutura de mobilidade ativa passa por um compromisso entre estas duas definições de carácter funcional e estrutural, na medida em que a construção desta infraestrutura implica obviamente que exista preocupação com a capacidade das camadas de suporte e revestimento e da sua correta ligação, mas também que as características de conforto, segurança e estética estejam presentes e adequadas à função que a infraestrutura vai desempenhar (Neves, 2015).

3.2 CONCEÇÃO DE GEOMETRIA

Uma vez que já foram clarificados atrás aspetos relacionados com a inserção da infraestrutura ativa no perfil transversal de uma via, é relevante fazer menção a configurações construtivas e parâmetros geométricos associados quer à infraestrutura pedonal quer à infraestrutura ciclável (Koukura, 2015).

A) INFRAESTRUTURA PEDONAL

Mantendo o que é referido desde o início, o desenho dos espaços destinados ao peão tem sempre em consideração as necessidades do utente mais vulnerável em termos de limitações dado que uma rede que consiga corresponder às necessidades do elemento mais condicionante consegue obviamente satisfazer as necessidades de todos os outros.

Tal como já foi anteriormente exposto, o PDML fala que em novos arruamentos a largura do passeio deve ser superior a 3,00 metros. No entanto, para perceber melhor este valor, há que esclarecer o conceito de largura bruta e largura útil ou livre.

A largura bruta corresponde à distância entre a faixa de rodagem (ou berma, quando exista) e outra barreira (edifício, muro, vedação ou vegetação). Por sua vez, a largura útil é aquela que assegura efetivamente a circulação livre e sem obstruções, isto é, sem mobiliário urbano, placas de sinalização, vegetação ou canteiros ajardinados e caixas de eletricidade. Além destes equipamentos, também as fachadas dos edifícios têm influência na largura efetiva visto que montras, esplanadas e publicidade nas fachadas acabam por reduzir a largura útil do passeio.

É recomendado que, para prevenir estas situações, a colocação do mobiliário urbano e dos restantes elementos seja feita numa faixa contínua adjacente ao espaço viário, junto ao bordo exterior do passeio, sendo a restante área utilizada para a infraestrutura pedonal, como é visível na Figura 3.1.

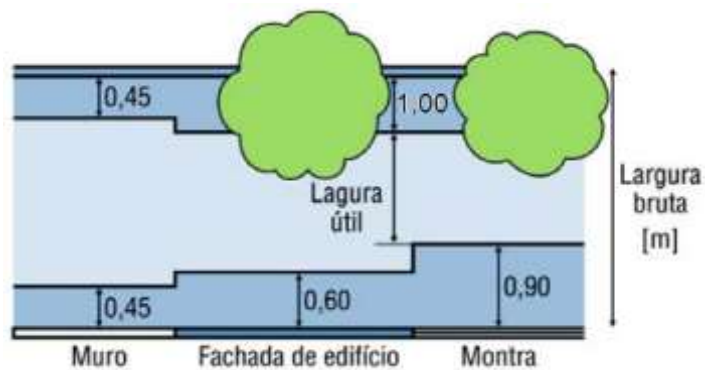


Figura 3.1- Largura útil e bruta de um passeio (Adaptado IMTT, 2011b)

No Decreto-Lei n.º163/2006 de 8 de Agosto é definido o mínimo de 1,5 metros nos passeios adjacentes a vias principais e distribuidoras e 1,20 metros nas restantes situações e que a interseção de cadeiras de rodas a circular em sentidos contrários necessita de 1,80 metros. No entanto, na Portaria n.º216-B/2008 de 3 de Março diz que os valores mínimos a considerar para as larguras dos passeios devem ser de 2,25m sendo que no caso de existirem caldeiras de árvores este deve aumentar 1,00m de largura.

ZONA DE ATRAVESSAMENTO

Ditam as boas práticas que a interface entre o passeio e a via de trânsito deve ser o mais confortável possível pelo que é de considerar o rebaixamento no lancil até ao nível da rodovia nessas situações, sendo que fora delas a altura do lancil não deve ultrapassar os 20 centímetros, como diz o Decreto-Lei n.º163/2006 de 8 de Agosto.

Para essa altura tender para zero da forma mais confortável possível, pressupõe-se a implementação de uma rampa imediatamente após a passagem dos peões, como mostra a Figura 3.2.

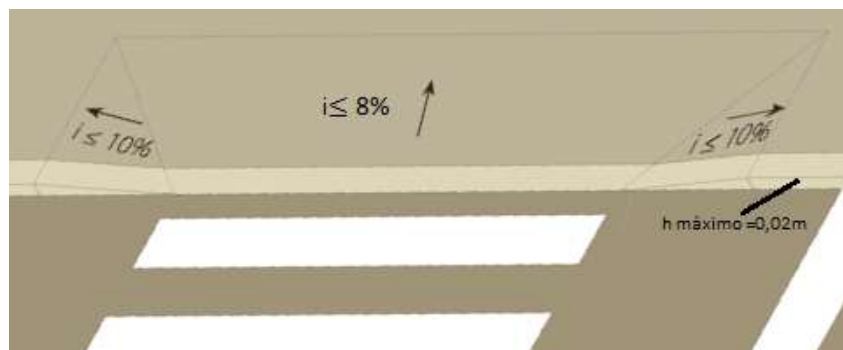


Figura 3.2- Dimensões recomendáveis para declives (Adaptado IMTT, 2011b)

As passagens de peões podem ainda ser implementadas em associação com medidas de acalmia de tráfego. Estas têm como objetivo obrigar à redução da velocidade dos veículos motorizados e contribuir de forma indireta para a melhor visibilidade do peão

B) INFRAESTRUTURA CICLÁVEL

No que toca aos percursos cicláveis, podem identificar-se 3 tipologias diferentes (IMTT, 2011c): vias banalizadas ou de coexistência nas quais as bicicletas partilham o espaço com veículos motorizados e que, por isso, correspondem a zonas onde é dado grande enfoque à integração do modo ciclável na rede; faixas cicláveis ou de separação visual onde existe um espaço destinado a bicicletas que faz parte da faixa de rodagem e que se encontra sinalizado através de uma linha horizontal no pavimento ou de uma coloração diferenciada do mesmo; e ainda pistas cicláveis ou de separação física que

pressupõem um canal segregado do tráfego motorizado através de uma separação física do espaço rodoviário – que corresponde à opção de maior segregação.

Cada uma das tipologias apresentadas anteriormente apresentam vantagens e desvantagens de acordo com a sua aplicabilidade e forma como são inseridas no perfil transversal dos arruamentos. Os principais critérios que influenciam a tipologia a escolher são a velocidade de circulação dos veículos motorizados e o volume de tráfego existente na via, como se pode observar na Figura 3.3.

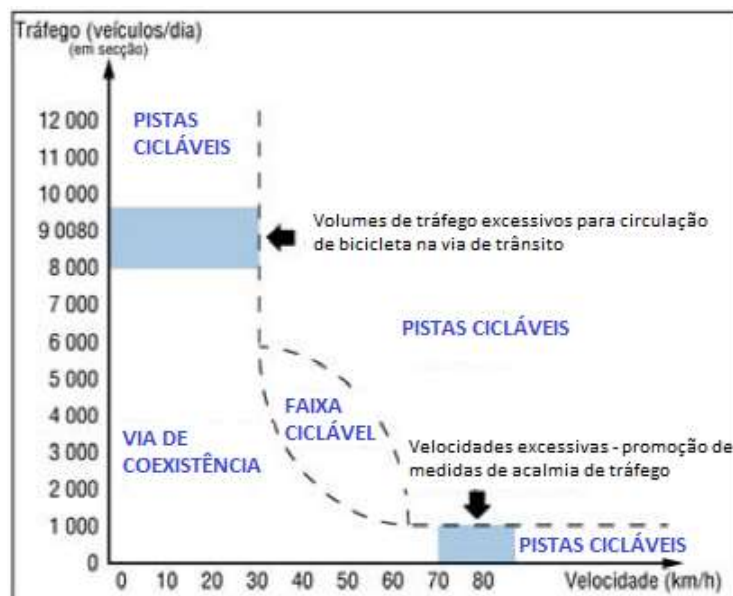


Figura 3.3- Critérios de escolha da tipologia de percurso ciclável (Adaptado CERTU, 2005)

As vias de coexistência devem ser colocadas em zonas onde existe primazia pela integração da via ciclável na rede já existente. Como tal, esta opção é válida sobretudo no interior de bairros e malhas urbanas consolidadas onde sinalização horizontal e eventualmente vertical é suficiente para indicar a presença de ciclistas. As principais vantagens são a possibilidade de implementar a custos de execução reduzidos, o aproveitamento da infraestrutura já existente sem necessitarem de espaço próprio e a coexistência com outros modos de transporte (que se prevê já circularem a baixa velocidade). Os principais inconvenientes são a necessidade de mudar a mentalidade de todos os utilizadores para a presença de ciclistas, a exigência de campanhas de informação e sensibilização para a aceitação das bicicletas por parte dos condutores dos veículos motorizados e insegurança provocada pelo incumprimento das medidas de acalmia de tráfego que se traduzem em perigos para os ciclistas.

Por sua vez, as vias de separação visual pressupõem a criação de um espaço de circulação contíguo à faixa de circulação do tráfego motorizado e aplica-se sobretudo na ligação entre bairros e em meio urbanos. Como vantagem possui a proteção do ciclista nas interseções – por ser sempre visível, os custos reduzidos, o consumo reduzido de espaço e facilidade de manutenção. As principais desvantagens são a possibilidade do espaço ser invadido por estacionamento indevido e a proximidade com o tráfego motorizado que pode criar insegurança devido às elevadas velocidades a que circula.

As vias com separação física podem ser pistas cicláveis exclusivas ou partilhadas com peões e ainda ecopistas (pistas cicláveis de cariz turístico ou rural). As primeiras (pistas cicláveis exclusivas ou partilhadas com peões) fazem sentido sobretudo em zonas periurbanas, entre aglomerados urbanos e ainda junto a vias estruturantes cujas velocidades sejam superiores a 70km/h. Como tal, pressupõem perfis com poucas interseções e eixos com larguras suficientes para se efetuarem ultrapassagens. Os principais pontos positivos são a sensação de segurança que provocam nos utilizadores da ciclovias que acaba por ser potenciador do aparecimento de novos ciclistas. Os pontos negativos estão relacionados com os custos de implementação e de manutenção, a dificuldade em inserir num perfil em meio urbano

consolidado uma via deste tipo e por potenciar os conflitos com os peões. As ecopistas e pistas cicláveis de cariz turístico existem sobretudo em percursos de lazer e recreio e devido à sua função devem ter bem vincadas as características de conforto, de segurança e o papel turístico. As principais desvantagens resultam do facto de estarem muitas vezes mal iluminadas ou de não possuírem pontos de água e dos custos que resultam da sua manutenção e da sua implementação.

Apesar de terem sido esclarecidas anteriormente as situações em que melhor se adequa cada uma das tipologias, não existe uma regra absoluta e cada situação deve ser analisada por si mesma. É geral, no entanto, que a implementação de vias de coexistência deve ser preferencial em locais cujas velocidades sejam baixas (inferiores a 30km/h) e que estas, apesar de apostarem na integração dos modos de transporte, não são menos seguras do que as que apostam na segregação (IMTT, 2011c).

Para os parâmetros geométricos, no entanto, não existem ainda normas portuguesas pelo que o IMT (IMTT, 2011c) refere o *Guide de bonnes pratiques pour les aménagements cyclables* belga como referência (CRR, 2009). Utilizando as tipologias anteriormente definidas, nas vias de coexistência uma vez que se parte do princípio que o espaço rodoviário é utilizado também pelas bicicletas, não existe dimensões para uma via segregada. Mesmo assim, no caso de existir uma indicação adicional no pavimento, esta deve ter uma largura mínima de 70 centímetros (embora a largura adequada referida sejam os 90 centímetros) e pode existir uma zona adicional de 80 centímetros sempre que seja necessária uma zona de segurança adicional.

No caso de vias com separação visual, a largura considerada adequada é de 1,5 metros e deve incluir sinalização horizontal. Tal como no caso anterior, sempre que necessário deverá existir uma zona de segurança adicional de 80 centímetros.

No caso de vias com separação física, o caso é mais complexo e podem ter-se 4 pistas de características geométricas diferentes. Para o caso de pistas cicláveis destinadas exclusivamente a ciclistas, cada sentido deve ter a largura de 1,30 metros (no caso de ser bidirecional, a largura total será de 2,50 metros). As pistas cicláveis partilhadas com peões devem ter as dimensões de 1,3 metros para bicicletas aos quais se adiciona 1,5 metros de passeio num total de 2,80 metros para o caso unidirecional ou, para o caso bidirecional, 2,20 metros de pista ciclável mais 1,5 metros de passeio cuja largura total atinge os 3,70 metros. No caso de uma pista ciclável mista partilhada com peões, a largura para uma só dimensão são 2 metros e para duas dimensões são 3 metros. Finalmente para as ecopistas e restantes pistas cicláveis de cariz turístico a dimensão mínima é 2,5 metros. Há que referir que em qualquer dos casos podem ser adicionados os 80 centímetros referidos anteriormente para reforço da segurança.

Noutros países, de que são exemplo a Bélgica, existe ainda a possibilidade da bicicleta partilhar o espaço destinado aos autocarros (corredor BUS) mas, apesar desta opção ser defendida pelos ciclistas, tal ainda não é permitido em Portugal por se considerar que não são asseguradas condições de segurança para os ciclistas (IMT, 2011c).

3.3 SOLUÇÕES DE PAVIMENTAÇÃO

A mais antiga infraestrutura é a dedicada ao modo pedonal, até porque este é inerente e inevitável ao ser humano. No entanto, apesar da diferença de antiguidades, ambas as infraestruturas são alvo de evolução e de experimentação – tendo-se o cuidado de adaptar e adequar as opções mais tradicionalistas às atuais exigências. Seja pedonal ou ciclável, em ambos os casos existem materiais novos a serem experimentados e a serem utilizados pelas primeiras vezes e a responderem aos cada vez mais rigorosos contextos de utilização.

