



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

Metodologia para Avaliação de Infraestruturas Pedonais Urbanas

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

Autor

Filipe João Matos Costa Pais

Orientadores

Professor Doutor João M. Coutinho Rodrigues

Professor Doutor Nuno M. Marques Sousa

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

Coimbra, Julho, 2015

AGRADECIMENTOS

A elaboração de uma dissertação é um trabalho solitário, que absorve muitas horas de trabalho e dedicação. Com o apoio e disponibilidade de diversas pessoas, todo este processo se tornou facilitado e os obstáculos a ultrapassar menores.

Todo o meu apreço e gratidão vão para as seguintes pessoas:

Aos meus orientadores, o Professor Doutor João M. Coutinho Rodrigues e o Professor Doutor Nuno M. Marques Sousa, por todo o apoio, conhecimento transmitido e disponibilidade demonstrada. A eles quero expressar a minha sincera gratidão pelo estímulo, orientação e dedicação durante a elaboração deste trabalho.

Ao Álvaro que me ajudou na formatação da dissertação.

Por último, mas não menos importante, quero agradecer à minha namorada Daniela por todo o apoio, preocupação, ajuda e força dados. Com o apoio dela consegui recolher as forças necessárias para levar este trabalho até ao fim.

A todos eles um simples obrigado não chega para expressar toda a minha gratidão.

RESUMO

De entre as várias infraestruturas de suporte às redes de transportes que compõem uma cidade, as destinadas à circulação pedonal são as que mais próximo estão da utilização direta pelas pessoas, servindo nomeadamente de base ao acesso a outras infraestruturas de transportes (como paragens de transportes coletivos ou parques de estacionamento), à habitação, comércio, serviços, etc., podendo ainda ser utilizadas para recreação. A importância dos passeios é enorme, não só porque qualquer viagem começa e termina com uma componente pedonal, mas também devido à capacidade que uma rede pedonal tem por si só em revitalizar toda uma cidade. Contudo, o seu estado não oferece em muitos casos condições adequadas para a circulação dos utentes em geral e em particular de certos escalões etários da população ou de pessoas portadoras de deficiência motora. Nesse sentido é importante que as infraestruturas pedonais estejam num estado tal que permitam aos utilizadores usufruir dos benefícios inerentes ao uso do modo pedonal nas suas deslocações.

O trabalho a desenvolver consiste na aplicação de uma metodologia de avaliação multicritério da qualidade dos passeios de uma zona urbana que possa conduzir à respetiva classificação no que respeita à priorização das necessidades de intervenção. Efetuou-se uma aplicação prática que envolveu essas infraestruturas em algumas zonas da cidade de Coimbra, nomeadamente a Baixa, a zona da Solum e o Bairro Norton de Matos. Foi aplicado o método ELECTRE TRI conducente a uma priorização das intervenções a prever para o conjunto de ocorrências levantadas no terreno. Entre os mais de 24 km de passeio analisados, verificou-se que alguns troços necessitam de intervenções, nomeadamente, cerca de 4 km de passeio necessitam de intervenção que vise melhorar a segurança dos peões, e aproximadamente 245 m de passeio necessitam de intervenções urgentes que melhorem o conforto de caminhar e o estado de conservação.

Palavras chave: infraestruturas pedonais; modo pedonal; avaliação multicritério; qualidade dos passeios; necessidades de intervenção; Coimbra; ELECTRE TRI.

ABSTRACT

Among the various support infrastructures to transport networks that make up a city, those for pedestrian circulation are the closest to direct use by people, and serve as the basis for access to other transport infrastructures (public transportation stops or parking lots), housing, shops, services, etc. They may also be used for recreational purposes. The importance of the sidewalks is enormous, not only because any journey begins and ends with a pedestrian component, but also due to the ability that a pedestrian network has to revitalize an entire city. However, their status does not offer in many cases appropriate conditions for the movement of users in general and in particular for certain age groups of the population or people with physical disabilities. In this sense it is important that pedestrian infrastructure is in such a state that allow users to enjoy the benefits inherent in the use of the pedestrian mode on their travels.

This work will consist of applying a multi-criteria evaluation methodology of the quality of the sidewalks of an urban area, leading to their classification regarding the prioritization of intervention needs. A practical application involving these infrastructures in some areas of the city of Coimbra was conducted, including the Baixa, the zone of Solum and Norton de Matos District. The ELECTRE TRI method was applied, so as to prioritize interventions on sidewalks on the field. From over 24 km of sidewalk analyzed, it was found that some walking sections require maintenance. In particular, about 4 km sidewalk length needs intervention aimed at improving pedestrian safety and approximately 245 m worth of segments require urgent interventions to improve the comfort of walking and conservation status.

Keywords: pedestrian infrastructure; pedestrian mode; multi-criteria evaluation; quality of sidewalks; intervention needs; Coimbra; ELECTRE TRI.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Enquadramento do Tema.....	1
1.2	Estrutura da Dissertação.....	2
2	ESTADO DA ARTE.....	3
2.1	Métodos de Avaliação da Qualidade das Infraestruturas Pedonais.....	3
2.2	Níveis de Serviço para Peões.....	5
2.3	Vantagens do Transporte Ativo.....	7
3	METODOLOGIA UTILIZADA.....	11
3.1	Descrição do ELECTRE TRI.....	11
3.1.1	Construção da Relação de Subordinação.....	12
3.1.2	Procedimento de Exploração.....	13
4	ESTUDO DE CASO - INFRAESTRUTURAS PEDONAIAS EM ÁREAS URBANAS NA CIDADE DE COIMBRA.....	14
4.1	Atributos Considerados.....	14
4.2	Levantamento dos Dados.....	26
4.3	Análise dos Dados com Recurso ao ELECTRE TRI.....	28
4.4	Análise dos Resultados da Avaliação Multicritério.....	31
4.4.1	Resultados com o Conjunto de Pesos P1 (Segurança dos Peões).....	35
4.4.2	Resultados com o Conjunto de Pesos P2 (Conforto de andar a pé).....	42
4.4.3	Comparação dos Resultados Obtidos com os Conjuntos de Pesos P1 e P2.....	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
5.1	Conclusões.....	58
5.2	Trabalhos Futuros.....	60
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Níveis de serviço para peões em movimento (TRB, 2000, adaptado e traduzido por Seco et al., 2008).....	6
Quadro 2.2 - Benefícios e custos do transporte ativo (Litman, 2015).....	10
Quadro 4.1 - Resumo dos atributos considerados na análise multicritério	16
Quadro 4.2 - Matriz de decisão	29
Quadro 4.3 - Número de segmentos por classe (Conjunto de pesos P1).....	41
Quadro 4.4 - Extensão de passeio por classe (km de passeio) (Conjunto de pesos P1).....	41
Quadro 4.5 - Número de segmentos por classe (Conjunto de pesos P2).....	48
Quadro 4.6 - Extensão de passeio por classe (km de passeio) (Conjunto de pesos P2).....	49
Quadro 4.7 - Exemplos elucidativos de situações de correspondência entre os resultados obtidos e a realidade observada	50
Quadro 4.8 - Comparação dos resultados obtidos com os dois conjuntos de pesos (número de segmentos por classe)	56
Quadro 4.9 - Comparação dos resultados obtidos com os dois conjuntos de pesos (extensão por classe, em km de passeio)	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Crescimento projetado nas emissões de dióxido de carbono originadas pelos transportes até 2030 (Woodcock et al., 2007)	7
Figura 2.2 - Mudanças nas proporções populacionais de viagens ativas em diferentes limiares (Buehler et al., 2011)	8
Figura 2.3 - Comparação de tempos de deslocação numa distância de 8 km (Comissão Europeia, 2000, adaptado por IMT, 2012)	9
Figura 3.1 - Definição das categorias usando perfis limite (Mousseau et al., 2000).....	12
Figura 4.1 - Largura útil do passeio.....	18
Figura 4.2 - Conforto oferecido pelo pavimento	19
Figura 4.3 - Conservação do passeio	20
Figura 4.4 - Acessibilidades	21
Figura 4.5 - Segurança face ao tráfego	22
Figura 4.6 - Iluminação	23
Figura 4.7 - Densidade dos obstáculos	24
Figura 4.8 - Ambiente no trajeto	25
Figura 4.9 - Nível de serviço HCM	26
Figura 4.10 - Ficha para avaliação do desempenho dos passeios.....	27
Figura 4.11 - Classes dos passeios delimitadas pelos perfis de referência A1, A2 e A3	29
Figura 4.12 - Resultados com o conjunto de pesos P1 (Segurança): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	32
Figura 4.13 - Resultados com o conjunto de pesos P2 (Conforto): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	33
Figura 4.14 - Resultados com o conjunto de pesos P3 (Atributos com pesos iguais): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	34
Figura 4.15 - Resultados com o conjunto de pesos P1 (Baixa): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	36
Figura 4.16 - Resultados com o conjunto de pesos P1 (Zona da Solum): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	38
Figura 4.17 - Resultados com o conjunto de pesos P1 (Bairro Norton de Matos): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	40
Figura 4.18 - Resultados com o conjunto de pesos P2 (Baixa): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	43
Figura 4.19 - Resultados com o conjunto de pesos P2 (Zona da Solum): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	45
Figura 4.20 - Resultados com o conjunto de pesos P2 (Bairro Norton de Matos): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)	47
Figura 4.21 - Comparação dos resultados obtidos com os conjuntos de pesos P1 (Segurança) e P2 (Conforto).....	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do Tema

De acordo com Henao *et al.* (2015), o uso do modo pedonal tem inúmeras vantagens tais como a redução do congestionamento, diminuição dos níveis de poluição do ar, diminuição da dependência do combustível e melhorias na saúde humana. Segundo, por exemplo, Pooley *et al.* (2014), caminhar é amplamente reconhecido como sendo bom para a saúde e para o ambiente.

Andar a pé é a forma mais frequente de atividade física e é frequentemente alvo de políticas de promoção da saúde. O modo pedonal pode ser utilizado para recreação (lazer ou exercício) ou como modo de transporte (por exemplo, para as lojas, escolas ou para os transportes públicos) (Bentley *et al.*, 2010).