De acordo com o novo manual de apoio a projeto e obra de espaço público “Lisboa: o Desenho da rua” (CML, sd) pretende-se que em termos funcionais a superfície do pavimento seja: estável – para não se

deslocar quando sujeita a ações mecânicas; durável – de modo a que não se desgaste com a utilização corrente e agentes naturais; firme – na medida em que não sofra deformações decorrentes do normal uso; contínua – não possuindo juntas não preenchidas; aderente/antiderrapante – garantindo boa aderência entre superfície/roda–sapato mesmo na presença de humidade ou água; drenante – tendo qualidades suficientes de drenagem superficial no sentido do escoamento de águas pluviais; e com refletância correspondente a cores confortáveis e com acabamento não polido.

Em termos objetivos a escolha passa por critérios como: resistência ao escorregamento e ao polimento, regularidade, refletância, irradiação de calor, facilidade de construção, adequação a superfícies empenadas, facilidade de remates, recortes e reparações e facilidade de limpeza (Pimenta, 2008).

Há que referir que devem estar asseguradas, independentemente da solução de revestimento a utilizar, condições de estabilidade e capacidade de suporte que respeitem as exigências funcionais e de conforto. Essas exigências podem ser cumpridas através do tratamento prévio da base, com utilização de argamassas.

No que toca à sua construção e à forma como são colocados em obra, as soluções podem ser de dois tipos: descontínuas ou contínuas.

O primeiro caso engloba todas as soluções de pavimento cuja superfície resulta da justaposição de peças de maior ou menor dimensão – isto é, sobretudo soluções de aplicação em infraestruturas do modo pedonal – e o segundo caso corresponde a pavimentos executados na área em intervenção que têm como resultado superfícies lisas ou de textura regular onde o conforto e a segurança estão associados à estética e com harmonia com a envolvente – isto é, sobretudo soluções de aplicação em infraestruturas do modo ciclável, embora também usado pontualmente no modo pedonal (em Lisboa esta opção está visível nas zonas de estadia dos vários miradouros).

A) SOLUÇÕES DESCONTÍNUAS

Olhando em primeiro lugar para as soluções descontínuas que são maioritariamente utilizadas na construção de infraestruturas de mobilidade pedonal, podem ser considerados 3 tipos de materiais: calçadas, blocos e lajeado.

Começando a análise pelas calçadas (Figura 3.4), estas correspondem a pavimentos cuja superfície resulta da justaposição e compactação de peças de pedra natural de pequena dimensão. É efetivamente a forma mais usual de pavimentação nos espaços destinados a circulação pedonal.

As principais vantagens desta solução são o facto de permitem uma grande versatilidade devido à pequena dimensão dos elementos, não conferirem impermeabilidade e permitirem a infiltração de água no solo e poderem ser reutilizadas quando, devido a situações de manutenção das infraestruturas do subsolo, os passeios têm que ser levantados.

Por outro lado, devido ao facto do seu assentamento ser manual e muitas vezes estar em projeto a criação de um padrão ou desenho, a sua construção deveria ser feita por pessoal especializado para o efeito, algo que não acontece comumente – tem-se inclusive perdido a profissão de calceteiro e atualmente são poucos os profissionais em atividade. Outra das desvantagens resulta do facto da polidez dos materiais com a utilização contínua levar a situações de escorregamento e queda por parte dos utilizadores.

Em segundo lugar tem-se os blocos que resultam da moldagem mecânica de peças de pequena ou média dimensão. Antigamente eram sobretudo de pedra, como se pode observar na Figura 3.5. Os pavimentos mais atuais são sobretudo criados com blocos pré-fabricados (Figura 3.6) com formas, esterotomia, cores, materiais e acabamentos variados que facilitam a criação de padrões e motivos.

Como vantagens para a utilização destes materiais temos o facto de haver maior controlo nas propriedades físicas e mecânicas do betão do que na pedra; a mecanização do processo de produção

que se traduz no controlo mais rigoroso das propriedades geométricas e a possibilidade de diferentes colocações e variações de forma. Outra vantagem importante é o facto de ser uma solução mais económica quando em causa estão blocos de betão em vez de opções em pedra natural (Sousa, 2008).

No entanto, segundo os mais tradicionalistas destes materiais resultam infraestruturas com pouco carácter que não traduzem a tradição da pavimentação manual.



Figura 3.4- Calçada Portuguesa



Figura 3.5- Blocos de Granito

Finalmente, o lajeado (Figura 3.7) corresponde à justaposição de peças de maior dimensão que podem ser de pedra natural ou artificial com os mais diversos acabamentos. Estas soluções são vantajosas na medida em que acarretam custos mais baixos, maior facilidade de manutenção e fácil reparação. Consegue facilmente compreender-se que é uma solução que apresenta menores exigências técnicas no assentamento e maior facilidade de execução. Como desvantagem temos novamente a tradição da calçada, a polidez destas soluções que se podem traduzir em quedas e lesões por parte dos utilizadores e a facilidade de quebra e elevadas perdas em obra quando o lajeado é de maior dimensão.



Figura 3.6- Blocos de Cimento



Figura 3.7- Lajeado

B) SOLUÇÕES CONTÍNUAS

As soluções contínuas são, ao contrário das anteriores, formas de pavimentação executadas em obra através de produtos comerciais que depois de colocados e secos adquirem a continuidade que as caracteriza. Pelo facto de serem individualmente desenvolvidas para cada projeto têm liberdade para apresentar diferentes cores, texturas e acabamentos.

Na utilização destes pavimentos, que foram pensados primeiramente como revestimento e camadas de desgaste de infraestruturas rodoviárias de tráfego intenso, a continuidade acaba por ser também a principal desvantagem da sua utilização em mobilidade ativa. Com efeito, em grande parte dos arruamentos onde as pistas cicláveis e passeios são inseridos, existem no subsolo infraestruturas que eventualmente necessitarão de reparações que terão como consequência “remendos” na solução que se pretende contínua. Estas reparações acabam por ser o ponto inicial de patologias que se agravam com o tempo e a passagem de pessoas e bicicletas.

Como desvantagens temos ainda o elevado custo de execução e a manutenção dispendiosa realizada por mão-de-obra qualificada que garanta a correta execução e as limitações associadas às infraestruturas que estão alojadas no subsolo (CML, sd).

Por outro lado, as vantagens passam pelo facto de serem uma solução adaptada ao local em que a infraestrutura será colocada, por resultarem em situações de melhor acabamento e em que existe um maior cuidado com a estética. Acrescenta-se ainda a rápida progressão em obra associada a esta infraestrutura que possui elevados rendimentos quando comparada com soluções descontínuas mais tradicionais.

Estas soluções – atualmente associadas à cor avermelhada das pistas cicláveis já construídas – resultam da aplicação de argamassas de agregados de granulometria controlada e resinas acrílicas. Os ligantes utilizados podem ser de origem betuminosa como a que está na Figura 3.8 ou então de outras origens – de que são exemplo os ligantes minerais hidráulicos compostos por resíduos de vidro e reativos básicos naturais como a cal (vide Figura 3.9).



Figura 3.8- Material de origem betuminosa utilizado na ciclovia das Olaias (Foto cedida pela CML, 2015)



Figura 3.9- Construção de percurso ciclável na Quinta das Conchas com material hidráulico (Foto cedida pela CML, 2015)

No entanto, no que diz respeito às ciclovias já em serviço, são bastantes as críticas feitas aos produtos de revestimento. No lado dos donos de obra existem queixas relativas à insuficiente durabilidade da solução e fraca resistência às condições – atmosféricas e de tráfego – que resultam em infraestruturas cujo tempo de vida útil fica bastante aquém do anunciado. No lado dos comerciantes destes produtos de revestimento e da investigação feita nesta área são apontados incumprimentos do ponto de vista da aplicação em obra que resultam nos problemas anunciados de degradação precoce e rápida progressão de patologias. Existem, inclusivamente, documentos publicados com o objetivo de esclarecer acerca das especificações associadas à execução em obra assim como com a importância da fiscalização em obra (Nicholls, 1998).

Assim fica também justificada a viabilidade do trabalho de relatório que foi efetuado: através de ensaios adaptados à infraestrutura em análise, compreender qual o comportamento do revestimento quando exposto a diferentes condições da superfície de suporte assim como diferentes modos de aplicação e quais as implicações que estas têm no aparecimento de patologias assim como na durabilidade do revestimento superficial.

3.4 REVESTIMENTOS DE PISTAS CICLÁVEIS

Atualmente a pavimentação de pistas cicláveis é executada com recurso a materiais fluidos que dão origem a camadas que, na comunidade científica, são denominadas de camadas delgadas de revestimento (NAPA, 2009).

Estas camadas resultam da aplicação de argamassas elaboradas em local próprio e que respondem a exigências do ponto de vista técnico e de controlo de qualidade onde se afiança que o material a comercializar cumprirá em rigor a função a que se destina.

No entanto, o processo para chegar a esta forma de trabalhar, com produtos pré-fabricados e de rápida aplicação em obra, resultou do aperfeiçoamento de técnicas de tradicionais de fabrico *in situ* das quais resultavam acabamentos com maior variabilidade e maior suscetibilidade de desenvolver patologias precocemente.

A) ANTECEDENTES

Os materiais utilizados em tratamentos superficiais, de que são exemplo os revestimentos utilizados nas pistas cicláveis mas também as regas betuminosas e restantes tratamentos em pavimentos rodoviários, têm por base as mesmas premissas.

Em primeiro lugar não possuem função estrutural e destinam-se principalmente a melhorar as suas características de superfície (Freitas, sd; Menezes, 2008): impermeabilizar a superfície e melhorar a rugosidade da superfície de desgaste. Em segundo lugar, apesar da sua espessura reduzida, devem garantir desempenho e integridade da superfície assim como durabilidade – característica que é conseguida através da utilização de agregado de elevada resistência à abrasão.

Para melhor compreender como se chegou a este tipo de pré-fabricados com aplicação simplificada, apresentam-se os casos de três, produtos que lhes serviram de base e que possuem algumas semelhanças com os atuais:

- O Slurry Seal é também conhecido como lama asfáltica, e consiste numa mistura betuminosa de agregado com granulometria fina que confere ao material a fluidez e aspeto semelhante ao de uma lama – aspeto facilitador da aplicação e elevado rendimento em obra. Da sua aplicação resulta uma superfície de baixa macro e microtextura o que se traduz numa fraca aderência pneu-pavimento em infraestruturas rodoviárias, mas que se assume próxima do acabamento pretendido numa superfície de carácter ciclável. Em cenários rodoviários, é usada com o intuito de colmatar fissuras e de conferir à camada de desgaste boas características de rugosidade (Branco, 2011).
- Os revestimentos superficiais betuminosos consistem no espalhamento de camadas (uma ou mais) de betume ou emulsão betuminosa espalhando posteriormente agregado fino. Esse agregado é cilindrado de forma a ficar incrustado no ligante. Este revestimento é utilizado tanto em faixas de rodagem de pavimentos rodoviários como em bermas e deve respeitar critérios de desgaste do agregado na máquina de Los Angeles assim como de granulometria dos finos (Branco, 2011).
- O microaglomerado betuminoso a frio é uma técnica de pavimentação que consiste na aplicação de uma camada delgada de uma mistura betuminosa fluida a frio com agregado de granulometria fina (mas de dimensão superior à do slurry seal). Tal como no revestimento superficial betuminoso existem também características de conceção que devem ser respeitadas. Por ser executado em obra, a da qualidade de fabrico e o resultado após aplicação era significativamente variável e as condições de controlo de qualidade menos exigentes e difíceis de garantir. Essa desvantagem foi colmatada com o aparecimento das novas argamassas que, tal como o microaglomerado betuminoso a frio, são aplicadas em obra à temperatura ambiente.

B) REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS

Tal como já foi mencionado, as camadas de revestimento desenvolveram-se a partir da necessidade de recuperar, entre outros aspetos, as características superficiais de um pavimento (Menezes, 2008). Com efeito, com a aplicação de um revestimento superficial pretende-se melhorar as condições de regularidade, rugosidade, atrito, estética e até ruído de um pavimento.

Ao nível dos pavimentos rodoviários, existe ainda a destacar o retardamento do aparecimento de fissuras na camada de desgaste, algo essencial para o bom desempenho da infraestrutura. Efetivamente, as fissuras além de serem o primeiro ponto na cadeia de degradação de um pavimento, causam inúmeros problemas de que são exemplo a infiltração de água e consequente redução da capacidade de suporte, o desconforto dos utilizadores e a redução da segurança (Vanelstraete, 1997, NAPA, 2009).

Do ponto de vista da economia, estão também referidos ganhos significativos no aumento da vida útil de um pavimento resultantes da aplicação de camadas de revestimento como forma de prevenção à deterioração. Como se pode observar pela Figura 3.10, os ganhos conseguidos com a aplicação destas camadas não é infinito e, em algum ponto, será necessária uma reabilitação mais profunda e de caráter estrutural. No entanto, esta abordagem preventiva prevê um aumento da vida útil de um pavimento assim como a administração mais economizadora dos recursos financeiros disponíveis (Nicholls, 1998).

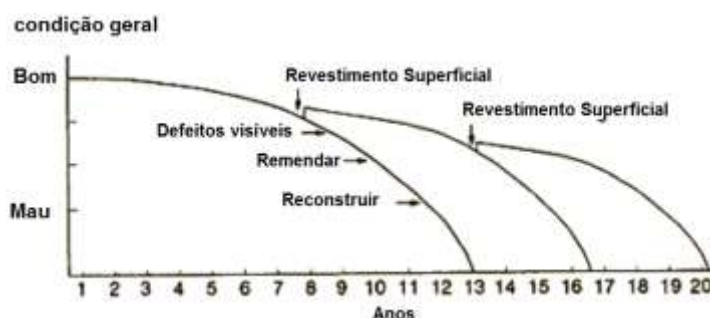


Figura 3.10- Aumento da vida útil de um pavimento com a aplicação de revestimentos superficiais (Nicholls, 1998)

Alargando a análise das camadas de revestimento às suas mais variadas aplicações – de que os pavimentos rodoviários são apenas um exemplo – são possíveis identificar cinco razões que tornam esta opção como desejável: antiderrapantes, selarem a superfície impedindo a infiltração de água, impedir a desagregação de materiais, permitir diferentes colorações e um aspeto uniforme à infraestrutura (Nicholls, 1998).