Este modo de transporte tem também atraído uma atenção crescente por parte de estudos e políticas de mobilidade urbana devido ao seu potencial como uma estratégia complementar para lidar com a não-sustentabilidade urbana (Lamíquiz e López-Domínguez, 2015).

Diversos estudos internacionais demonstram que o modo pedonal é o mais eficiente nas deslocações até 1 km (IMT, 2012).

Recentemente muitos países ocidentais industrializados têm encorajado o uso do modo pedonal por este aumentar a atividade física diária e ajudar a prevenir a obesidade e outras doenças crónicas (Buehler *et al.*, 2011).

De entre as várias infraestruturas de suporte às redes de transportes que compõem a cidade, as destinadas à circulação pedonal são as que mais próximo estão da utilização direta pelas pessoas, servindo nomeadamente de base ao acesso a outras infraestruturas de transportes (como paragens de transportes coletivos, parques de estacionamento, etc.), à habitação, comércio, serviços, locais de trabalho, etc., podendo ainda ser utilizadas para fins de lazer.

Na malha urbana os passeios assumem um particular destaque no suporte às deslocações pedonais das pessoas. Contudo, o seu estado não oferece em muitos casos condições adequadas para a circulação dos utentes em geral e em particular de certos escalões etários da população ou de pessoas portadoras de deficiência motora.

Nesse sentido é importante que as infraestruturas pedonais estejam num estado tal que permitam aos utilizadores usufruir dos benefícios inerentes ao uso do modo pedonal nas suas deslocações.

O trabalho a desenvolver consistiu na aplicação de uma metodologia de avaliação multicritério da qualidade dos passeios de uma zona urbana que conduziu à respetiva classificação no que respeita à priorização das necessidades de intervenção. Foi efetuada uma aplicação prática que envolve essas infraestruturas em algumas zonas da cidade de Coimbra, nomeadamente a Baixa, a zona da Solum e o Bairro Norton de Matos.

O método usado na análise multicritério para a avaliação do desempenho dos passeios foi o ELECTRE TRI. Este método atribuiu cada um dos segmentos de passeio analisados a uma classe de um conjunto de classes ordenadas pré-definidas.

1.2 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos.

No presente capítulo é apresentado um enquadramento geral do tema, seguido da descrição dos objetivos do trabalho.

No capítulo seguinte é apresentada uma revisão bibliográfica sobre alguns conceitos relacionados com as infraestruturas pedonais e sobre o próprio modo pedonal ao qual aquelas servem de suporte físico. Está estruturado em três secções que endereçam as seguintes temáticas: métodos de avaliação da qualidade das infraestruturas pedonais, níveis de serviço para peões, e vantagens do transporte ativo.

No terceiro capítulo é feita uma breve descrição do ELECTRE TRI, método que neste trabalho foi utilizado na avaliação da qualidade das infraestruturas pedonais urbanas analisadas na Baixa, na zona da Solum e no Bairro Norton de Matos.

No quarto capítulo, referente ao estudo de caso, é descrita a metodologia usada no levantamento dos dados e são analisados os resultados obtidos na análise multicritério efetuada.

No último capítulo são feitas considerações finais acerca do tema desenvolvido nesta dissertação.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Métodos de Avaliação da Qualidade das Infraestruturas Pedonais

Engenheiros e técnicos de engenharia urbana quando pretendem efetuar a gestão de infraestruturas pedonais necessitam de um método objetivo para avaliar as condições dos passeios. Assim, esses profissionais podem avaliar essas infraestruturas e identificar locais que exigem melhorias e manutenção. Essa informação também pode ser usada para desenvolver planos de transição, verificar a conformidade com as diretrizes de desenho urbano, fornecer informações para os peões e continuar com a melhoria das condições dos passeios para todos os utilizadores (Kirschbaum *et al.*, 2001).

Ferreira e Sanchez (1998) propuseram um método para avaliar a qualidade dos espaços pedonais urbanos, tendo em conta os aspetos ambientais, que determinam a perceção e a qualidade atribuída a esses espaços pelos peões. Várias medidas que contribuem para uma melhor qualidade das infraestruturas pedonais foram avaliadas e um fator de ponderação, com base em entrevistas com os peões, foi aplicado a fim de classificar a importância de cada uma dessas medidas. Este estudo foi realizado em passeios no distrito de São Carlos, Brasil. Concluiu-se que o método proposto pode ser de grande utilidade para qualquer técnico que deseje avaliar a qualidade de espaços pedonais e identificar os pontos que merecem as mais urgentes e necessárias melhorias.

Landis *et al.* (2001) desenvolveram um método para quantificar objetivamente a perceção de segurança e conforto dos peões num ambiente próximo enquanto caminham. Foi elaborado um modelo de regressão não-linear para identificar os fatores que influenciam de forma significativa o sentimento de segurança e/ou conforto do peão. Concluiu-se que esse modelo oferece aos projetistas uma orientação sólida sobre a melhor forma de conceber ambientes pedonais: qual a magnitude da separação dos passeios relativamente ao tráfego automóvel; onde e que tipo de barreiras tampão ou de proteção são necessárias; que largura deve ter o passeio; etc.

Gallin (2001) realizou um estudo que teve como objetivo desenvolver diretrizes para avaliar o nível de serviço em infraestruturas pedonais na Austrália. Foi desenvolvido um modelo exclusivo com base em diversos fatores que afetam o nível de serviço para peões de modo a facilitar a medição desse nível de serviço. Tais fatores dividem-se em três categorias: características físicas, fatores de localização e fatores relacionados com os utilizadores. Esses fatores foram ponderados por importância relativa e foi desenvolvida uma escala para descrever os níveis de serviço para peões. As condições pedonais são descritas através de uma série que vai do nível de serviço A (condições ideais para os utilizadores) ao nível de serviço E (condições inadequadas para os utilizadores). A pesquisa realizada e o modelo desenvolvido

para este projeto proporcionaram uma base para a medição contínua do nível de serviço para os peões. O modelo fornece a oportunidade de testar o nível de serviço fornecido por uma via para peões, bem como determinar quais os fatores que contribuem para baixar e aumentar esse nível de serviço.

Em Braga, Fontes *et al.* (2005) efetuaram um trabalho cujo objetivo foi apresentar uma metodologia que permitisse avaliar se o desenho urbano responde de uma forma positiva na perspetiva da pessoa que se desloca a pé. Nesse estudo foi implementado um modelo de avaliação que procurou verificar se os espaços pedonais são bem dimensionados, seguros, confortáveis e preparados para o tipo de uso previsto. A análise dos passeios seguiu a metodologia de níveis de serviço preconizada pelo HCM (TRB, 2000) e permitiu identificar as zonas mais críticas da cidade. Se o resultado obtido fosse confrontado com a identificação das zonas geradoras de maior número de viagens de curta distância seria possível desenvolver um conjunto de iniciativas que promovessem a opção pelo modo pedonal ou bicicleta, em detrimento da utilização do automóvel.

Hidayat *et al.* (2011) realizaram um trabalho para determinar os fatores que afetam a qualidade dos passeios com base na perceção dos peões. A observação neste estudo foi realizada em passeios de países do Sudeste Asiático ao longo dos quais existem vendedores de rua. Portanto, as opiniões dos peões incorporaram a presença de vendedores de rua na correlação com o desempenho dos passeios. Foram identificados quatro fatores (conforto, procura associada ao vendedor, segurança e facilidade de movimento) que podem ser usados como variáveis qualitativas na avaliação da qualidade dos passeios. O resultado deste estudo incluiu a presença de vendedores de rua como um dos fatores que afetam o desempenho dos passeios. Essa descoberta pode ser uma variável única para a avaliação da qualidade das infraestruturas pedonais em comparação com métodos anteriores estudados em países desenvolvidos e pode ser considerada como uma característica específica em modelos que podem ser aplicados em países do Sudeste Asiático.

Florez *et al.* (2014) elaboraram um artigo que caracteriza e identifica os atributos mais importantes associados com a escolha de viajar a pé, com base em entrevistas realizadas com espectadores nos três jogos da Taça das Confederações da FIFA que foram realizados em junho de 2013 no estádio do Maracanã, no Rio de Janeiro. Este artigo concluiu que, tratando-se de um grande evento desportivo, a acessibilidade - proximidade e facilidade - e rapidez são os atributos mais valorizados pelos peões, assim como acontece com viagens de natureza utilitária.

Na análise multicritério que será aplicada no desenvolvimento da dissertação, vários critérios de avaliação serão tidos em conta para avaliar a qualidade dos passeios analisados, tais como: largura útil, conforto, conservação, acessibilidades, segurança face ao tráfego, iluminação,

densidade dos obstáculos, ambiente no trajeto e nível de serviço para peões. No quarto capítulo deste trabalho será feita uma descrição mais detalhada dos critérios usados, bem como da análise efetuada.




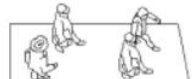


2.2 Níveis de Serviço para Peões

O Manual do Planeamento de Acessibilidades e Transportes (*Highway Capacity Manual - HCM*) da *Transportation Research Board* (TRB) (TRB, 2000) é uma norma muito utilizada para analisar o tráfego dos diferentes modos de transporte (Seco *et al.*, 2008). O HCM usa o conceito de nível de serviço como uma medida qualitativa para descrever as condições operacionais do tráfego de veículos e peões. Este manual considera o nível de serviço para peões em movimento e também o nível de serviço para peões parados. Para efeitos do trabalho a desenvolver na dissertação, apenas se vai ter em conta o primeiro caso.

A escala adotada, proposta no HCM 2000 e apresentada no Quadro 2.1 (que aqui se passa a designar por metodologia HCM), considera seis níveis de serviço (A, B, C, D, E e F), correspondendo o nível A a uma situação em que a qualidade do serviço é ótima e o nível F a um funcionamento muito deficiente e indesejável do sistema.