Em mobilidade ativa os revestimentos aplicados também possuem caráter predominantemente funcional, conferindo as características de superfície adequadas à utilização de bicicleta. As soluções comercializadas assentam na colocação de camadas de revestimento aplicadas sobre uma superfície de suporte.

Ao nível do suporte são esperadas diversas condições: em primeiro lugar, espera-se que este possua capacidade estrutural para sustentar as cargas que utiliza a infraestrutura – que neste caso se limitam à bicicleta e ao seu utilizador mas que, em casos de atravessamento automóvel, terão também que suportar a passagem de veículos motorizados de maior peso; além disso, espera-se que a superfície se encontre desempenada e sem degradações evidentes que coloquem em causa a capacidade da infraestrutura corresponder às expectativas; em último lugar, espera-se que a superfície seja limpa e se encontre seca antes da colocação do material utilizado para o revestimento de forma a que este adira à superfície de suporte e se fixe nela.

Em relação às espessuras consideradas, estas não possuem valores fixos definidos. No entanto, para cada produto comercializado existem valores referidos que variam com o número de demãos de revestimento colocadas. Há que ressaltar que nas normas de aplicação destes revestimentos é referido

que o material deve ser aplicado sem que se permitam acumulações de material de forma a evitar a criação de bolhas ou de uma espessura excessiva que não adira corretamente ao suporte e que acelere o aparecimento de degradações superficiais.

3.5 PATOLOGIAS

Nos pavimentos rodoviários, as degradações – de que podem ser exemplo as deformações e os defeitos de superfície – são fenómenos inevitáveis e que podem surgir por razões diversas: quer devido a más práticas construtivas ou a roturas devido ao tráfego.

Nas infraestruturas de mobilidade ativa interessa sobretudo conhecer as degradações da superfície visto que são aquelas que correspondem a falhas nos revestimentos utilizados como suporte à prática desta forma de mobilidade.

Embora exista um catálogo da Estradas de Portugal (EP, 2008) que explicita as famílias de degradações existentes nos pavimentos rodoviários, considera-se essencial adaptar a informação disponível às degradações observadas nas infraestruturas de mobilidade ativa.

Pelo facto de soluções descontínuas e contínuas serem efetivamente diferentes, também na adaptação ao catálogo das patologias se efetuou a distinção entre as verificadas nos dois casos.

A) SOLUÇÕES DESCONTÍNUAS

Com efeito, nas soluções descontínuas podem encontrar-se deformações permanentes – como a que se observa na Figura 3.11 –, alterações nas características da superfície de que é exemplo o polimento dos materiais que se observa na Figura 3.12 e o aparecimento de vegetação da Figura 3.13, desagregação dos blocos devido às raízes dos elementos arbóreos (Figura 3.14) ou ao punçoamento provocado pela queda de água (Figura 3.15). Realça-se ainda através da Figura 3.16 a importância da escolha dos materiais e da manutenção das características de superfície – ao contrário do que se observa, onde até as tampas das infraestruturas do subsolo são forte obstáculo à utilização por portadores de deficiências visuais.



Figura 3.11- Deformações permanentes



Figura 3.12- Polimento dos materiais



Figura 3.13- Irregularidade da superfície e aparecimento de vegetação



Figura 3.14- Desagregação de blocos devido às raízes dos elementos arbóreos



Figura 3.15- Degradação devido à queda de água num local concentrado



Figura 3.16- Irregularidade de materiais

B) SOLUÇÕES CONTÍNUAS

Nas infraestruturas de mobilidade ciclável a degradação mais comum resulta da desagregação do revestimento que pode verificar-se em camada (Figura 3.17) ou em pó e resultar em peladas da superfície (Figura 3.18). Além destas, observam-se ainda más práticas construtivas (Figura 3.19) e a colocação de câmaras de visita que, por traduzirem descontinuidades, provocam o aparecimento e propagação de patologias (Figura 3.20).



Figura 3.17- Desagregação do revestimento



Figura 3.18- Pista ciclável com peladas no revestimento



Figura 3.19- Má prática construtiva



Figura 3.20- Câmara de visita

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela sua especificidade, importa à mobilidade ativa possuir um manual que contemple as soluções pedonal e cicláveis não só do ponto de vista da geometria – a qual deve ser conhecida e clarificada amplamente de forma a que as novas infraestruturas construídas sejam acessíveis a todos os cidadãos mas também do ponto de vista dos materiais. Com efeito, apesar desses manuais já serem feitos em âmbito municipal para o concelho de Lisboa, importaria que as soluções a adotar fossem do conhecimento de todos as entidades a nível nacional e testadas e aceites por todas.

A nível das patologias, a análise destas ao nível específico da mobilidade ativa passou pela necessidade de se conhecer o comportamento deste tipo de infraestruturas e a forma como envelhecem e se degradam, Com efeito, apesar de não existir um caderno de patologias que faça as devidas distinções entre as degradações que se encontram nos pavimentos rodoviários e as que se observam nas soluções de mobilidade ativa, considerou-se pertinente fazer a ressalva às patologias que efetivamente ocorrem neste tipo de pavimento devido à especificidade da mesma e ao âmbito do trabalho desenvolvido.

4 ESTUDO EXPERIMENTAL DE SOLUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO PARA PISTAS CICLÁVEIS

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Da pavimentação de infraestruturas de mobilidade ativa têm decorrido inúmeros problemas dos quais o precoce aparecimento de patologias e a sua rápida evolução, o que tem evidenciado a necessidade de se analisar de forma mais profunda os processos construtivos e os materiais utilizados para a sua construção – até para compreensão da forma como as más práticas em obra afetam o comportamento e a durabilidade das soluções de pavimentação.

Para avaliar de forma mais objetiva a superfície serão feitos ensaios de macrotextura e resistência ao deslizamento. Como forma de simular o tempo em serviço do revestimento será realizado o ensaio de resistência ao desgaste (por rolamento) que permitirá observar o progressivo aparecimento e agravamento das patologias de superfície. Depois deste ensaio serão novamente realizados ensaios de resistência ao deslizamento para compreender de que forma o desgaste da superfície afeta as características de superfície.

A aplicação de materiais de revestimento carece da existência de uma superfície previamente pavimentada onde este possa ser colocado e que, em condições ideais, deve estar lisa e desempenada, seca e limpa.

Uma vez que para simular o tempo em serviço do revestimento será utilizado o ensaio de resistência ao desgaste (por rolamento), conhecido por Wheel Tracking, tornou-se necessário criar lajes de dimensões normalizadas que pudessem ser utilizadas no equipamento que realiza este ensaio.

Nos pontos seguintes estão explicitados os materiais utilizados para revestir a superfície pavimentada e criar as ciclovias e está também uma breve explicação dos materiais utilizados para a criação das lajes utilizadas como suporte ao produto de revestimento.

4.2 MATERIAIS

4.2.1 MATERIAL DE REVESTIMENTO

A solução de pista ciclável é obtida através da utilização de uma argamassa de revestimento à qual pode ser adicionada uma pintura acrílica com resinas em dispersão aquosa cuja utilização possui caráter mais complementar (considerado um primário ou um acabamento).

A mistura utilizada para revestimento tem por base uma argamassa composta por agregados de granulometria controlada e resinas sintéticas cuja utilização ideal deve passar pela aplicação de 2 demãos – com a ressalva de que a segunda aplicação só deve ser feita após a correta e total secagem da primeira demão.

A pintura acrílica deve ser utilizada como primário quando em causa estiver um pavimento betuminoso com fraca capacidade de adesão à argamassa de revestimento. Pode ainda ser utilizada como acabamento após as duas demãos de argamassa – embora esta finalidade não possua influência na duração da vida útil mas apenas estética.

Nas figuras da página seguinte pode observar-se a colocação do revestimento numa das lajes de teste. Com efeito, na Figura 4.1 a) pode verificar-se a viscosidade do produto de revestimento e a forma como ele é colocado na superfície e na Figura 4.1 b) a forma como o mesmo deve ser espalhado pela superfície a revestir.



a) Colocação do produto de revestimento



b) Espalhamento do revestimento

Figura 4.1 Aplicação do produto de revestimento

4.2.2 MATERIAL DE SUPORTE

A preparação do suporte passou em primeira instância pela elaboração de lajes a partir de uma mistura AC 14 (BBr). A utilização de uma mistura tão resistente a deformações deveu-se em primeiro lugar à disponibilidade em laboratório destes materiais mas também à tentativa de diminuir o impacto que a formação de rodeira no ensaio de resistência ao desgaste teria no enviesamento das patologias cuja formação se pretendia que fosse exclusivamente devido ao material aplicado, condições de aplicação e superfície do suporte e não devido à deformação do suporte. Com efeito, dado que apenas a informação relativa à superfície importava, todos os dados relativos ao ensaio tradicional de Wheel Tracking foram desprezados.

4.3 PROCEDIMENTOS

Os ensaios efetuados nas lajes foram realizados com o objetivo de poder avaliar o comportamento de ciclovias, de conseguir compreender o modo como os produtos de revestimento comerciais se comportam nas mais variadas condições de superfície e aplicação e como reagem à contínua passagem de veículos que ocorre durante a sua vida útil.

Primeiramente foram usadas duas lajes (Laje A e Laje B) para testar as formas de aplicação do produto de revestimento e as condições de suporte de forma a aferir sobre os tempos necessários para a correta secagem do revestimento e viabilidade das soluções a testar.

É de referir que, de acordo com as recomendações do produto, a situação ideal correspondia à aplicação de 2 demãos do produto de revestimento e que, em casos de pior estado de conservação do pavimento pré-existente, se deveria colocar um primário. Ao nível das condições de superfície, o produto de revestimento deveria ser aplicado numa superfície seca e previamente limpa.

Para aumentar o número de situações analisadas, em cada laje foram ensaiadas 2 diferentes condições o que foi possível através da divisão prévia de cada superfície em duas partes iguais através de um marcador.

Seguidamente, cada parcela de laje correspondente a uma metade desta foi preparada com diferentes recursos (pó de pedra, filler comercial, água) para simular as condições de superfície de um pavimento real antes da aplicação do revestimento superficial.

Como se torna fácil compreender, para impedir que uma parcela que se pretendia exclusivamente humidificada fosse contaminada com o pó que seria usada na outra parcela, optou-se por proteger cada

uma de forma a que os recursos utilizados para simular a sujidade e/ou a humidade não invadissem o espaço não pretendido.

Na Figura 4.2 é possível observar a forma como cada laje foi protegida de forma a não contaminar diferentes condições da superfície de suporte aquando da aplicação do revestimento. Na Figura 4.3 observa-se o aspeto da superfície logo após aplicação do revestimento e na Figura 4.4 esse mesmo revestimento mas após secagem. Ainda na Figura 4.5 é possível observar o aspeto do primário logo após aplicação – é possível observar que existem pontos de acumulação desta pintura assim como outros pontos que ficaram por preencher.



Figura 4.2- Proteção de cada parcela para aplicação das condições definidas



Figura 4.3- Aspeto após colocação do revestimento, ainda húmido



Figura 4.4- Aspeto da laje após secagem do revestimento



Figura 4.5- Primário antes da secagem

De um modo mais sintético, o Quadro 4.1 apresenta a totalidade das condições ensaiadas. Pode observar-se ao nível das condições de suporte que foram ensaiadas além da superfície limpa – considerada a condição ideal da superfície de suporte – o suporte húmido, com diferentes formas de sujidade (filler comercial, pó de pedra) e a situação mais gravosa de uma superfície húmida e com sujidade. Ao nível das condições de aplicação, além da situação ideal correspondente às duas demãos, ensaiaram-se ainda a utilização de apenas uma demão e a utilização de primário – quer apenas com uma demão do produto de revestimento quer com duas.

Quadro 4.1 - Condições ensaiadas

Condições ensaiadas	Condições de Aplicação				
	Primário e uma demão	Primário e duas demãos	Uma demão	Duas demãos	
Condições do Suporte	Limpo	F2	D2	F1	D1
	Húmido				E1
	Filler comercial				C2
	Pó de Pedra				C1
	Húmido e pó de pedra				E2

A) AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE POR ROLAMENTO

O ensaio de Wheel Tracking é efetuado com base na EN 12697-22 de 2013 através de um simulador de tráfego que avalia a suscetibilidade das misturas betuminosas deformarem com a passagem de cargas rolantes – que representam de forma simplificada as sucessivas passagens dos rodados.

O ensaio realizado neste trabalho – que tinha como objetivo avaliar a evolução do revestimento com a contínua passagem do pneu calibrado para o efeito – sofreu algumas adaptações para melhor representar o objetivo em estudo (vide Figura 4.6).

Em primeiro lugar, a temperatura escolhida foram os 40°C, por ser superior aos 35°C considerados como limite para a aplicação do produto e também por ser uma temperatura comum para a superfície dos pavimentos durante as estações quentes.

Em segundo lugar, o ensaio não foi realizado em contínuo mas em períodos de 1.000 ciclos para se poder avaliar o aparecimento e evolução de patologias superficiais com a passagem continuada do rodado.

Em terceiro lugar, foram desprezados os resultados obtidos nas deformações visto que a análise foi centrada na superfície e no comportamento do revestimento e não na capacidade estrutural da laje.

Ressalva-se ainda que não foram tomadas simplificações no peso do pneu por se ter verificado nas lajes de teste que a rodeira criada era de pequena dimensão e não influía nos resultados superficiais que se pretendiam analisar.

Os dados recolhidos passaram, ao contrário do que se verifica no ensaios de Wheel Tracking, o levantamento visual das condições superficiais das lajes com a contínua passagem do rodado, como se pode observar na Figura 4.7. E, através de posterior comparação entre superfícies ensaiadas, observar não só qual a superfície que no final dos 10.000 ciclos se apresenta em pior estado de conservação mas também qual das lajes apresentou em primeiro lugar degradações ou uma evolução mais rápida das mesmas.

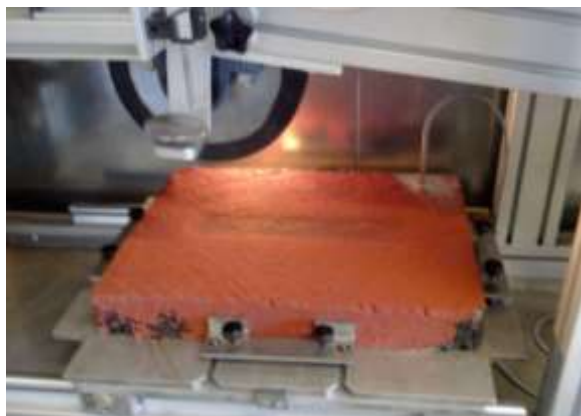


Figura 4.6- Ensaio de resistência ao desgaste por rolamento



Figura 4.7- Aspeto do revestimento superficial após ensaio de resistência ao desgaste por rolamento

B) AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA

A medição de macrotextura da superfície do revestimento através da técnica volumétrica da mancha foi realizado para fazer a avaliação pontual da textura do revestimento ciclável, utilizando-se a norma NP EN 13036-1 de 2011.

Este ensaio consiste no espalhamento na superfície de um pavimento de um determinado volume de esferas de vidro (também pode ser areia fina, daí o nome do ensaio) com a ajuda de uma borracha

calibrada. Como se pode compreender, as depressões da superfície são preenchidas de areia até não ser possível aumentar o diâmetro da mancha efetuada.

A superfície de ensaio deve estar seca e limpa – o que deve ser feito com recurso a uma escova numa área superior à que se prevê ser ocupada pela mancha de ensaio de forma a evitar a adulteração dos valores obtidos. Da mancha formada é retirado o valor do seu diâmetro e a partir deste calcula-se a profundidade média através da equação:

$$MTD = \frac{4V}{\pi D^2} \quad (4-1)$$

Em que:

MTD corresponde à profundidade média da textura superficial em mm,

V diz respeito ao volume de esferas de vidro espalhado em mm³,

D representa o diâmetro médio do círculo obtido com o espalhamento do material,

O resultado do ensaio é o valor médio dos pontos ensaiados em cada trecho.

Este ensaio apesar de não ter como resultado um valor direto do atrito entre pneu-pavimento, constitui um bom indicador uma vez que o resultado obtido é uma direta da macrotextura da camada de revestimento de uma pista ciclável.

No que toca ao material (Figura 4.11), é necessário uma escova para limpar a superfície, um paravento para reduzir a influência do vento, o volume calibrado de esferas de vidro, uma borracha calibrada para efetuar o espalhamento e uma régua para medição do diâmetro da mancha.

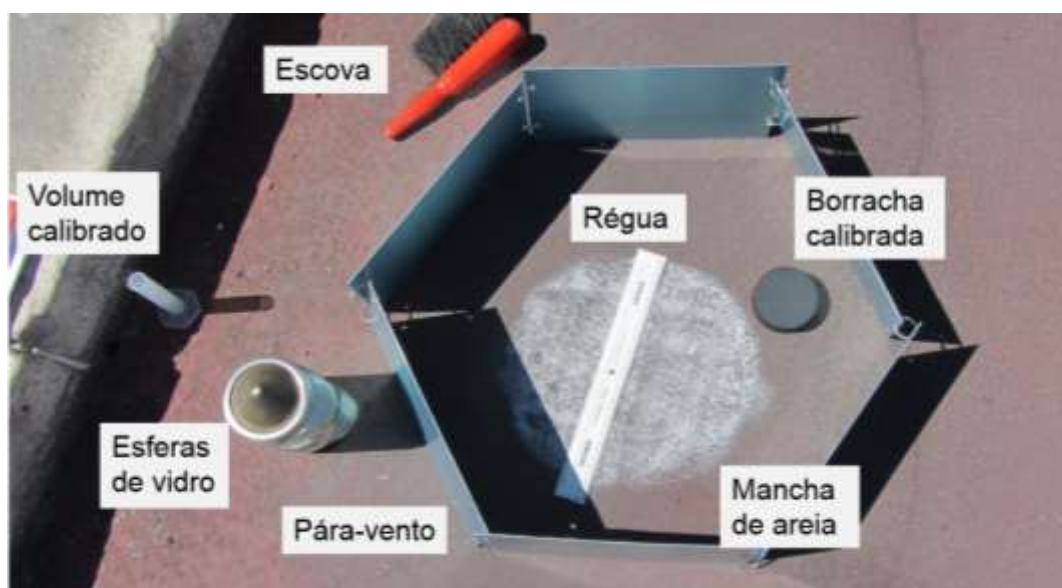


Figura 4.8- Materiais utilizados no Ensaio da Mancha

Verificou-se que a superfície de cada uma das parcelas das lajes, pós secagem do revestimento e antes da execução de qualquer ensaio, era idêntica. Devido a isto, optou-se por realizar o ensaio da mancha tal como descrito – apesar de as condições de aplicação em cada parcela ser distinta.

Acrescenta-se ainda que a semelhança entre parcelas – com diferentes condições de base, foi verificada pela mancha resultante do ensaio que, ao contrário do que se poderia esperar, era homogênea e regular.

C) AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESLIZAMENTO DO PÊNDULO

A medição da resistência ao deslizamento de uma superfície através do ensaio do pêndulo, cuja norma é a EN 13036-4 de 2011, é utilizada para medir de forma pontual o atrito entre o pneu e o pavimento ou, como é o caso desta dissertação, entre o pneu e o revestimento superficial da ciclovia.

Este ensaio traduz-se na queda a partir da posição horizontal de um pêndulo em cuja extremidade existe uma borracha que absorve a energia de atrito obtida na sua passagem pela superfície molhada do pavimento. O objetivo é obter uma simulação do valor de atrito que se obteria se um veículo a 50km/h travasse sobre um pavimento com superfície molhada e o valor que se obtém do ensaio é uma medida a que se dá o nome de BPN (*British Pendulum Number*).

No que toca ao equipamento, que se encontra representado na Figura 4.9, além do braço do pêndulo em cuja extremidade existe uma borracha, existe ainda um ponteiro que indica qual o valor de BPN obtido na escala (Figura 4.10).

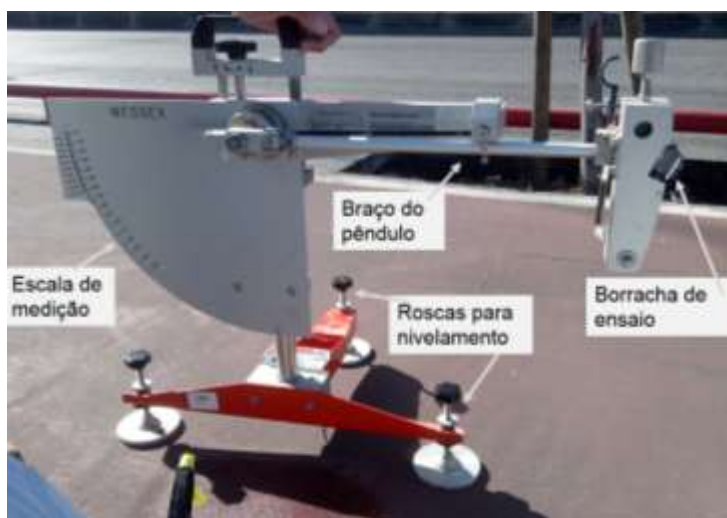


Figura 4.9- Pêndulo Britânico



Figura 4.10- Escala de medição e ponteiro

Além do equipamento, foi ainda utilizado um esguicho com água para humidificar a superfície antes de cada ensaio.

Este ensaio foi realizado em 2 fases:

- a primeira na superfície de revestimento das lajes com a borracha de ensaio calibrada que se encontra visível na Figura 4.11;
- a segunda com uma borracha mais curta (Figura 4.12) para que o ensaio pudesse ser posteriormente realizado na rodeira – resultante do ensaio de wheel tracking e o seu resultado inferido para a borracha calibrada.



Figura 4.11- Borracha de Pêndulo calibrada



Figura 4.12- Borracha curta para Pêndulo Britânico

4.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após descrição dos ensaios realizados, apresentam-se os resultados dos mesmos.

A) AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE POR ROLAMENTO

No que toca ao ensaio de Wheel Tracking, há que referir que neste ponto apenas estão apresentados os resultados após os 10.000 ciclos ensaiados.

Em relação às lajes ensaiadas, verificou-se na laje C (Figura 4.13 a), após os 10.000 ciclos que a degradação na parcela correspondente ao pó de pedra é superior à da parcela na qual foi colocado o filler comercial.

Na laje D (Figura 4.13 b), verifica-se que a desagregação na rodeira é ligeiramente mais pronunciada na zona onde foi feita a aplicação do primário antes das 2 demãos do produto de revestimento. No entanto, na rodeira da parcela onde apenas foram efetuadas 2 demãos (classificada como “ótima” na laje) observa-se um local onde existiu maior desagregação de material (zona inferior direita da rodeira).

Por sua vez na laje E (Figura 4.13 c), é nítida a degradação da parcela humidificada e com pó de pedra. Com efeito, a degradação visível é superior à observada em qualquer das restantes situações. Verifica-se contudo na parcela humidificada uma desagregação generalizada do material de revestimento perceptível pelo acentuado tom negro da laje – que corresponde à cor da mistura betuminosa utilizada como base.

Finalmente na laje F (Figura 4.13 d), verifica-se uma maior degradação na parcela na qual apenas foi aplicada uma demão, na qual o tom negro é superior ao visível em qualquer das outras parcelas de qualquer laje.

Em termos de evolução de patologias, observou-se que na laje C (ponto ANEXO 3) a parcela na qual foi colocada pó de pedra se degradou primeiro e até ao final do ensaio apresentou-se em pior estado de conservação que a outra parcela.

Na Laje D (ponto ANEXO 4) verificou-se que a parcela na qual se aplicou primário além das duas demãos do material de revestimento foi a primeira na qual se observou o aparecimento de patologias. Com efeito, manteve-se mais degradada que a outra parcela até aos 5.000 ciclos, a partir dos quais estagnou e a parcela de 2 demãos verificou continuamente degradação do revestimento.

A Laje E (ponto ANEXO 5) a parcela na qual o suporte se apresentava húmido e com sujidade degradou-se logo nos primeiros 1.000 ciclos e manteve um agravamento da degradação ao longo de todo o ensaio. A parcela com humidade experienciou o aparecimento de patologias desde o início mas com menor gravidade que o observado na outra parcela.

Finalmente, na Laje F (ponto ANEXO 6), a parcela correspondente a apenas 1 demão de revestimento experienciou um pior desempenho no ensaio ao verificar o aparecimento e progressão de patologias de forma mais agravada – quando comparado o seu desempenho à outra parcela desta mesma laje.

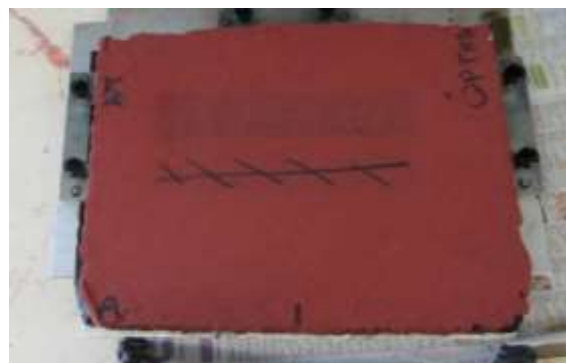
De um modo geral, pode considerar-se que a pior forma de fazer a aplicação do revestimento é sobre uma superfície molhada e com pó e que os melhores resultados se obtiveram com a aplicação de 2 demãos numa superfície limpa e seca.

Além disto, é mais resistente à desagregação uma superfície com aplicação de primário do que sem, principalmente nos casos em que apenas seja aplicada uma demão do produto de revestimento.

No que diz respeito à humidade, o resultado obtido ao fim dos 10000 ciclos era semelhante ao obtido com a aplicação das 2 demãos numa superfície seca e limpa. No entanto, a desagregação na parcela previamente humidificada foi mais acelerada por comparação com a solução de controlo (parcela com superfície de suporte limpa e 2 demãos do produto comercial de revestimento).



a) Laje C após os 10000 ciclos



c) Laje D após os 10000 ciclos



c) Laje E após os 10000 ciclos



d) Laje F após os 10000 ciclos

Figura 4.13 – Lajes após 10000 ciclos de ensaio

B) AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA

Para cada uma das lajes foram efetuados 4 ensaios da mancha (com as superfícies de revestimento limpas e secas, como se pode observar na Figura 4.14).

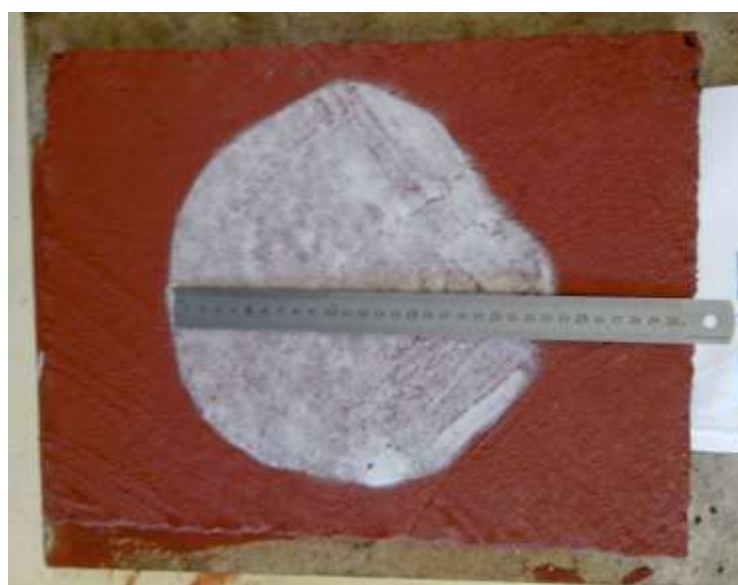


Figura 4.14- Ensaio da mancha numa das lajes

Para cada mancha foram retirados 4 valores de diâmetro a partir do qual se calculou o diâmetro médio, utilizado para cálculo do valor de MTD.