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

A principal vantagem da metodologia HCM é a sua simplicidade (Bloomberg e Burden, 2006). É relativamente fácil recolher os dados e calcular o nível de serviço pedonal para um determinado local. Em segundo lugar, esta metodologia pretende criar um padrão universal em análises relativas ao modo pedonal, independentemente do tamanho da cidade, do tipo de peões ou dos vários fatores ambientais. Isso permite que os planeadores possam comparar facilmente níveis de serviço para peões em todos os locais e em qualquer momento. De referir ainda que embora o cálculo do nível de serviço padrão seja fixo, o método HCM permite a flexibilidade local com base em condições reais. Por exemplo, o HCM incentiva planeadores a considerar as suas próprias metodologias de cálculo dos níveis de serviço em áreas com populações idosas significativas ou com um propósito de viagem dominante. Finalmente, esta metodologia não é estática, evolui à medida que os investigadores encontram novas relações entre os fatores ou como eles descobrem novas formas de recolha de dados e modelação. Na realidade, o TRB tem efetuado no passado aperfeiçoamentos nos temas referentes aos níveis de serviço para peões.

<p>NÍVEL DE SERVIÇO A</p> <p>Espaço > 5,6 m²/p Débito > 16 p/min/m</p> <p>Numa via pedonal com nível de serviço A, os peões movem-se segundo as trajectórias desejadas sem alterar os seus movimentos relativamente a outros peões. As velocidades de circulação são definidas livremente, e os conflitos entre peões são improváveis.</p>	
<p>NÍVEL DE SERVIÇO B</p> <p>Espaço > 3,7 - 5,6 m²/p Débito > 16 - 23 p/min/m</p> <p>No nível de serviço B, é definida uma área que permita aos peões definirem livremente as velocidades de circulação, de modo a contornarem e evitarem conflitos com outros peões. Neste nível, os peões começam a estar atentos relativamente a presença de outros peões e a responderem a essa presença aquando da selecção do caminho.</p>	
<p>NÍVEL DE SERVIÇO C</p> <p>Espaço > 2,2 - 3,7 m²/p Débito > 23 - 33 p/min/m</p> <p>No nível de serviço C, o espaço disponível é o suficiente para a selecção das velocidades de circulação, e para contornar os outros peões que se deslocam no mesmo sentido. Em locais onde ocorram movimentos de mudança de direcção ou de atravessamento pode haver conflitos, implicando diminuição de velocidade e do débito.</p>	
<p>NÍVEL DE SERVIÇO D</p> <p>Espaço > 1,4 - 2,2 m²/p Débito > 33 - 49 p/min/m</p> <p>No nível de serviço D, a liberdade para cada peão seleccionar a velocidade de circulação de modo a poder contornar outros peões, é restrita. Onde existam movimentos de mudança de direcção ou de atravessamento, a probabilidade de ocorrer conflitos é superior, de tal modo que para se evitar essa situação é necessário haver mudança de velocidade e de posição. Neste nível de serviço a fluidez ainda é razoável, porém é provável a existência de interferência mútua entre os peões.</p>	
<p>NÍVEL DE SERVIÇO E</p> <p>Espaço > 0,75 - 1,4 m²/p Débito > 49 - 75 p/min/m</p> <p>No nível de serviço E, virtualmente todos os peões têm a sua velocidade de circulação restringida, necessitando por isso de ajustar frequentemente o ritmo da passada. Para valores do débito próximos da capacidade o movimento só é possível "arrastando os pés". O espaço disponível é insuficiente para ser possível ultrapassar peões mais lentos. Movimentos de atravessamento ou de mudança de sentido são muito difíceis de efectuar e geram conflitos.</p>	
<p>NÍVEL DE SERVIÇO F</p> <p>Espaço < 0,75 m²/p Débito - variável p/min/m</p> <p>No nível de serviço F, todas as velocidades de circulação estão severamente restringidas, e o movimento para a frente só é possível "arrastando os pés". É frequente o contacto físico com outros peões. Os movimentos de atravessamento e de mudança de sentido são praticamente impossíveis de realizar. O fluxo é esporádico e instável.</p>	

Quadro 2.1 - Níveis de serviço para peões em movimento (TRB, 2000, adaptado e traduzido por Seco *et al.*, 2008)

Bloomberg e Burden (2006) elaboraram um estudo com a finalidade de analisar a adequabilidade da metodologia HCM para o cálculo do nível de serviço para peões na cidade de Nova Iorque, determinar os fatores que contribuem para o congestionamento de peões nos passeios de Manhattan, bem como recomendar mudanças na análise do nível de serviço pedonal com base em conclusões desse estudo. Concluíram que o método utilizado pelo *Highway Capacity Manual* fornece diretrizes para recolha de dados e técnicas de análise para utilizadores relativamente simples e fáceis de entender.

Neste trabalho o conceito de nível de serviço para peões assume uma particular importância dado ser utilizado como um critério de avaliação "nível de serviço HCM" na metodologia de análise multicritério que irá ser efetuada. A definição desse critério será baseada na metodologia HCM (TRB, 2000). A análise que irá ser efetuada permitirá identificar, com uma

metodologia científica adequada, o nível de intervenção (em termos de manutenção/reparação/reabilitação) que as infraestruturas pedonais de algumas zonas da cidade de Coimbra (Baixa, Solum e Bairro Norton de Matos) possam necessitar.

2.3 Vantagens do Transporte Ativo

Transporte ativo (também chamado de transporte não-motorizado, transporte motorizado humano e transporte suave) refere-se a andar a pé, de bicicleta, patins, skate e variantes, tais como cadeira de rodas. O transporte ativo desempenha papéis importantes e originais num sistema de transporte eficiente e equitativo. Ele fornece mobilidade básica, transporte acessível, o acesso a modos motorizados, aptidão física e diversão. Melhorar as condições de uso deste modo de transporte pode beneficiar diretamente os utentes, além de conferir vários benefícios indiretos, por isso, mesmo as pessoas que não usam um passeio, faixa de peões, caminho ou ciclovia, muitas vezes beneficiam da sua existência (Litman, 2015).

Woodcock *et al.* (2007) examinaram as ligações entre o transporte com base em combustíveis fósseis, as emissões de gases de efeito estufa e a saúde. Chegaram à conclusão que o aumento do transporte ativo pode ajudar a alcançar reduções substanciais das emissões até 2030 (Figura 2.1), melhorando simultaneamente a saúde da população, promovendo assim o desenvolvimento sustentável.

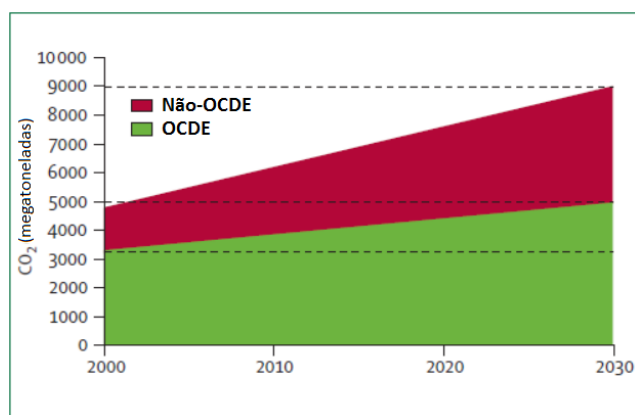


Figura 2.1 - Crescimento projetado nas emissões de dióxido de carbono originadas pelos transportes até 2030 (Woodcock *et al.*, 2007)

Alterações estruturais que promovem o uso do modo pedonal (como travessias para peões e iluminação) são suscetíveis de beneficiar a todos numa comunidade e resultam em melhorias a longo prazo na atividade física e saúde da população. Bentley *et al.* (2010) identificaram as características estruturais que melhor promovem o uso do modo pedonal e os resultados desse estudo são importantes para os urbanistas e decisores políticos quando eles consideram intervenções para apoiar os residentes que caminham nos seus ambientes locais.

Buehler *et al.* (2011) realizaram um estudo para estimar as diferenças entre a população da Alemanha e dos EUA em termos de caminhada diária e ciclismo em todos os grupos sociodemográficos. A alta prevalência de viagens ativas na Alemanha (Figura 2.2) mostra que a caminhada diária e o ciclismo podem ajudar uma grande percentagem da população a atingir níveis recomendados de atividade física.

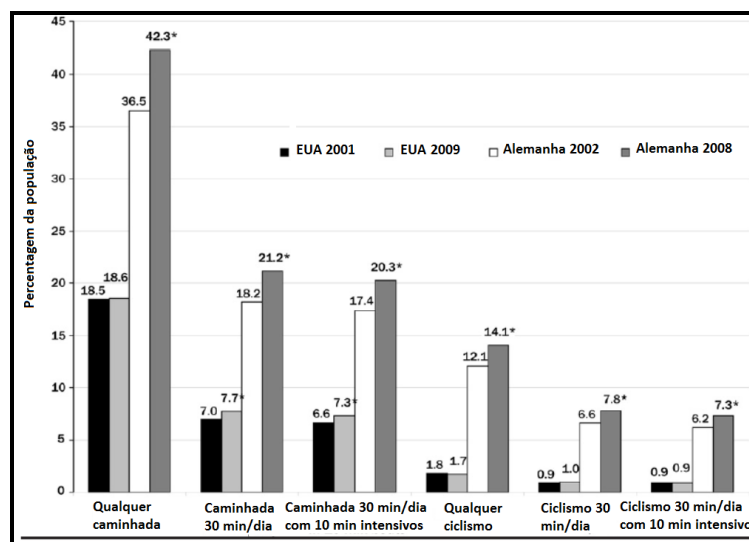


Figura 2.2 - Mudanças nas proporções populacionais de viagens ativas em diferentes limiares (Buehler *et al.*, 2011)

Um estudo realizado pelo Instituto da Mobilidade e dos Transportes (IMT, 2012) analisou os principais benefícios que decorrem da utilização dos modos suaves. Concluiu que os principais benefícios do recurso aos modos suaves dizem respeito à maior eficiência do sistema de transportes, aos ganhos ambientais associados e à melhoria da saúde pública, com as respetivas vantagens económicas e sociais. Por exemplo, segundo este estudo, em meio urbano a bicicleta consegue ser um dos modos de deslocação mais rápidos, eficientes e ajustados às distâncias a percorrer, tendo em conta que 50% dos trajetos efetuados em meio urbano na Europa têm menos de 3 km (European Commission, 2007) (ver Figura 2.3). Ainda de acordo com esta publicação, nas cidades portuguesas com menos de 10 000 habitantes, o recurso ao modo pedonal chega, nalgumas, a ultrapassar os 50% do total de deslocações.