Na Figura 4.15 apresentam-se os valores de MTD obtidos para cada laje e na Figura 4.16 o valor final representativo de cada uma.

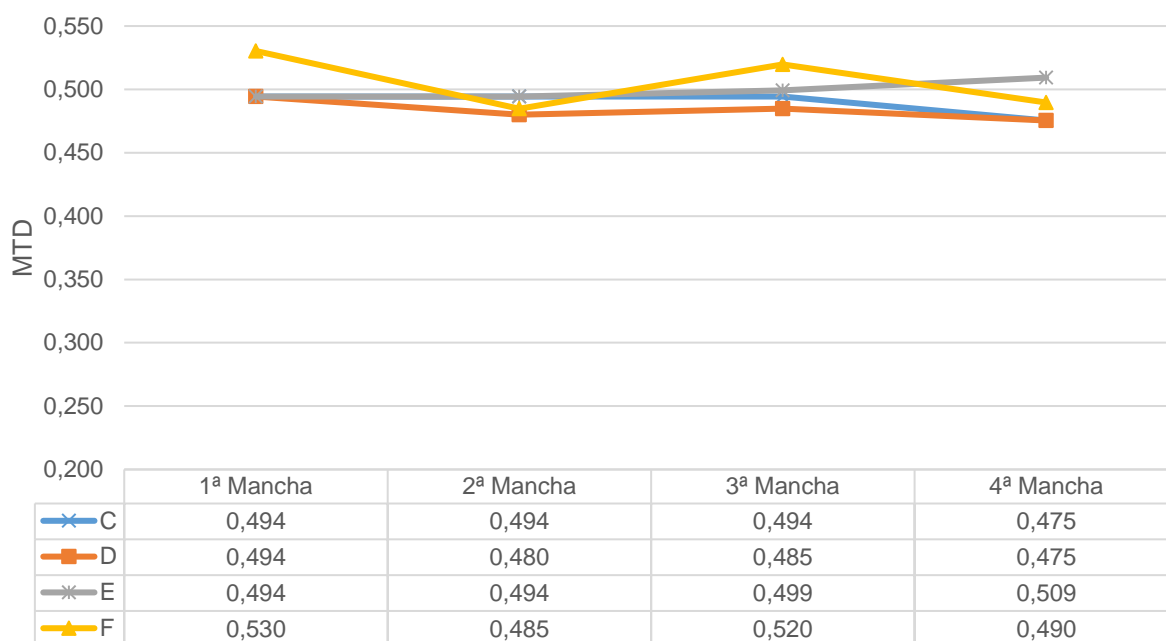


Figura 4.15- Valores obtidos nas lajes para a Técnica Volumétrica da Mancha

Como seria de esperar pelo facto de visualmente as lajes serem muito semelhantes, o ensaio da mancha teve um intervalo de valores mais reduzido que o obtido nos ensaios de campo. Verificou-se no entanto que a Laje F foi a que obteve maior variabilidade de resultados – o que se pode justificar por apenas ter levado 1 demão do produto de revestimento que preencheu menos as irregularidades de superfície da laje.

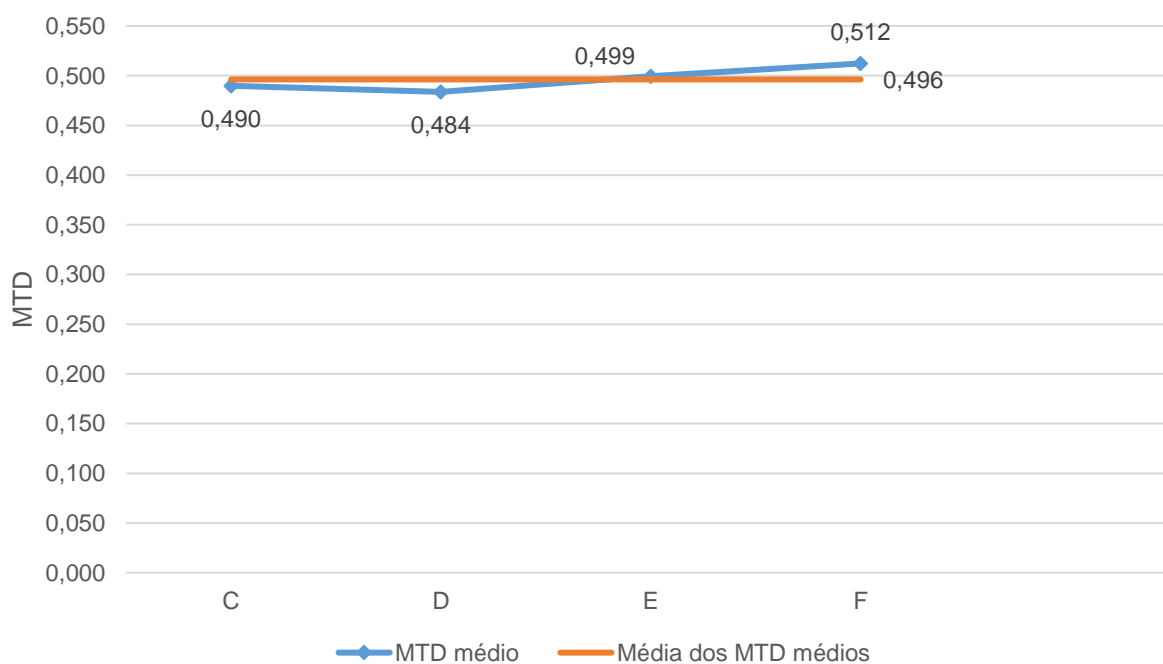


Figura 4.16- MTD médio de cada laje

Em relação ao MTD_{médio}, verificou-se que a laje D foi aquela em que se verificou um valor mais reduzido enquanto que a laje F foi onde se verificou um MTD_{médio} mais elevado.

A) AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESLIZAMENTO DO PÊNDULO

O ensaio do Pêndulo Britânico foi realizado 5 vezes em cada condição: com a borracha calibrada fora da rodeira (BLF), com a borracha curta fora da rodeira (BCF) e com a borracha curta na rodeira (BCR).

Observando a Figura 4.17, vê-se que os ensaios realizados com a borracha curta possuem valores de BPN mais baixos que os realizados com borracha calibrada.

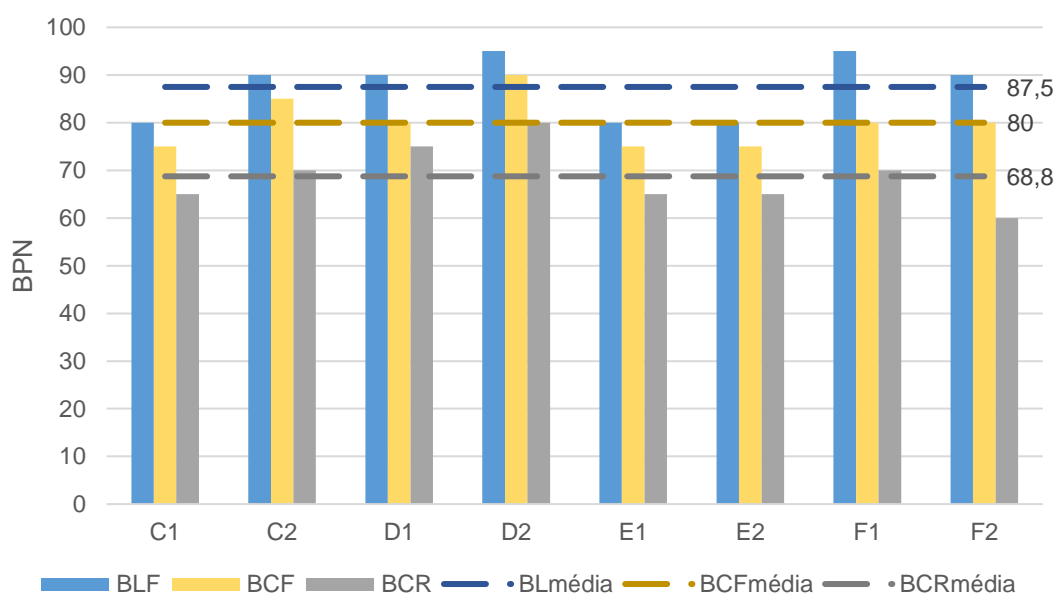


Figura 4.17- Ensaios do Pêndulo Britânico nas lajes

Além disso, verifica-se ainda que nos ensaios BLF apenas C1, E1 e E2 se encontram abaixo da média. Com borracha curta e fora da rodeira (BCF), C1, E1 e E2 são também os que apresentam BPN abaixo da média. Este facto levou a que se considerasse viável a inferência a realizar para os resultados de BLR (Borracha Longa na Rodeira).

Em relação a BCR verificou-se que C2, D1, D2 e F1 se localizavam acima da média.

Após realização destes ensaios foi então calculado um fator K correspondente ao quociente entre os valores médios dos ensaios fora da rodeira com borracha curta e borracha longa padronizada.

O valor de K obtido para cada uma das situações encontra-se no Quadro 4.2 assim como o valor de BLR que foi calculado a partir da multiplicação de BCR por esse valor para cada uma das condições.

Quadro 4.2- Valor de K e BLR

Parcela da Laje	K	BPN _{BLR}
C1	0,938	69
C2	0,944	74
D1	0,947	84
D2	0,889	84
E1	0,938	69
E2	0,938	69
F1	0,842	83
F2	0,889	68

Pode fazer-se agora a comparação entre os resultados obtidos com a borracha standard na superfície livre de patologias e na superfície degradada após 10.000 ciclos do ensaio de wheel tracking.

Como se pode verificar na Figura 4.18, os valores que se localizam acima da média para o BLR são D1, D2 e F1. Apenas o C2 – que na BCR estava acima da média, agora se encontra abaixo se bem que apenas por uma unidade.

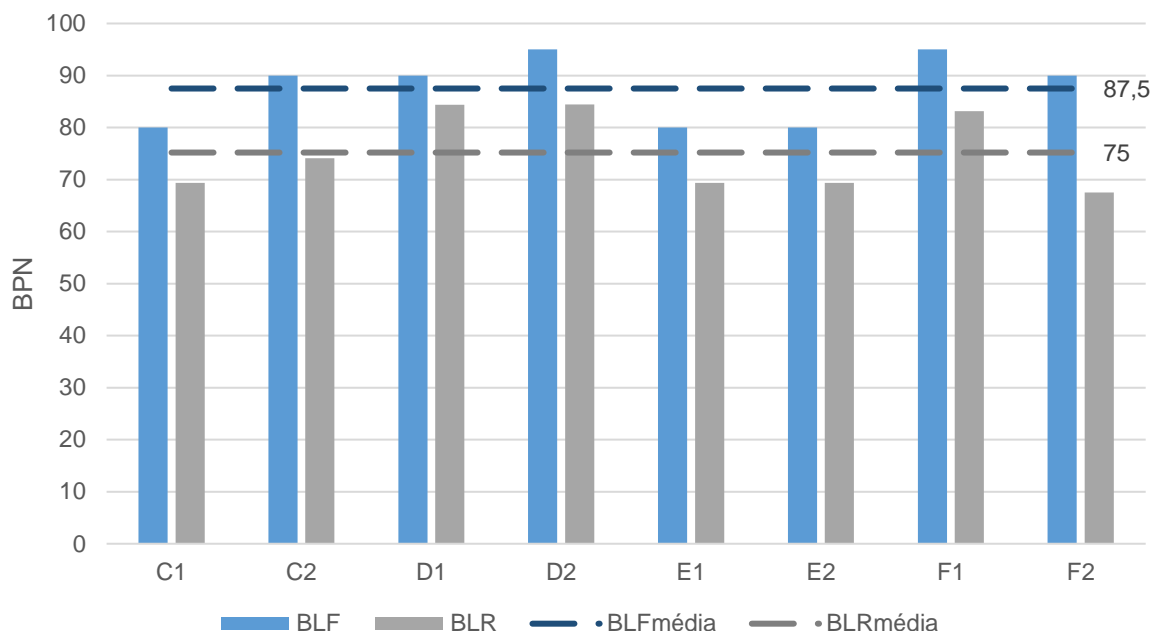


Figura 4.18- Valores Finais de BPN no Ensaio do Pêndulo Britânico

Comparando os valores obtidos dentro e fora da rodeira pode verificar-se que os valores fora da rodeira – onde o valor de BPN diz respeito a um maior atrito pontual da superfície – são superiores aos valores do ensaio na rodeira, o que se coaduna com o facto da utilização e desgaste da superfície diminuir o seu atrito.

Apenas D1, D2 e F1 apresentam ambos os valores superiores à média, sendo assim os que melhor conservam o atrito pontual apesar do desgaste. É de referir que o facto de utilizar apenas 1 demão de produto obtém bons resultados devido ao facto da mistura utilizada para efetuar as lajes possuir agregado de origem granítica que resiste bem ao desgaste.

Já C1 e E1 apresentam ambos os valores superiores à média pelo que quer antes ou após a degradação o seu atrito pontual é mais reduzido.

Pode assim determinar-se que as melhores soluções são efetivamente a utilização de duas demãos do produto de revestimento, tal como preconizado no catálogo do produto. Observa-se ainda que o primário tem um efeito relevante na durabilidade do produto pelo facto de D2 ser aquele que possui os valores mais acima da média.

5 VALIDAÇÃO DO ESTUDO EXPERIMENTAL

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O estudo de campo, utilizado para validar o modelo comportamental estudado em laboratório, passou pela análise de 4 ciclovias distintas do distrito de Lisboa.

Para tal, foram realizados em campo os ensaios de caracterização superficial anteriormente realizados em laboratório para poder aferir sobre a validade do modelo criado e a veracidade dos resultados obtidos.

É de referir que as pistas cicláveis escolhidas foram construídas com o mesmo material que o usado em laboratório contudo, a utilização de outros revestimentos comerciais destinados ao mesmo efeito não deverá ter resultados muito díspares em relação aos obtidos em laboratório visto que o fim a que se destinam é o mesmo.

Como se mencionará em seguida, a par dos ensaios foi também efetuada a inpeção visual para identificação de possíveis patologias.

5.2 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS ENSAIADOS

Uma vez que o objetivo passava por avaliar diferentes ciclovias, para a escolha foram tidos em atenção diferentes aspetos:

- O produto utilizado na camada de revestimento ser o mesmo;
- Serem pistas segregadas onde não existisse atravessamento de tráfego automóvel nem pesado;
- Possuírem caracteres diferentes: destinadas a percursos urbanos ou a fins de lazer;
- Encontrarem-se em diferentes fases da vida útil;
- As superfícies terem aparências distintas.

Foram assim ensaiadas 4 ciclovias que apresentavam as características supramencionadas:

1. Ciclovia da Avenida Infante Dom Henrique, Lisboa.
2. Ciclovia da Avenida Duque de Ávila, Lisboa.
3. Ciclovia da Rua das Murtas, Lisboa.
4. Ciclovia da Avenida Rei Humberto II de Itália, Cascais.

As ciclovias encontram-se de forma aleatória identificadas pelas letras de A a D que serão utilizadas daqui para a frente em todas as referências consideradas necessárias.

Como se pode observar pelas figuras (Figura 5.1, Figura 5.2, Figura 5.3 e Figura 5.4), estas apresentam distintos estados de conservação e diferentes tonalidades que evidenciam a existência de patologias ou desagregação do revestimento superficial.



Figura 5.1- Ciclovia A



Figura 5.2- Ciclovia B



Figura 5.3- Ciclovia C



Figura 5.4- Ciclovia D

5.3 PROCEDIMENTOS

Os ensaios realizados nas ciclovias foram os mesmos que os realizados para caracterizar a superfície das lajes estudadas: a medição de macrotextura da superfície do revestimento através da técnica volumétrica da mancha (EN 13036-1) e a medição da resistência ao deslizamento de uma superfície através do ensaio do pêndulo (EN13036-4).

5.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Mostram-se em seguida os resultados obtidos da inspeção visual e dos ensaios realizados. É de referir que numa das ciclovias foram analisados dois locais por visualmente apresentarem características distintas. Nas restantes ciclovias foi analisado 1 trecho representativo da totalidade da ciclovia.

A) INPEÇÃO VISUAL

Na primeira ciclovia analisada, ciclovia A, considerou-se tal como explicado anteriormente a existência de dois locais representativos a ensaiar.

No que toca ao primeiro local, A1, foi possível identificar uma tonalidade mais acentuada do revestimento vermelho (Figura 5.5) e a existência de agregado mais fino no pavimento betuminoso que o utilizado no outro local de tonalidade mais acinzentada (Figura 5.6) e agregado mais grosseiro.

Em relação ao estado do revestimento, o primeiro local denotava algumas deficiências de aplicação – como pegadas (Figura 5.7) e marcas de rodo, e variadas degradações como desagregações superficiais (Figura 5.9), ninhos e peladas (Figura 5.8), manchas escuras e marcas de detritos, provavelmente causadas por pastilhas elásticas.

No segundo local, A2, de tonalidade muito mais cinzenta, verificou-se que as zonas menos descoloradas coincidiam com os locais onde se encontravam os elementos arbóreos (Figura 5.10). Em alguns locais foram também visíveis erros efetuados durante a aplicação, principalmente a má utilização do rodo no espalhamento da argamassa, visível na Figura 5.12. Verificou-se ainda que a zona mais próxima do lancil do passeio estava mais degradada dado (Figura 5.11), como se notou em campo, ser local provável para a drenagem superficial longitudinal.



Figura 5.5- Tonalidade do revestimento A1



Figura 5.6- Tonalidade do revestimento A2



Figura 5.7- Pegada em A1



Figura 5.8- Pelada e manchas no revestimento em A1



Figura 5.9- Desagregação superficial em A1



Figura 5.10- Zona mais avermelhada na proximidade ao elemento arbóreo em A2



Figura 5.11- Zona mais degradada junto ao lancil em A2



Figura 5.12- Marca do rodo em A2

No que concerne à ciclovia seguinte, ciclovia B, o revestimento apresentava ainda a cor vermelha bastante acentuada. No entanto, a superfície apresentava-se bastante degradada com bastantes manchas negras visíveis que correspondem à completa desagregação superficial do revestimento.

Olhando para a Figura 5.13 é possível observar que nas imediações do lancil do passeio o revestimento já se encontrava totalmente desagregado, sendo apenas visível o pavimento betuminoso que lhe serviu de suporte. A Figura 5.14 exemplifica a realidade encontrada nesta ciclovia: o revestimento encontrava-se desligado do suporte e a desagregação era agressiva. É de referir que através da observação de porções de revestimento desagregadas, de que a Figura 5.15 é exemplo, mostraram que a aplicação do revestimento foi efetuada sobre um suporte que apresentava pó, areias e ainda folhas de pequenas plantas. Além da má condição do suporte, verificou-se ainda que a espessura de revestimento era excessiva quando comparada com os 2 milímetros preconizados nas especificidades do produto de revestimento como adequada.

Finalmente, na Figura 5.16 é possível observar um trecho da ciclovia que representa a realidade verificada ao longo de toda a pista, a não existência de revestimento ao redor do lancil do passeio, denotando que esta zona da pista foi a mais prejudicada pelo aparecimento e progressão das patologias observadas.

De um modo geral, verificou-se que esta ciclovia já se encontrava num estado de degradação que requereria uma reabilitação profunda de forma a voltarem a encontrar-se as condições funcionais para as quais a infraestrutura foi criada.



Figura 5.13- Comprimento das peladas



Figura 5.14- Desagregação do revestimento



Figura 5.15- Porção desagregada



Figura 5.16- Piso já sem revestimento

Na ciclovia C observou-se um revestimento bastante degradado e de tonalidade sobretudo cinzenta (Figura 5.17 a)). No troço analisado verificou-se a existência de tampas de caixas de visita das infraestruturas do subsolo mesmo eixo da ciclovia (Figura 5.17 b)) que se encontravam rodeadas de pavimento em bastante mau estado.

Com efeito, a caixa de visita deveria encontrar-se num local em que não criasse uma singularidade no revestimento dado que são locais mais suscetíveis à degradação do revestimento e a causar acidentes.

Apesar da desagregação superficial generalizada, verificou-se que perto dos limites da ciclovia se encontravam as situações em pior estado (Figura 5.17 c)).

É de relevar que esta ciclovia apresentava uma quota significativa de utilização por parte de peões. Dado que paralelamente à ciclovia existia um corredor pedonal revestido a calçada – uma solução de revestimento tradicional como já se explicitou nesta dissertação –, a utilização do espaço destinado a bicicletas por peões revela que estes revestimentos se traduzem num aumento do conforto para os

peões assim como uma solução mais cómoda para carrinhos de bebé, cadeiras de rodas e restantes situações de mobilidade reduzida.



a) Aparência do revestimento

b) Tampa de saneamento

c) Pelada devido a desagregação de material

Figura 5.17 – Patologias do pavimento

Na última ciclovia, a ciclovia D, o revestimento encontrava-se em muito melhores condições do que os anteriormente observados. Tal como se pode observar na Figura 5.18, a superfície apresenta um aspeto regular embora já se consiga observar em alguns locais a perda da coloração. No pormenor da Figura 5.19 é possível verificar que a textura é homogénea, ao contrário do observado nos trechos anteriores.



Figura 5.18- Aparência do revestimento da ciclovia



Figura 5.19- Pormenor da superfície

É ainda de acrescentar que esta superfície, que em termos visuais se apresenta como mais regular e desprovida de degradações evidentes, é a mais antiga das 4 ciclovias analisadas em serviço.

B) AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA

Em primeiro lugar foram efetuados para cada trecho 4 manchas e de cada mancha foram retirados 4 valores de diâmetro.

Seguidamente, para cada uma das manchas foi calculado o valor médio do diâmetro mancha que, após redução ao milímetro, foi utilizado para o cálculo do valor do MTD.

Na Figura 5.20 apresentam-se os valores de MTD obtidos para cada mancha e na Figura 5.21 o valor final representativo de cada ciclovia.

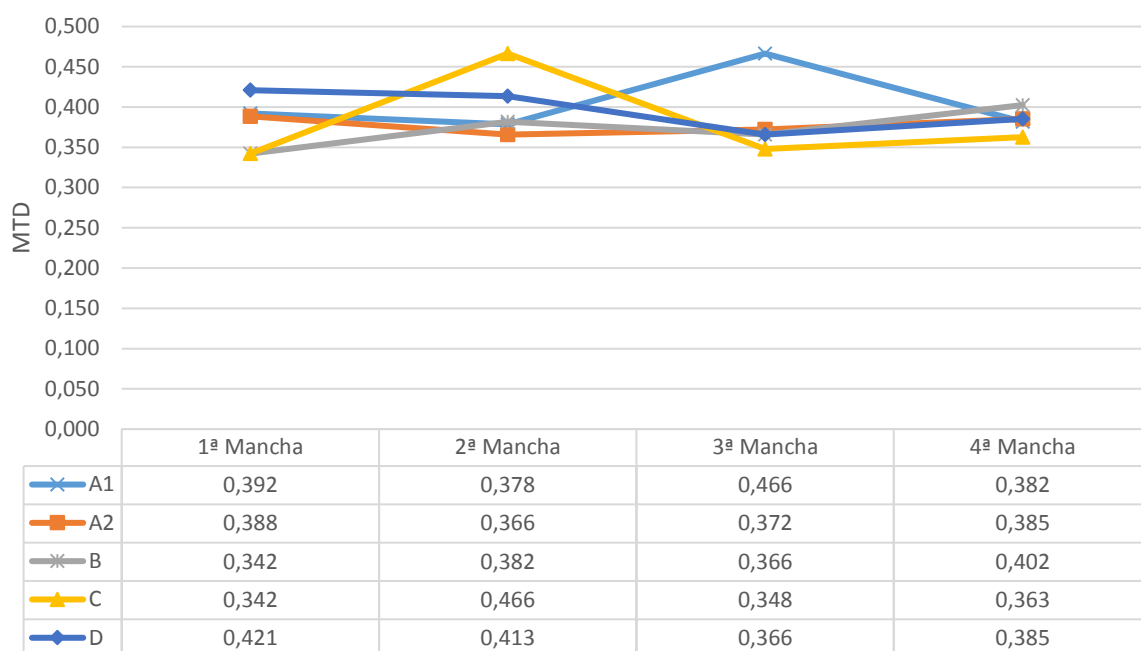


Figura 5.20- Valores obtidos no Ensaio da Mancha

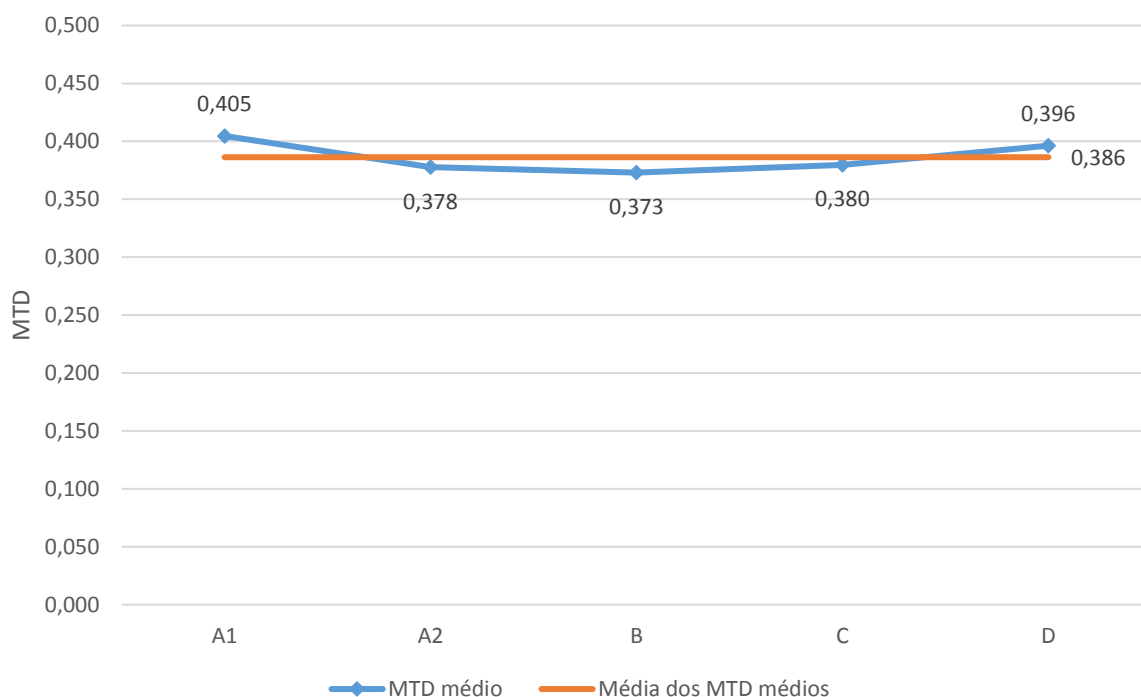


Figura 5.21- MTD médio de cada ciclovia

É de observar que a ciclovia B que corresponde àquela que se apresentou como mais degradada verificou o MTDmédio mais baixo das 4 ciclovias analisadas. É ainda de observar que o valor é inclusivamente mais baixo que o observado para os ensaios realizados em laboratório.

Por oposição, as pistas A1 e D que se apresentavam em melhor estado visualmente são aquelas que apresentam maior valor de MTD_{médio}. Esse valor é inclusivamente dentro dos intervalos de valores observados nos ensaios em laboratório.

C) AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESLIZAMENTO DO PÊNDULO

Neste ensaio verificou-se uma grande consistência de resultados, tendo-se obtido valores constantes em todos os ensaios efetuados em cada uma das pistas cicláveis,

Com efeito, foram efetuados 5 ensaios em cada um dos trechos nos quais se obtiveram os valores da Figura 5.22.

Como se pode observar, ambos os trechos analisados na ciclovia A obtiveram os mesmos valores de BPN, tal como o trecho analisado na ciclovia C. Por sua vez, dos ensaios às ciclovias B e D resultaram valores mais elevados de 80 e 85, respetivamente. Isto significa que estas duas ciclovias possuem maior atrito pontual que os restantes trechos analisados.