Pooley *et al.* (2014) realizaram uma pesquisa para analisar os fatores que limitam o uso do modo pedonal. Evidências dessa pesquisa sugerem que, para se aumentarem os níveis de caminhada para viagens curtas em áreas urbanas, duas coisas precisam de mudar. Primeiro, a infraestrutura urbana necessita de ser construída de tal forma que aos peões sejam dados espaço e prioridade suficientes, juntamente com um ambiente em que andar a pé seja tanto agradável como alcançável. Em segundo lugar, é preciso haver uma alteração de normas sociais de modo a que a caminhada se torna habitual e portanto, vista como uma esperada forma de transporte para a maioria das viagens de curta duração em áreas urbanas. Essas

políticas poderiam dar um contributo significativo para a melhoria da saúde humana e o bem-estar e incentivar a reavaliação do papel do modo pedonal nas políticas de transporte e de saúde.

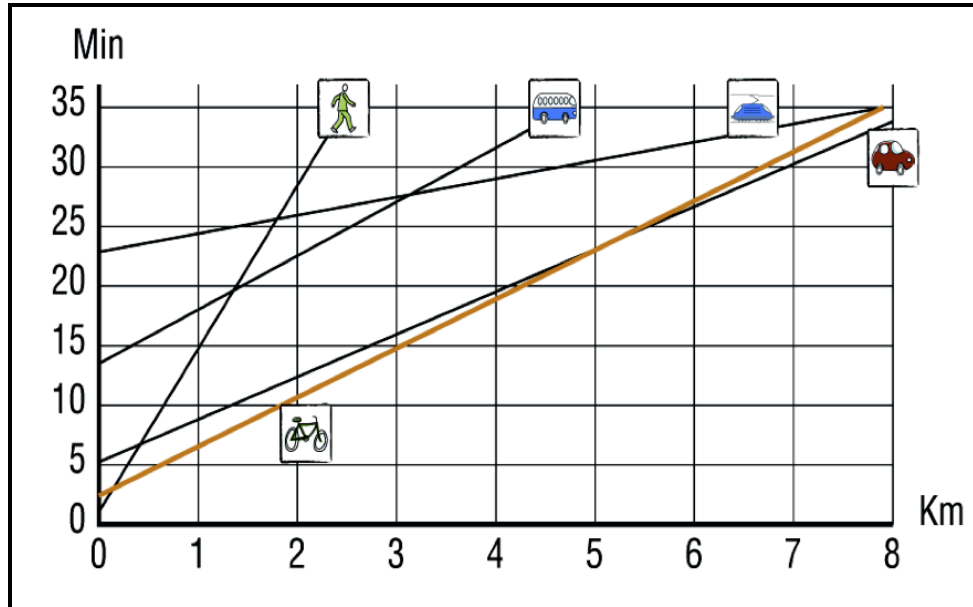


Figura 2.3 - Comparação de tempos de deslocação numa distância de 8 km (Comissão Europeia, 2000, adaptado por IMT, 2012)

Litman (2015) elaborou um relatório que descreve os impactes (benefícios e custos) de políticas e projetos que melhorem as condições de transporte ativo e aumentam a sua utilização. Nele se discutem os fatores que afetam esses impactes e descrevem-se métodos para quantificar e medir em unidades monetárias esses impactes. O Quadro 2.2 enumera diversas categorias de benefícios e custos do transporte ativo. A avaliação económica convencional dos transportes tende a negligenciar e subestimar os benefícios do modo ativo e assim desvalorizar as vantagens do modo pedonal e do uso da bicicleta. Concluiu-se neste relatório que existem muitas maneiras de melhorar e incentivar viagens ativas. Quando todos os impactes são considerados, justifica-se claramente mais apoio para caminhadas e ciclismo.

A análise que irá ser realizada nesta dissertação permitirá priorizar intervenções a realizar nas infraestruturas pedonais analisadas em algumas zonas da cidade de Coimbra, e dessa maneira permitir que os utentes possam usufruir de todos os benefícios que advêm da utilização do transporte ativo como meio de deslocação.

	Melhorias das Condições de Viagens Ativas	Aumento do Uso do Transporte Ativo	Redução das Viagens de Automóvel	Comunidades Mais Compactas
Benefícios Potenciais	<p>Melhoria do conforto e conveniência do utilizador</p> <p>Melhoria da acessibilidade para os não-condutores, o que apoia a equidade</p> <p>Valor da opção</p> <p>Apoio a indústrias relacionadas (como a do retalho e turismo)</p> <p>Aumento da segurança</p>	<p>Satisfação do utilizador</p> <p>Melhoria da aptidão física e saúde públicas</p> <p>Aumento da coesão da comunidade (interações positivas entre vizinhos devido a mais pessoas caminharem nas ruas da cidade) que tende a aumentar a segurança local</p>	<p>Redução do congestionamento do tráfego</p> <p>Poupanças nos custos em estradas e instalações de estacionamento</p> <p>Poupança dos consumidores</p> <p>Redução dos encargos com motoristas</p> <p>Aumento da segurança no tráfego</p> <p>Conservação de energia</p> <p>Redução da poluição</p> <p>Desenvolvimento económico</p>	<p>Melhoria na acessibilidade, em particular para os não-condutores</p> <p>Poupanças nos custos de transporte</p> <p>Redução dos custos de expansão</p> <p>Preservação do espaço aberto</p> <p>Comunidades mais habitáveis</p> <p>Valores de propriedades mais elevados</p> <p>Aumento da segurança</p>
Custos Potenciais	<p>Custos de instalação</p> <p>Velocidades de tráfego mais baixas</p>	<p>Custos de equipamento (sapatos, bicicletas, etc.)</p> <p>Aumento do risco de acidente</p>	<p>Viagens mais lentas</p>	<p>Aumento de alguns custos de desenvolvimento</p>

Quadro 2.2 - Benefícios e custos do transporte ativo (Litman, 2015)

3 METODOLOGIA UTILIZADA

Um problema de classificação multicritério (MCCP - *Multi Criteria Classification Problem*) consiste na atribuição de um conjunto de alternativas $A = \{a_1, a_2, \dots, a_l\}$ avaliadas segundo n critérios g_1, g_2, \dots, g_n a categorias (classes) que são pré-definidas por normas correspondentes a vetores de pontuações em critérios específicos, chamados perfis, que separam as categorias. A atribuição de uma alternativa a_k a uma categoria específica resulta de uma comparação da sua avaliação em todos os critérios com os perfis que definem as categorias (Mousseau *et al.*, 2000).

O método utilizado na análise multicritério aplicada nesta dissertação que visa priorizar intervenções a realizar nas infraestruturas pedonais analisadas em algumas zonas da cidade de Coimbra é o ELECTRE TRI. Uma importante diferença deste método em relação aos métodos tradicionais de análise multicritério é que a classificação obtida por cada alternativa não depende do valor alcançado numa média ponderada. Isto elimina efeitos compensatórios que podem mascarar a classificação e torna os resultados obtidos por este método mais ajustados com a realidade. Uma breve explicação do ELECTRE TRI será dada no subcapítulo seguinte, sendo possível encontrar em Mousseau *et al.* (2000) e Mousseau *et al.* (2001) uma descrição mais detalhada deste método.

3.1 Descrição do ELECTRE TRI

ELECTRE TRI é um método de classificação multicritério, isto é, um método que atribui alternativas a categorias (classes) previamente definidas e ordenadas. A atribuição da alternativa a resulta da comparação de a com os perfis que definem os limites das categorias. Seja $F = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ o conjunto dos critérios que definem as alternativas e $B = \{b_0, b_1, \dots, b_{p+1}\}$ o conjunto dos perfis que definem $p + 1$ categorias (classes), com b_h sendo o limite superior da categoria C_h e o limite inferior da categoria C_{h+1} , $h = 1, 2, \dots, p$ (ver Figura 3.1, onde os perfis b_{p+1} e b_0 correspondem às alternativas ideal e anti ideal, respetivamente).

Esquemáticamente, o método ELECTRE TRI atribui alternativas às categorias (classes) seguindo dois passos consecutivos:

- construção de uma relação de subordinação S que caracteriza como as alternativas se comparam com os limites das categorias,
- exploração da relação S , a fim de atribuir cada alternativa a uma categoria específica.

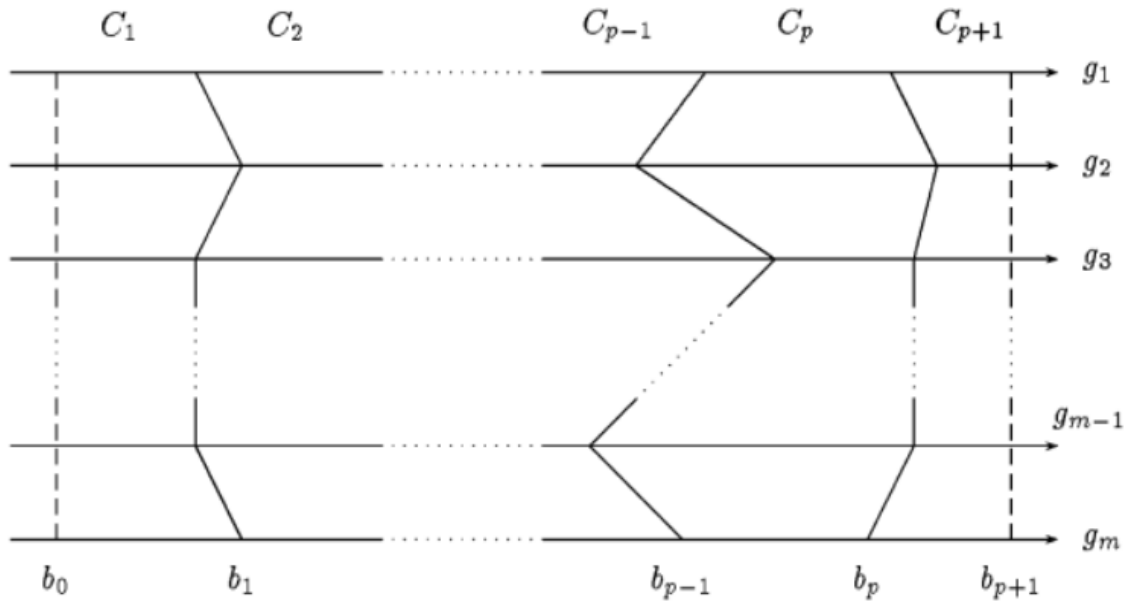


Figura 3.1 - Definição das categorias usando perfis limite (Mousseau *et al.*, 2000)

3.1.1 Construção da Relação de Subordinação

ELECTRE TRI constrói uma relação de subordinação S , ou seja, valida ou invalida a afirmação aSb_h (e b_hSa), cujo significado é "a é pelo menos tão bom quanto b_h ". Preferências restritas ao eixo de importância de cada critério são definidas através de pseudo-critérios. Os limiares de indiferença e de preferência ($q_j(b_h)$ e $p_j(b_h)$) constituem a informação preferencial intra-critério. Eles representam a natureza imprecisa das avaliações $g_j(a)$. Entende-se por limiar de indiferença para um critério o valor até onde duas alternativas, para esse critério, não se distinguem, e por limiar de preferência o valor a partir do qual é claramente preferível uma alternativa em relação a outra.