No que toca à posição face ao valor médio, as ciclovias A (A1 e A2) e C localizam-se abaixo desta com menores valores de BPN aos quais corresponde um menor atrito e à ciclovia B e D correspondem maiores atritos pontuais.

Verificou-se também que o atrito pontual não é tão sensível ao estado do revestimento visto que dois trechos em condições diferentes de uma mesma ciclovia tiveram o mesmo valor de BPN num total de 10 ensaios realizados (5 em cada).

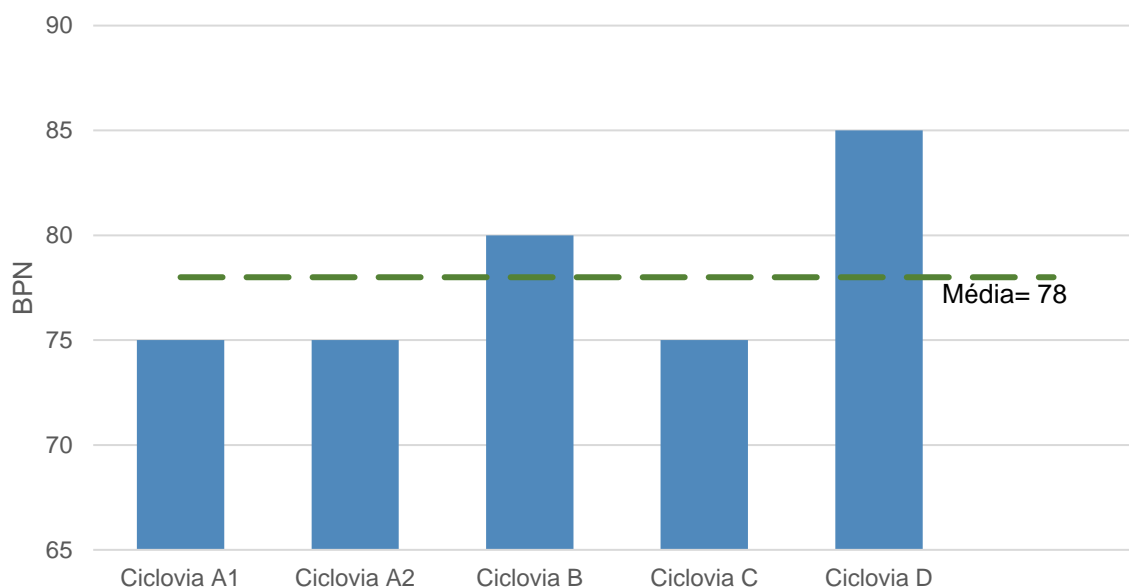


Figura 5.22- Resultados obtidos no ensaio do Pêndulo Britânico

Dado que o atrito é essencial para a travagem, tornando-se ainda mais relevante a sua importância em situações de piso molhado - um escorregamento ou uma falha na travagem de uma bicicleta pode provocar a queda do indivíduo e resultar em lesões graves, este ensaio é uma medida essencial a ter em conta na análise de um pavimento dedicado aos modos ativos de transporte.

D) CONCLUSÕES

Após análise de todos os ensaios realizados é possível observar uma relação direta entre as condições do suporte e de aplicação e a durabilidade do revestimento – o que corrobora o modelo criado em laboratório.

Do ponto de vista dos ensaios laboratoriais verificou-se que o ensaio da mancha é bastante influenciado pela espessura de revestimento. Com efeito, à laje com menor espessura de revestimento (onde só foi aplicada uma demão do produto) correspondeu o maior valor de MTD e à laje onde foram utilizadas as duas demãos consideradas nas especificações como o procedimento correto correspondeu o valor mais baixo de MTD (0,484).

Segundo os ensaios de campo, o trecho correspondente a melhores características de rugosidade corrobora o verificado nos ensaios laboratoriais.

No que toca ao ensaio de resistência ao deslizamento do pêndulo verificou-se que o valor de BPN ao qual correspondia a melhor solução é 85. Observando os trechos analisados, a ciclovia que se encontrava nitidamente em melhores condições foi a que obteve o valor mais próximo do verificado em laboratório.

De um modo geral, considerando inspeção visual, ensaio da macrotextura e resistência ao deslizamento do pêndulo, pode afirmar-se que as ciclovias apresentam comportamentos semelhantes ao simulado em laboratório sendo uma boa forma de avaliar o comportamento destas e futuramente prever o seu modo de degradação.

6 CONCLUSÕES GERAIS E TRABALHOS FUTUROS

6.1 SÍNTESE DE CONCLUSÕES

Devido à alteração necessária no paradigma da mobilidade, que passa por uma utilização mais sustentável dos modos de transporte e pelo desincentivo do uso do automóvel, torna-se necessário – do ponto de vista das infraestruturas – de adequar o espaço viário ao ganho de importância dos modos ativos, não só o modo pedonal como também o modo ciclável.

Com efeito, na etapa de recolha bibliográfica, verificou-se que ainda são poucos os trabalhos académicos desenvolvidos nesta área e que os existentes são de dois tipos: do ponto de vista académico existem sobretudo formas de estudar os pavimentos rodoviários e as camadas delgadas usadas como camada de desgaste nestes pavimentos; do ponto de vista da engenharia, os trabalhos existentes resultam da experimentação da utilização de diferentes materiais e da análise da sua evolução com a colocação em serviço das infraestruturas

Desta forma, torna-se necessário aliar ambos os conhecimentos para avaliar e tecer conclusões sobre a mobilidade ativa e sobre a sua infraestrutura.

Também do ponto de vista da infraestrutura há que ter em atenção dois aspetos: em primeiro lugar, há que dirimir as situações de conflito entre peão- automóvel e entre ciclista – automóvel por forma a que a segurança do elemento mais fraco neste tipo de conflitos nunca seja posta em causa e que a sua movimentação no espaço viário seja feita de forma segura e cómoda; em segundo lugar, tem que estar sempre presente, na criação destas infraestruturas, que estas devem ser acessíveis e utilizáveis por qualquer cidadão – independentemente das suas condições físicas e da existência de mobilidade condicionada.

É devido a isto que se tem criticado a utilização de alguns materiais que são sobejamente conhecidos pela população portuguesa e símbolo da sua cultura. No entanto, verificou-se com este trabalho que é possível conjugar materiais de forma a que os aspetos históricos e materiais mais tradicionais se possam combinar com outras soluções mais recentes de forma a obter novos espaços canais de mobilidade ativa que sejam igualmente atrativos, confortáveis, seguros e inclusivos.

Olhando em particular para a infraestrutura ciclável, verificou-se a existência de problemas relacionados com o tempo de vida útil destas estruturas e com o aparecimento precoce de patologias no revestimento de pista ciclável que coloca em causa as características de superfície do mesmo.

Com efeito, tendo isto em mente, foi criado um modelo de comportamento simples que simulou o desgaste criado pela sucessiva passagem de bicicletas e o conseqüente aparecimento e evolução de patologias do revestimento superficial de uma pista ciclável.

O modelo iniciou-se com a criação de um suporte em betão betuminoso que foi preparado para a colocação do produto de revestimento seguindo condições de aplicação e condição do suporte previamente estabelecidas. Depois da secagem do revestimento foi realizado um ensaio de rolamento acelerado que consistiu na utilização do equipamento de Wheel Tracking para efetuar 10.000 de vaivém do rolamento. Após passagem de cada 1.000 ciclos o ensaio foi interrompido para observação do aspeto da superfície do revestimento.

Há que referir que previamente ao ensaio de rolamento acelerado foi realizado o ensaio de avaliação da macrotextura para avaliar o atrito entre pneu-pavimento.

No final dos 10.000 ciclos foi efetuado o ensaio de resistência ao deslizamento do pêndulo para medir o atrito entre o pneu e o revestimento superficial da pista ciclável.

Tornou-se, também aqui, necessário adaptar os ensaios utilizados nos pavimentos rodoviários às soluções de pista ciclável: o ensaio de resistência ao deslizamento do pêndulo foi realizado com uma borracha curta e o seu resultado convertido em valores de BPN da borracha padrão.

Verificou-se, após realização da avaliação da macrotextura que os ensaios realizados em laboratório possuíam valores ajustados aos obtidos nos ensaios de campo.

Tal como seria de esperar, a variabilidade de resultados obtidos nos ensaios realizados nas pistas cicláveis foi superior à dos ensaios realizados nas lajes produzidas em laboratório – o que também justifica que o revestimento superficial harmoniza as características de superfície de um pavimento, motivo pelo qual os resultados das 4 lajes analisadas são semelhantes.

Comparando a média dos valores obtidos em campo e em laboratório, observa-se que as lajes apresentam maior valor de MTD o que pode ser explicado pelo facto do revestimento ensaiado em campo já apresentar algum desgaste superficial que lhe aumentou a rugosidade e diminuiu o raio da mancha de areia e, deste modo, baixou o MTD.

O ensaio de resistência ao deslizamento apresentou uma maior convergência de resultados. Os ensaios realizados em laboratório mostraram a influência do desgaste decorrente da utilização da pista ciclável: o ensaio realizado fora da rodeira – que corresponde a uma superfície antes de ser colocada em serviço – mostrou um valor de BPN bastante superior enquanto que esse valor se reduziu consideravelmente após o ensaio de rolamento acelerado mostrando que o desgaste decorrente do tempo em serviço influi diretamente nas características de superfície da pista ciclável.

Por comparação com os ensaios em campo, verificou-se novamente que os ensaios possuíam valores compatíveis – inclusivamente, nas pistas cicláveis que apresentavam aspeto mais desgastado corresponderam valores de BPN iguais aos ensaios realizados na rodeira enquanto que a pista ciclável que apresentava melhor aspeto visual apresentou valor de BPN igual ao valor obtido nos ensaios de laboratório fora da rodeira.

Em resumo, pode concluir-se que a metodologia utilizada produziu resultados viáveis e que são um bom início para a avaliação da qualidade dos revestimentos superficiais utilizados nas infraestruturas de mobilidade ativa.

Pode ainda verificar-se que as condições da superfície de suporte influem diretamente no comportamento do revestimento superficial tanto ao nível do aparecimento de patologias como da sua evolução: a uma superfície limpa correspondeu o aparecimento mais tardio mais sobretudo uma menor progressão das patologias que se observaram.

Finalmente, ao nível das condições de aplicação, verificou-se que a aplicação mais correta é a indicada pelo caderno do produto de revestimento utilizado. Com efeito, a aplicação de duas demãos revelou uma superfície mais resistente ao aparecimento de patologias e à sua progressão. Foi ainda visível que o primário não tem grande influência quando aplicado numa superfície de pavimento recente como a das lajes utilizadas em laboratório. Carece de verificação a utilização do primário numa superfície pavimentada já em serviço para confirmação destes resultados.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

No que toca aos desenvolvimentos futuros, verifica-se a necessidade de novas considerações e pressupostos na adoção de mais condicionantes à aplicação, principalmente no que toca à aplicação dos materiais de revestimento em pavimentos rodoviários com degradações superficiais e em final de vida útil.

Considera-se ainda essencial ensaiar em que medida o atravessamento de tráfego automóvel nas infraestruturas de mobilidade ativa condiciona e limita o tempo de vida útil deste tipo de revestimento.

Além disso, devido às dificuldades sentidas na recolha de informação sobre o modo pedonal, torna-se relevante em trabalhos futuros fazer um melhor planeamento das necessidades de informação e conseguir o apoio e acompanhamento por parte de entidades externas.

É também pertinente aumentar a robustez dos resultados – que embora sejam qualitativos em alguns pontos – possam ser realizados em maior número de forma a garantir o rigor das conclusões aferidas.

No que toca às ciclovias, é ainda de referir a necessidade conseguir novas formas de testar o envelhecimento dos revestimentos – não apenas devido à passagem de veículos – mas sobretudo na influência do sol e da humidade na vida útil dos revestimentos.

É ainda relevante a procura de novos materiais de revestimento – como as soluções cimentícias referidas, e a sua análise por forma a verificar a viabilidade da sua utilização.

Finalmente, voltando ao modo pedonal, considera-se relevante fazer a observação periódica das soluções que estão em vias de implementação por forma a avaliar a sua adequabilidade e de que modo é vantajosa a sua utilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abley (2005). <http://www.levelofservice.com/walkability-research.pdf>. Steve Abley. Walkability – Scoping Paper. (7 de Abril de 2015).
- ASPC (2010). <http://www.phac-aspc.gc.ca/hp-ps/hl-mvs/pa-ap/at-ta-fra.php>. Agence de la Santé Publique du Canada. Qu'est-ce que le transport actif?. (2 de Janeiro de 2016).
- Bikeability (2015). http://www.pedbikeinfo.org/pdf/bikeability_checklist.pdf_ (6 de Janeiro de 2015).
- Bikeshare (2015). http://www.sinaimg.cn/qc/photo_auto/photo/01/85/16550185/16550185_950.jpg. (6 de Maio de 2015).
- Branco, F., Pereira, P., e Santos, P. (2011). “Pavimentos Rodoviários”. Almedina. ISBN: 9789724026480.
- CCDRN (2008). http://norteemrede.ccdr-n.pt/planeamento/publicacoes/mpagv/04PrinciBasicos_AF.pdf. Princípios básicos de organização de redes viárias, Manual do Planeamento de Acessibilidades e Transportes. (15 de Janeiro de 2016).
- CERTU (2005). “Recommandations pour les itinéraires cyclables”. Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. CEREMA. ISBN: 978-2-11-095317-9.
- CIT (2014). “Bikeways and cycling urban mobility”. XI Congresso de Ingeniería del Transporte. Espanha, Universidade de Burgos.
- CML (2012). http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/AF_REGULAMENTO_PDM_Lx.pdf. Câmara Municipal de Lisboa, Plano Diretor Municipal de Lisboa. (02 de julho de 2016).
- CML (2014). “Caderno de Soluções Tipo”. Câmara Municipal de Lisboa.
- CML (2015). “Modelo de Revestimento de Passeios, Especificações Técnicas de Acessibilidade e Segurança”. Câmara Municipal de Lisboa.
- CML (sd). “Lisboa: o Desenho da Rua. Manual de apoio a projeto e obra de espaço público”. LouresGráfica.
- Conselho de Ministros n.º120/2006 de 21 de Setembro. Plano de Acção para a Integração das Pessoas com Deficiência ou Incapacidade.
- CRR (2009). http://mobilite.wallonie.be/files/Centre%20de%20doc/publications%20de%20la%20planification%20de%20la%20mobilit%C3%A9/guide%20cyclable/Cahier1_Elementstheo.pdf. Guide de bonnes pratiques pour les aménagements cyclables. (3 de Fevereiro de 2016).
- Decreto-Lei n.º163/2006 de 8 de Agosto. Regime da Acessibilidade aos Edifícios e Estabelecimentos que Recebem Público, Via Pública e Edifícios Habitacionais.
- EuCAN. Aragall, F., Neumann, P., e Sagramola, S. (2008). “Conceito Europeu de Acessibilidade para Administrações”. EuCAN – European Concept for Accessibility Network. ISBN: 978-2-919931-36-1.
- EP (2008). “Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários. Volume 1: Projecto de Reabilitação”. Estradas de Portugal.
- European Standard – Road and airfield surface characteristics – Test methods – Part 4: Method for measurement of slip/skid resistance of a surface: The pendulum test. (EN 13036-4, 2011), CEN, 29 de Julho de 2011.
- European Standard – Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 22: Wheel tracking. (EN 12697-22, 2007), CEN, 16 de Maio de 2007.
- Freitas, E. e Pereira, P. (s.d.). “Definição e características de superfícies de baixo ruído”. Guimarães, Universidade do Minho.