Dois tipos de parâmetros de preferência inter-critério intervêm na construção da relação S :

- o conjunto dos coeficientes de peso-importância $\{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ é utilizado no teste de concordância quando se calcula a importância relativa das coligações de critérios a favor da afirmação aSb_h ,
- o conjunto dos limiares de veto $\{v_1(b_h), v_2(b_h), \dots, v_m(b_h)\}$ é utilizado no teste de discordância; $v_j(b_h)$ representa a menor diferença $g_j(b_h) - g_j(a)$ incompatível com a afirmação aSb_h .

O ELECTRE TRI constrói uma relação de subordinação S utilizando um índice $\sigma(a, b_h) \in [0, 1]$ que representa o grau de credibilidade da afirmação aSb_h , $\forall a \in A, \forall b_h \in B$.

3.1.2 Procedimento de Exploração

Como a atribuição das alternativas às categorias (classes) não resulta diretamente da relação S , é necessária uma fase de exploração. Nesta fase será usado um parâmetro de corte λ : a afirmação aSb_h é considerada válida se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$, sendo λ um limiar de corte de tal modo que $\lambda \in [0.5, 1]$. Este parâmetro λ determina a situação de preferência entre a e b_h :

- $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda \Rightarrow a$ é indiferente a b_h ,
- $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda \Rightarrow a$ é preferível a b_h ,
- $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda \Rightarrow b_h$ é preferível a a ,
- $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda \Rightarrow a$ é incomparável a b_h .

O papel do processo de exploração é analisar a maneira pela qual uma alternativa a se compara aos perfis de referência de modo a determinar a categoria (classe) à qual essa alternativa deve ser atribuída. Dois procedimentos de atribuição estão disponíveis:

Procedimento pessimista (ou conjuntivo):

- (a) comparar a sucessivamente com b_i , com $i = p, p - 1, \dots, 0$,
- (b) sendo b_h o primeiro perfil de tal forma que aSb_h , atribuir a à categoria C_{h+1} .

Procedimento otimista (ou disjuntivo):

- (a) comparar a sucessivamente com b_i , com $i = 1, 2, \dots, p + 1$,
- (b) sendo b_h o primeiro perfil de tal forma que b_hSa , atribuir a à categoria C_h .

No próximo capítulo serão detalhados os pesos atribuídos a cada critério, os limiares utilizados (de indiferença, preferência e veto) e as alternativas (perfis) de referência que definem as categorias (classes) às quais foram atribuídos todos os segmentos de passeio (alternativas) analisados.

4 ESTUDO DE CASO - INFRAESTRUTURAS PEDONAIIS EM ÁREAS URBANAS NA CIDADE DE COIMBRA

4.1 Atributos Considerados

Na análise efetuada foram usados os seguintes nove critérios (atributos), de acordo com uma metodologia definida por investigadores do INESC-Coimbra (Sousa *et al.*, 2015):

- 1 largura útil do passeio,
- 2 conforto oferecido pelo pavimento,
- 3 conservação do passeio,
- 4 acessibilidades,
- 5 segurança face ao tráfego,
- 6 iluminação,
- 7 densidade dos obstáculos,
- 8 ambiente no trajeto,
- 9 nível de serviço HCM (densidade pedonal).

Oito são critérios de benefício (i.e., são preferidos valores o maior possível, nas escalas adotadas) e um corresponde a critério de custo (densidade dos obstáculos). Seguidamente serão descritos os critérios anteriormente enumerados.

Largura útil do passeio

Refere-se à largura efetivamente disponível para a deslocação dos peões (excluindo eventuais obstáculos).

Conforto oferecido pelo pavimento, Conservação do passeio e Iluminação

O conforto oferecido pelo pavimento, o estado de conservação do passeio e a iluminação foram atributos utilizados na análise multicritério realizada. A escala adotada para estes critérios é a mesma e composta por cinco níveis (0, 1, 2, 3 e 4). O valor 0 corresponde a uma situação inadequada destes atributos e o valor 4 a um estado muito bom dos mesmos. Para a avaliação do item "conservação do passeio", foi considerada a frequência e extensão de: desníveis, buracos e fendas no pavimento, inclinação no sentido transversal e raízes de árvores salientes.

Acessibilidades

Para a avaliação deste atributo foram tidos em conta quatro parâmetros: altura e conservação do lancil, visibilidade e sinalização vertical dos atravessamentos (parâmetros avaliados numa escala de cinco níveis, de 0 a 4, tal como os critérios conforto, conservação e iluminação), densidade do número de atravessamentos e do número de rampas de acesso (estes últimos dois parâmetros foram avaliados contra um valor de referência de 1 atravessamento por cada

100 m, numa escala entre 0 e 1). O valor final deste atributo é uma soma pesada destes quatro parâmetros, normalizada à unidade, que depois foi introduzido na matriz de decisão com a qual foi executado o método ELECTRE TRI e varia entre 0 e 1, correspondendo o valor unitário ao ideal deste atributo.

Segurança face ao tráfego

Este atributo foi avaliado em horário de ponta (entre as 17 e as 19 horas) tendo em consideração a existência ou não de uma barreira tampão a proteger os peões do tráfego automóvel e o volume de tráfego. Para a avaliação da segurança proporcionada pela zona tampão foi considerada a largura da zona tampão e o tipo de zona tampão (inexistência de zona tampão, árvores, pins/arbustos, estacionamento), transformados segundo uma escala logarítmica num valor inteiro entre 0 e 4, com 4 a ser o valor que proporciona mais segurança. O volume de tráfego foi avaliado numa escala de cinco níveis, de 0 a 4, onde o valor 0 é atribuído a estradas restritas ao trânsito automóvel e o valor 4 a estradas com um volume de tráfego muito intenso. O valor final do atributo "segurança face ao tráfego" é obtido da fórmula: $VF = 4 - (VT - ZT)$, truncado a um valor entre 0 e 4, com 4 a ser o valor ideal para este atributo, onde VF - Valor final atribuído a este atributo; VT - Volume de tráfego e ZT - Zona tampão.

Densidade dos obstáculos

A escala deste critério também é composta por cinco níveis (0 a 4, com o valor 0 a corresponder à inexistência de obstáculos no passeio e o valor 4 correspondendo a uma quantidade elevada de obstáculos). Sendo um critério de custo, o valor 0 corresponde ao ideal para este atributo. Na avaliação deste item, foi considerada a frequência e extensão de: publicidade, mobiliário/árvores/candeeiros mal localizados, veículos estacionados em cima do passeio e outros obstáculos de tipo genérico.

Ambiente no trajeto

Para a avaliação deste atributo foram tidos em conta três parâmetros: vegetação (parâmetro avaliado numa escala de cinco níveis, de 0 a 4, onde o valor 0 corresponde à inexistência de vegetação e o valor 4 a vegetação abundante), densidade do número de zonas/bancos de descanso e do número de recipientes de lixo (estes últimos dois parâmetros foram avaliados contra um valor de referência, que se tomou como sendo o maior dos valores observados, numa escala entre 0 e 1). O valor final deste atributo é uma soma pesada destes três parâmetros, normalizada à unidade, que depois foi introduzido na matriz de decisão com a qual foi executado o método ELECTRE TRI e varia entre 0 e 1, correspondendo o valor unitário ao ideal deste atributo.

Nível de serviço HCM

A avaliação deste item é baseada no nível de serviço HCM (TRB, 2000), ou seja, a escala deste atributo é composta por seis níveis (A a F), correspondendo o nível A a uma situação em que a qualidade do serviço é ótima e o nível F a um funcionamento muito deficiente e indesejável do sistema. Este critério foi avaliado em horário de ponta (entre as 17 e as 19 horas). O valor final deste atributo, introduzido na matriz de decisão com a qual foi executado o método ELECTRE TRI é um valor numérico (entre 0 e 5), fazendo corresponder a letra A com o valor 5, a letra B com o valor 4, e assim sucessivamente até a letra F corresponder ao valor 0.

No Quadro 4.1 é apresentado um resumo dos atributos considerados na análise multicritério efetuada (escala utilizada e tipo).

Atributo	Escala	Tipo
Largura útil do passeio	metros	Benefício
Conforto do pavimento	0 - 4 (discreta)	Benefício
Conservação do passeio	0 - 4 (discreta)	Benefício
Acessibilidades	0 - 1 (contínua)	Benefício
Segurança face ao tráfego	0 - 4 (discreta)	Benefício
Iluminação	0 - 4 (discreta)	Benefício
Densidade dos obstáculos	0 - 4 (discreta)	Custo
Ambiente no trajeto	0 - 1 (contínua)	Benefício
Densidade do fluxo de peões	0 - 5 (discreta)	Benefício

Quadro 4.1 - Resumo dos atributos considerados na análise multicritério

A título de exemplo, apresentam-se nas Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 os atributos considerados na análise efetuada no âmbito desta dissertação e o estado em que se encontram os segmentos em estudo em termos desses atributos.

De acordo com as orientações do Decreto-Lei nº. 163/2006 (Diário da República, 2006), a largura útil de uma infraestrutura pedonal não deve ser inferior a 1,2 m. Observando a Figura 4.1, verifica-se que grande parte dos troços analisados cumpre com esse requisito, existindo no entanto, no Bairro Norton de Matos, uma relevante percentagem de segmentos de passeio demasiado estreitos.

A avaliação do atributo "conforto oferecido pelo pavimento" foi feita principalmente tendo em conta o material usado na conceção do pavimento das infraestruturas pedonais analisadas (betão, pedra da calçada, etc.). Como se constata na Figura 4.2, para além dos troços onde não existe passeio (mais à frente nesta dissertação se falará em pormenor nestes casos) apenas na

Baixa existem segmentos de passeio que foram classificados com o valor 0 ou 1 em termos de conforto oferecido pelo pavimento para caminhar.

Em termos do seu estado de conservação, como se pode ver na Figura 4.3, um número elevado de segmentos de passeio encontra-se em mau estado, sendo esses troços avaliados com o valor 0 ou 1.

Como se observa na Figura 4.4, os troços de passeio analisados em duas das três zonas em estudo (Baixa e zona da Solum) estão, quase na sua totalidade, bem servidos em termos de acessibilidade. No entanto, uma quantidade significativa de segmentos de passeio localizados no Bairro Norton de Matos necessitam de melhorias neste atributo, nomeadamente a criação/melhoramento de atravessamentos pedonais nas ruas onde se inserem esses segmentos.

Em termos de segurança face ao tráfego, verifica-se claramente com a observação da Figura 4.5 que as ruas onde o tráfego automóvel é mais elevado (R. Sofia, Av. Fernão de Magalhães, R. General Humberto Delgado, R. Egas Moniz, R. Angola, etc.) são aquelas onde se localizam a maior parte dos troços que foram avaliados com o valor 0 ou 1 neste atributo. Pelo contrário, nas ruas onde o trânsito motorizado é restrito ou tranquilo (R. das Padeiras, R. da Moeda, R. Ferreira Borges, etc., na Baixa) estão inseridos os segmentos melhor avaliados em termos de segurança face ao tráfego (valor 3 ou 4).

Relativamente ao atributo "iluminação", observando a Figura 4.6, verifica-se que os troços estudados na zona da Solum e no Bairro Norton de Matos são bem iluminados, com exceção da troço onde não existe passeio. Na baixa, existem alguns troços sem iluminação suficiente (R. Arnado, R. do Sargento Mor, R. do Corvo, etc.).

Como se pode ver na Figura 4.7, apenas uma minoria dos troços em estudo apresenta uma quantidade de obstáculos considerável ou mesmo elevada. Neste troços existem muitas paragens de autocarro e/ou árvores no meio do passeio que dificultam a deslocação dos peões nessas infraestruturas.

Observando a Figura 4.8, verifica-se que praticamente nenhum dos segmentos de passeio analisados obteve uma classificação com a qual se possa afirmar que está realmente muito bem servido no atributo "ambiente no trajeto". Apenas 1 troço obteve um valor superior a 0.7 neste atributo e localiza-se na Baixa (na Av. Central, zona da Loja do Cidadão). Poucos segmentos (outro na Av. Central, um na Rua da Sota, alguns na Av. Fernão de Magalhães, um na R. Infanta Dona Maria, etc.) obtiveram pontuação superior a 0.4 neste atributo, segmentos esses que têm uma vegetação adequada ou abundante e possuem suficientes zonas de

descanso e recipientes de lixo que tornam o ambiente mais agradável para caminhar ao longo destas infraestruturas.

Por fim, fazendo uma análise relativamente ao atributo "nível de serviço HCM", verifica-se mediante a observação da Figura 4.9 que, à exceção dos segmentos onde falta passeio, não existem outros classificados com o valor 0 ou 1 neste atributo, ou seja, não existem passeios tão movimentados ao ponto de quase se atingir a sua capacidade máxima. Na maior parte dos troços é possível caminhar livremente sem interferência com outros peões (troços classificados com o valor 4 ou 5 neste atributo). Apenas segmentos muito movimentados (R. Sofia, R. Ferreira Borges, etc.) ou que se encontram em frente a centros comerciais ou escolas/politécnicos (R. General Humberto Delgado, em frente ao Dolce Vita, troço em frente à ESEC e troço em frente à Escola Secundária Infanta Dona Maria, etc.) foram classificados com o valor 2 ou 3 neste atributo, isto é, podem existir conflitos com outros peões nos movimentos de andar para trás ou movimentos cruzados.