- Hutabarat, R. (2009). "Walkability: what is it?". *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*. USA, Universidade da Califórnia.
- IMTT (2011). http://server21.abstractdns.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/guia_pmts/Guia_para_a_elaboracao_de_PMT_Marco_2011.pdf. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, Guia para a Elaboração de Planos de Mobilidade e Transportes, Pacote da Mobilidade. (02 de julho de 2016).
- IMTT (2011a). http://server21.abstractdns.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/directrizes/Directrizes_Nacionais_para_a_Mobilidade.pdf. Instituto de Mobilidade e dos Transportes Terrestres, Diretrizes Nacionais para a Mobilidade, Pacote da Mobilidade. (02 de julho de 2015).
- IMTT (2011b). http://server21.abstractdns.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/rede_viaria/Rede_Viaria_Principios_de_Planeamento_e_Desenho_Marco2011.pdf. Rede Pedonal – Princípios de Planeamento e Desenho, Coleção de Brochuras Técnicas/Temáticas – Pacote da Mobilidade. (15 de Janeiro de 2016).
- IMTT (2011c). http://server21.abstractdns.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/rede_ciclavel/Rede_Ciclavel_Principios_de_Planeamento_e_Desenho_Marco_2011.pdf. Rede Ciclável – Princípios de Planeamento e Desenho, Coleção de Brochuras Técnicas/Temáticas, Pacote da Mobilidade. (15 de Janeiro de 2016).
- INR (2006). "Acessibilidade e mobilidade para todos – Apontamentos para uma melhor interpretação do DL 163/2006 de 8 de Agosto". Secretariado Nacional de Reabilitação e Integração das Pessoas com Deficiência. ISBN: 978-987-8051-04-2.
- Koukura, M., Suga, M., Lee, B., Shirakawa, K., Suwa, T. e Ohmori, N. (2015). "Safety and Enjoyability Evaluation Of Roads and Streets for Bicycles: Case Studies of Bicycle Maps from Utsunomiya and Chigasaki, Japan". *Journal of Maps*. Inglaterra, Londres.
- Lamas, J. (1997). "Morfologia urbana e desenho da cidade". Fundação Calouste Gulbenkian. ISBN: 9789723109030.
- Menezes, M. (2008). "Estudo das características de superfície de pavimentos rodoviários para análise da segurança do tráfego". Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico.
- NAPA (2009). "Thin Asphalt Overlays for Pavement Preservation". National Asphalt Pavement Association. USA, Lanham MD.
- Nicholls, J. (1998). "Asphalt Surfacing". E&FN Spon. ISBN: 0419231102.
- Neves, J. (2015). "The relevance of pavement characteristics on elderly and disabled pedestrians in urban public spaces". Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Norma Portuguesa – Características superficiais de pavimentos de estradas e de aeroportos – Parte 1: Medição da Profundidade da macrotextura da superfície do pavimento através da técnica volumétrica da mancha. (NP EN 13036-1 2011), IPQ, Outubro de 2011.
- NZTA (2009). <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/annual-report-nzta/docs/nzta-annual-report-2010.pdf>. New Zealand Transport Agency, NZ Transport Agency Annual Report. (3 de julho de 2016).
- Pimenta, J. (2008). "Pavimento Urbano: Adequação ao Uso. Reflexões a Propósito do Espaço Público no Contexto do Centro Histórico de Lisboa". Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico.
- PORDATA (2015). <http://www.pordata.pt/Portugal/Quadro+Resumo/Portugal-7013>. Números de Portugal. (2 de Março de 2015).
- Portaria n.º216-B/2008. Espaços Verdes e de Utilização Coletiva, Infraestruturas e Equipamentos de Utilização Coletiva. Disponível em: http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1223&tabela=lei_velhas&nversao=1&so_miolo= (5 de Maio de 2015).
- Ramos, P. (2008). "Projecto de Ciclovias". Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Rybarczyk, G. (2014). "Simulating bicycle wayfinding mechanisms in an urban environment". Urban, Planning and Transport Research: An Open Access Journal. USA, Universidade do Michigan-Flint.

Sousa, V. (2013). "Caracterização de pavimentos em redes de infraestruturas pedonais". Tese de Mestrado. Universidade do Minho.

UN (1997). <https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>. Brundtland Report our common future, United Nations. Development and International Economic Co-operation: Environment. (15 de Janeiro de 2016).

Vanelstraete, A. e Bondt, A. (1997). "Crack prevention and use of overlay systems". E&FN Spon. ISBN: 0-203-63107-2 .

Viegas, F. (2008). "Critérios para a Implementação de Redes de Mobilidade Suave em Portugal". Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico.

Walkability, (2015). <http://www.walkableamerica.org/checklist-walkability.pdf>. (6 de Janeiro de 2015).

ANEXOS

Take a walk and use this checklist to rate your neighborhood's walkability.

How walkable is your community?

Location of walk _____



1. Did you have room to walk?

- Yes
- Some problems:
 - Sidewalks or paths started and stopped
 - Sidewalks were broken or cracked
 - Sidewalks were blocked with poles, signs, shrubbery, dumpsters, etc.
 - No sidewalks, paths, or shoulders
 - Too much traffic
 - Something else _____

Locations of problems: _____
 Rating: (circle one) _____
 1 2 3 4 5 6

4. Was it easy to follow safety rules?

Could you and your child...

- Yes No Cross at crosswalks or where you could see and be seen by drivers?
- Yes No Stop and look left, right and then left again before crossing streets?
- Yes No Walk on sidewalks or shoulders facing traffic where there were no sidewalks?
- Yes No Cross with the light?

Locations of problems: _____
 Rating: (circle one) _____
 1 2 3 4 5 6

2. Was it easy to cross streets?

- Yes
- Some problems:
 - Road was too wide
 - Traffic signals made us wait too long or did not give us enough time to cross
 - Needed striped crosswalks or traffic signals
 - Parked cars blocked our view of traffic
 - Trees or plants blocked our view of traffic
 - Needed curb ramps or ramps needed repair
 - Something else _____

Locations of problems: _____
 Rating: (circle one) _____
 1 2 3 4 5 6

5. Was your walk pleasant?

- Yes
- Some unpleasant things:
 - Needed more grass, flowers, or trees
 - Scary dogs
 - Scary people
 - Not well lighted
 - Dirty, lots of litter or trash
 - Dirty air due to automobile exhaust
 - Something else _____

Locations of problems: _____
 Rating: (circle one) _____
 1 2 3 4 5 6

3. Did drivers behave well?

- Yes
- Some problems: Drivers...
 - Backed out of driveways without looking
 - Did not yield to people crossing the street
 - Turned into people crossing the street
 - Drove too fast
 - Sped up to make it through traffic lights or drove through traffic lights?
 - Something else _____

Locations of problems: _____
 Rating: (circle one) _____
 1 2 3 4 5 6

How does your neighborhood stack up?

Add up your ratings and decide.

- 1. _____ **26-30** Celebrate! You have a great neighborhood for walking.
- 2. _____ **21-25** Celebrate a little. Your neighborhood is pretty good.
- 3. _____ **16-20** Okay, but it needs work.
- 4. _____ **11-15** It needs lots of work. You deserve better than that.
- 5. _____ **5-10** It's a disaster for walking!

Total _____

Go for a ride and use this checklist to rate your neighborhood's bikeability.

How bikeable is your community?

Location of bike ride (be specific): **Rating Scale:**
1
2
3
4
5
6

awful
many problems
some problems
good
very good
excellent

1. Did you have a place to bicycle safely?

a) On the road, sharing the road with motor vehicles?

- Yes Some problems (please note locations):
- No space for bicyclists to ride
 - Bicycle lane or paved shoulder disappeared
 - Heavy and/or fast-moving traffic
 - Too many trucks or buses
 - No space for bicyclists on bridges or in tunnels
 - Poorly lighted roadways
- Other problems: _____

b) On an off-road path or trail, where motor vehicles were not allowed?

- Yes Some problems:
- Path ended abruptly
 - Path didn't go where I wanted to go
 - Path intersected with roads that were difficult to cross
 - Path was crowded
 - Path was unsafe because of sharp turns or dangerous downhill
 - Path was uncomfortable because of too many hills
 - Path was poorly lighted
- Other problems: _____

Overall "Safe Place To Ride" Rating: (circle one)
 1 2 3 4 5 6

2. How was the surface that you rode on?

- Good Some problems, the road or path had:
- Potholes
 - Cracked or broken pavement
 - Debris (e.g. broken glass, sand, gravel, etc.)
 - Dangerous drain grates, utility covers, or metal plates
 - Uneven surface or gaps
 - Slippery surfaces when wet (e.g. bridge decks, construction plates, road markings)
 - Bumpy or angled railroad tracks
 - Rumble strips
- Other problems: _____

Overall Surface Rating: (circle one)
 1 2 3 4 5 6

3. How were the intersections you rode through?

- Good Some problems:
- Had to wait too long to cross intersection
 - Couldn't see crossing traffic
 - Signal didn't give me enough time to cross the road
 - Signal didn't change for a bicycle
 - Unsure where or how to ride through intersection
- Other problems: _____

Overall Intersection Rating: (circle one)
 1 2 3 4 5 6

ANEXO 3. Ensaio de Resistência ao desgaste por rolamento – Laje C



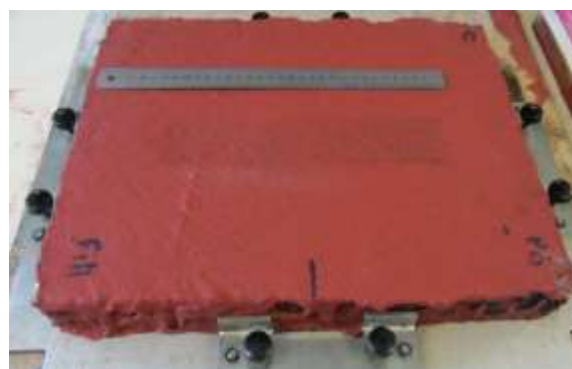
A3.1- Laje C antes do ensaio



A3.2- Laje C após 2000 ciclos



A3.3- Laje C após 4000 ciclos



A3.4- Laje C após 6000 ciclos



A3.5- Laje C após 8000 ciclos



A3.6- Laje C após 10000 ciclos

ANEXO 4. Ensaio de Resistência ao desgaste por rolamento – Laje D



A4.1 - Laje D antes do ensaio



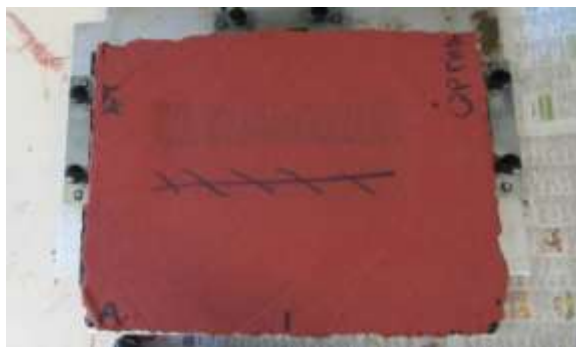
A4.2 - Laje D após 2000 ciclos



A4.3- Laje D após 4000 ciclos



A4.4- Laje D após 6000 ciclos



A4.5 - Laje D após 8000 ciclos



A4.6- Laje D após 10000 ciclos

ANEXO 5. Ensaio de Resistência ao desgaste por rolamento – Laje E



A5.1 - Laje E antes do ensaio



A5.2 - Laje E após 2000 ciclos



A5.3- Laje E após 4000 ciclos



A5.4- Laje E após 6000 ciclos

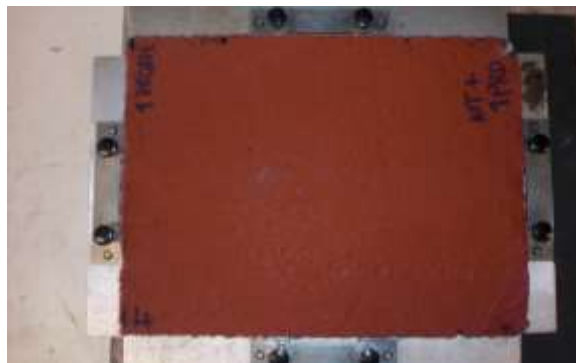


A5.5- Laje E após 8000 ciclos



A5.6- Laje E após 10000 ciclos

ANEXO 6. Ensaio de Resistência ao desgaste por rolamento – Laje F



A6.1 - Laje F antes do ensaio



A6.2 - Laje F após 2000 ciclos



A6.3- Laje F após 4000 ciclos



A6.4- Laje F após 6000 ciclos



A6.5- Laje F após 8000 ciclos



A6.6- Laje F após 10000 ciclos