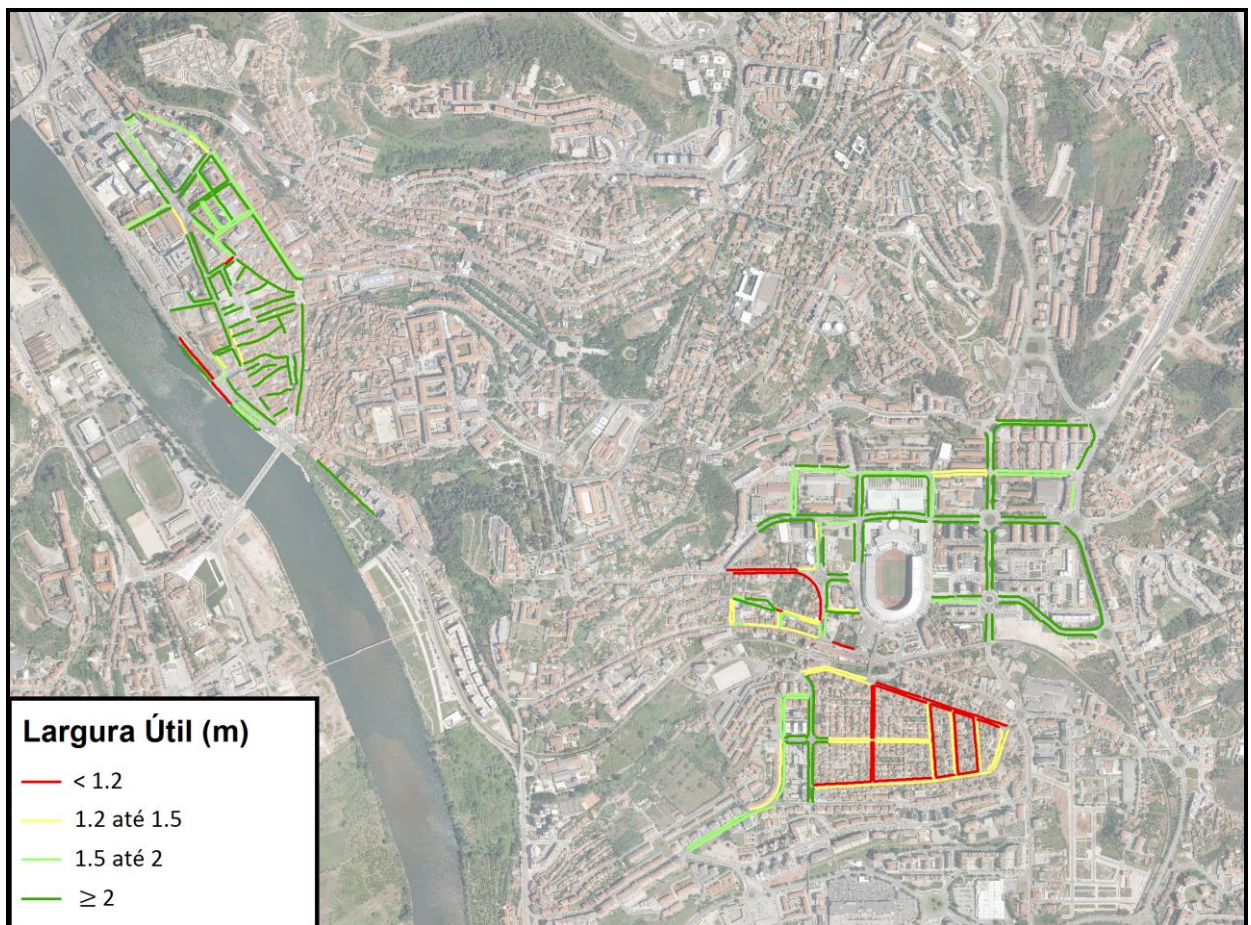


Figura 4.1 - Largura útil do passeio

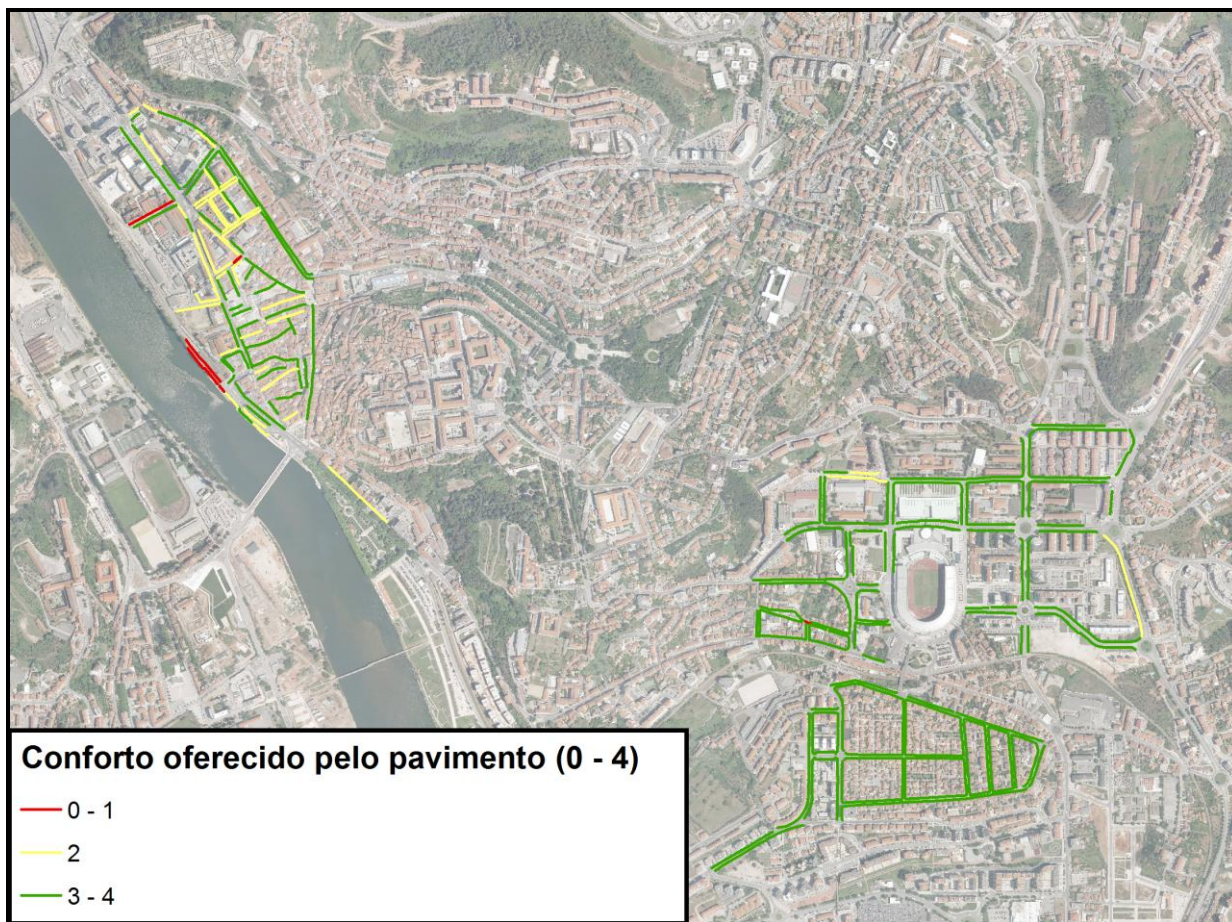


Figura 4.2 - Conforto oferecido pelo pavimento

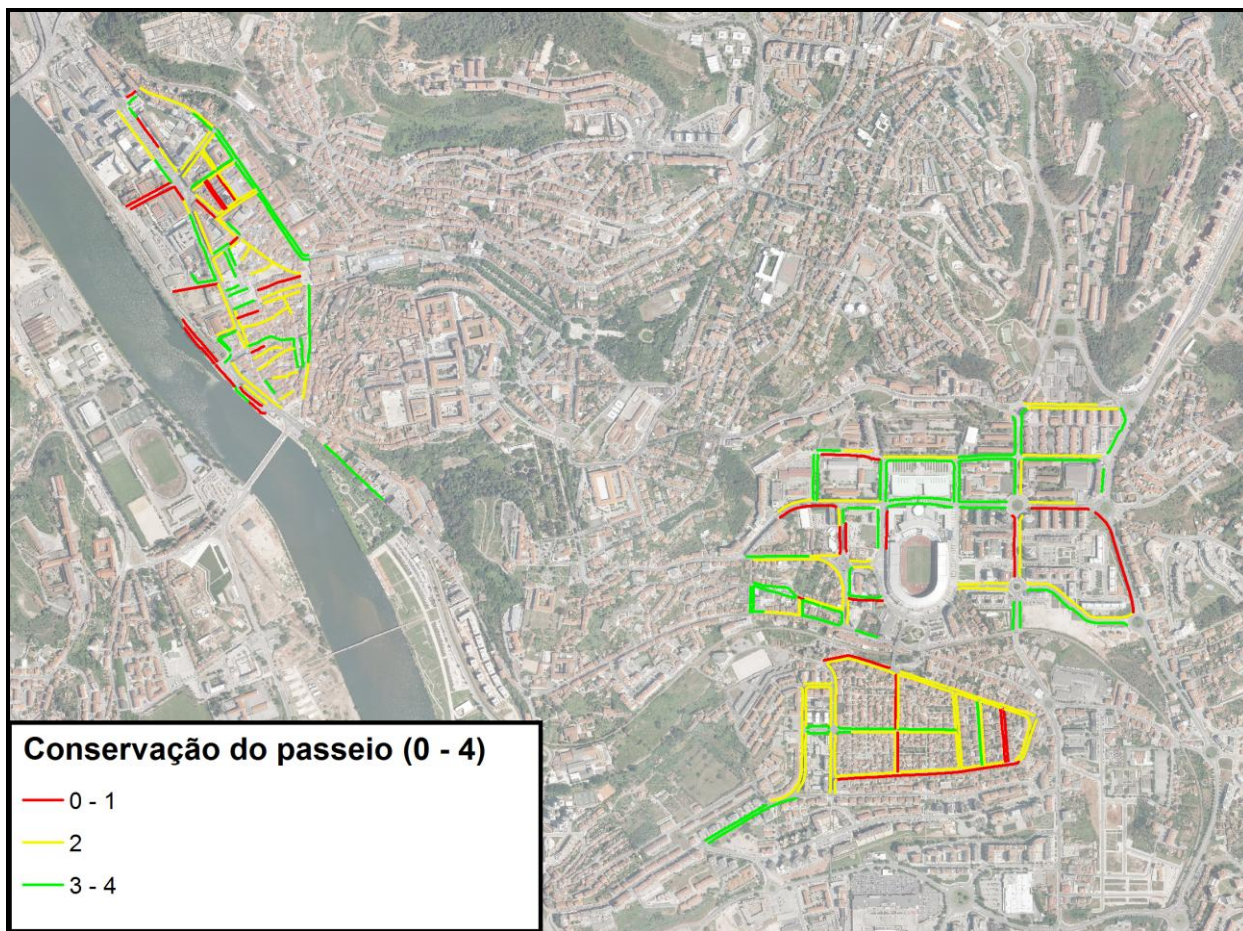


Figura 4.3 - Conservação do passeio

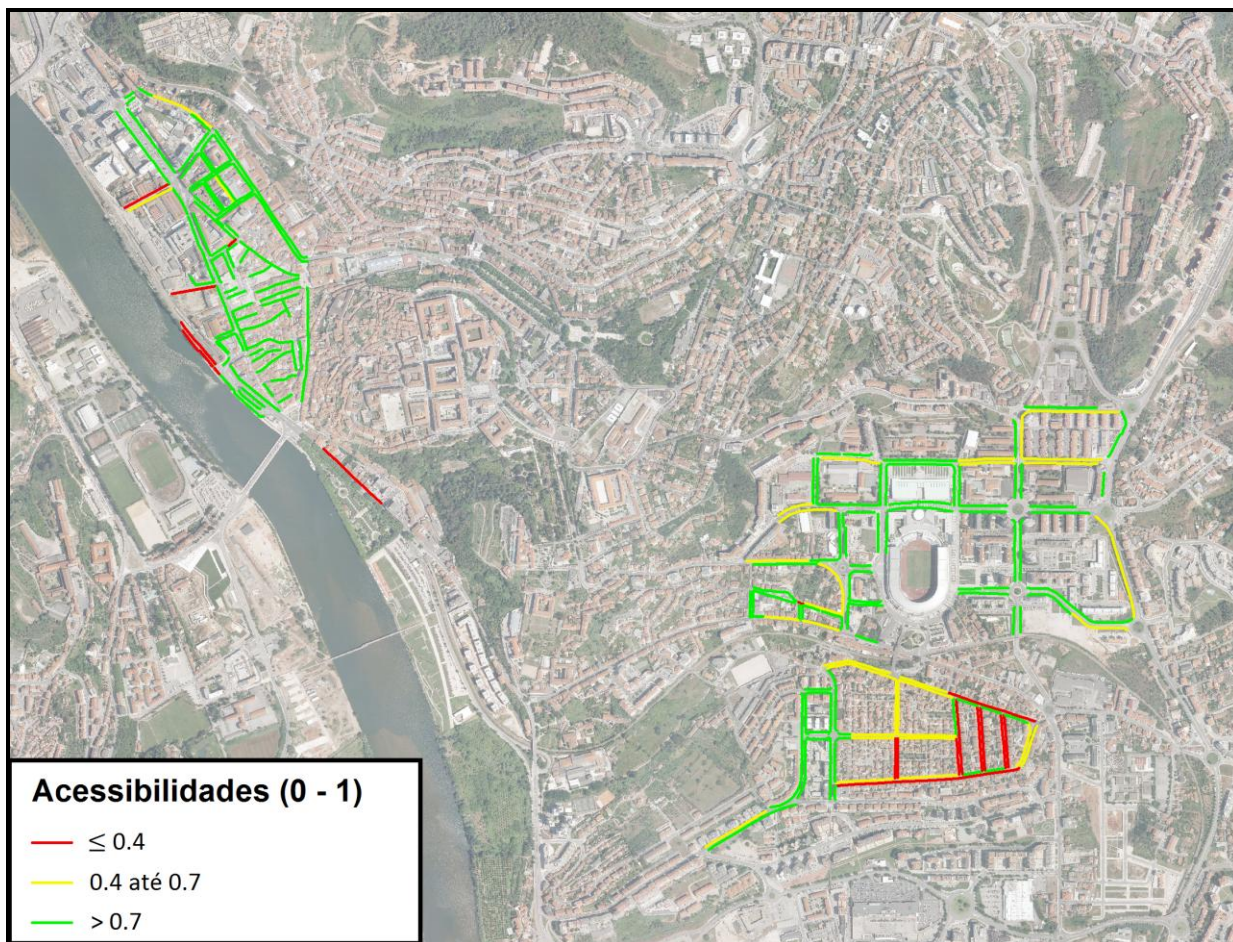


Figura 4.4 - Acessibilidades

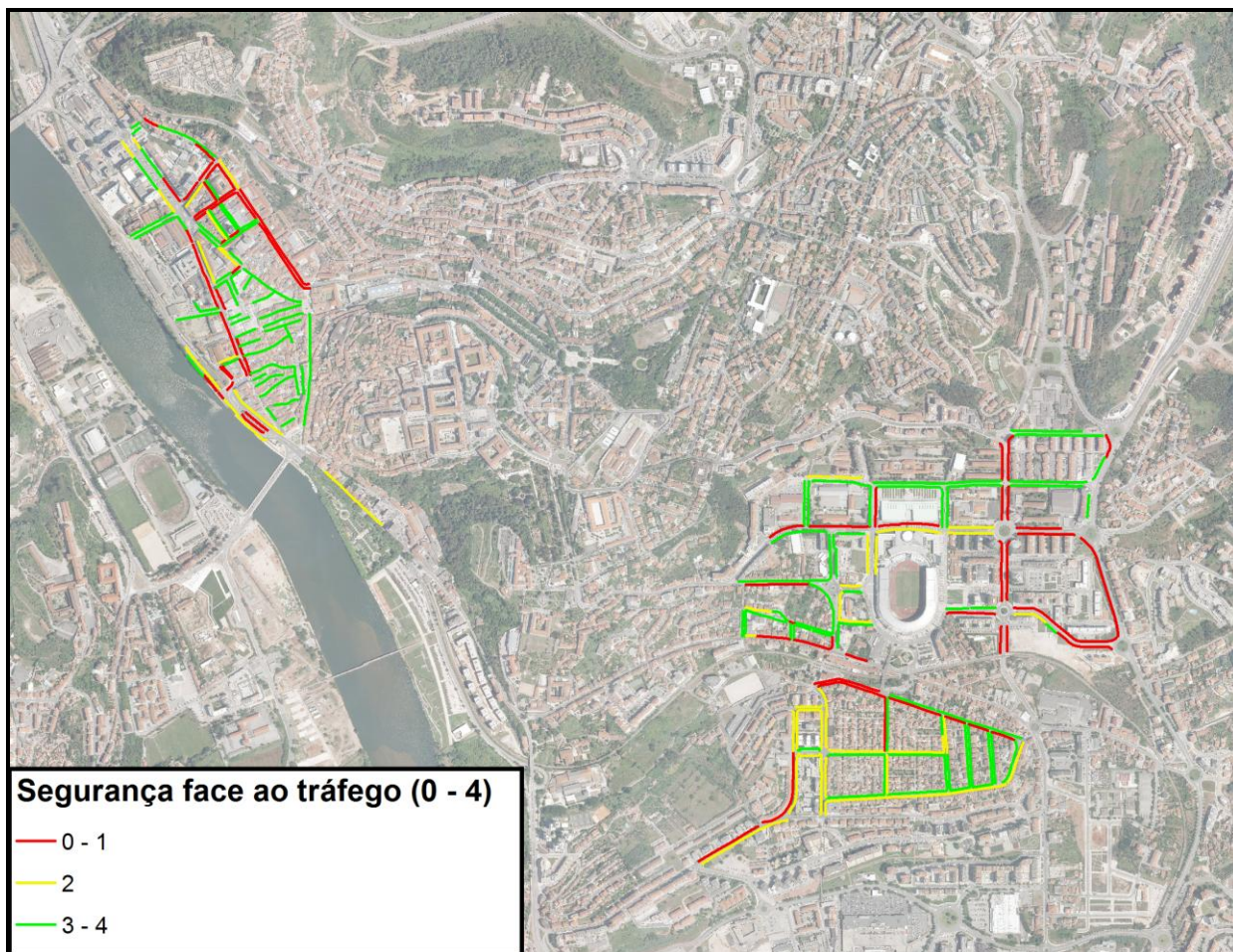


Figura 4.5 - Segurança face ao tráfego

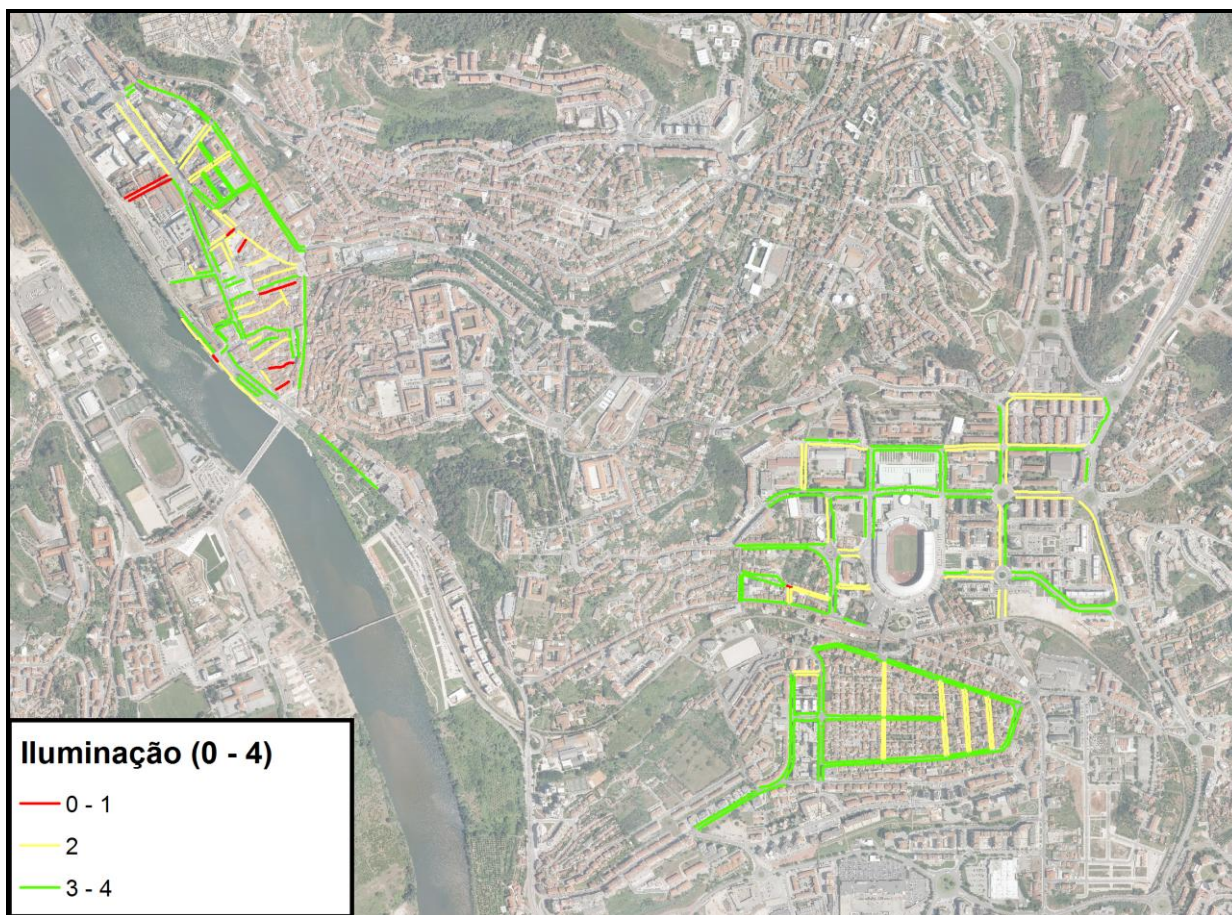


Figura 4.6 - Iluminação

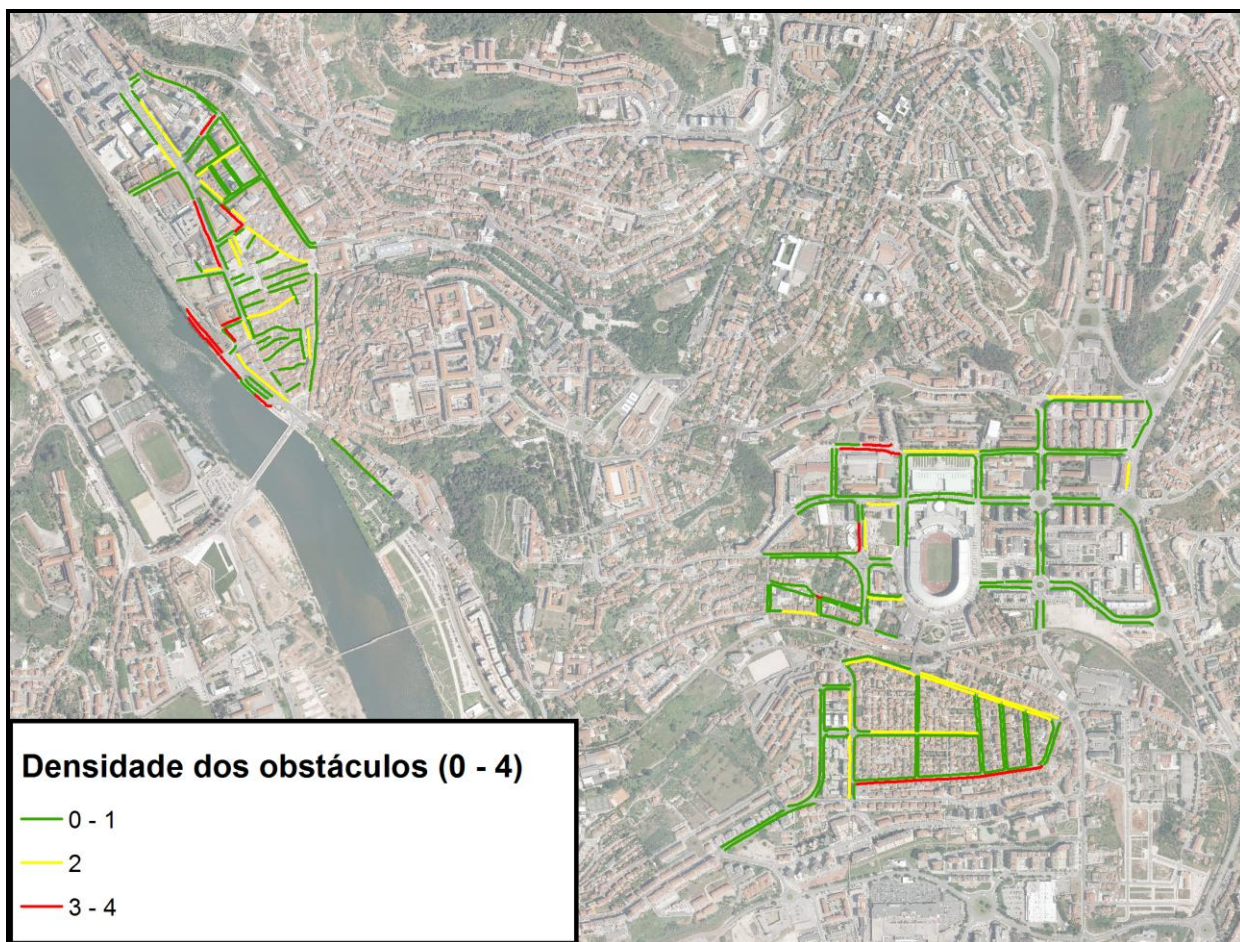


Figura 4.7 - Densidade dos obstáculos

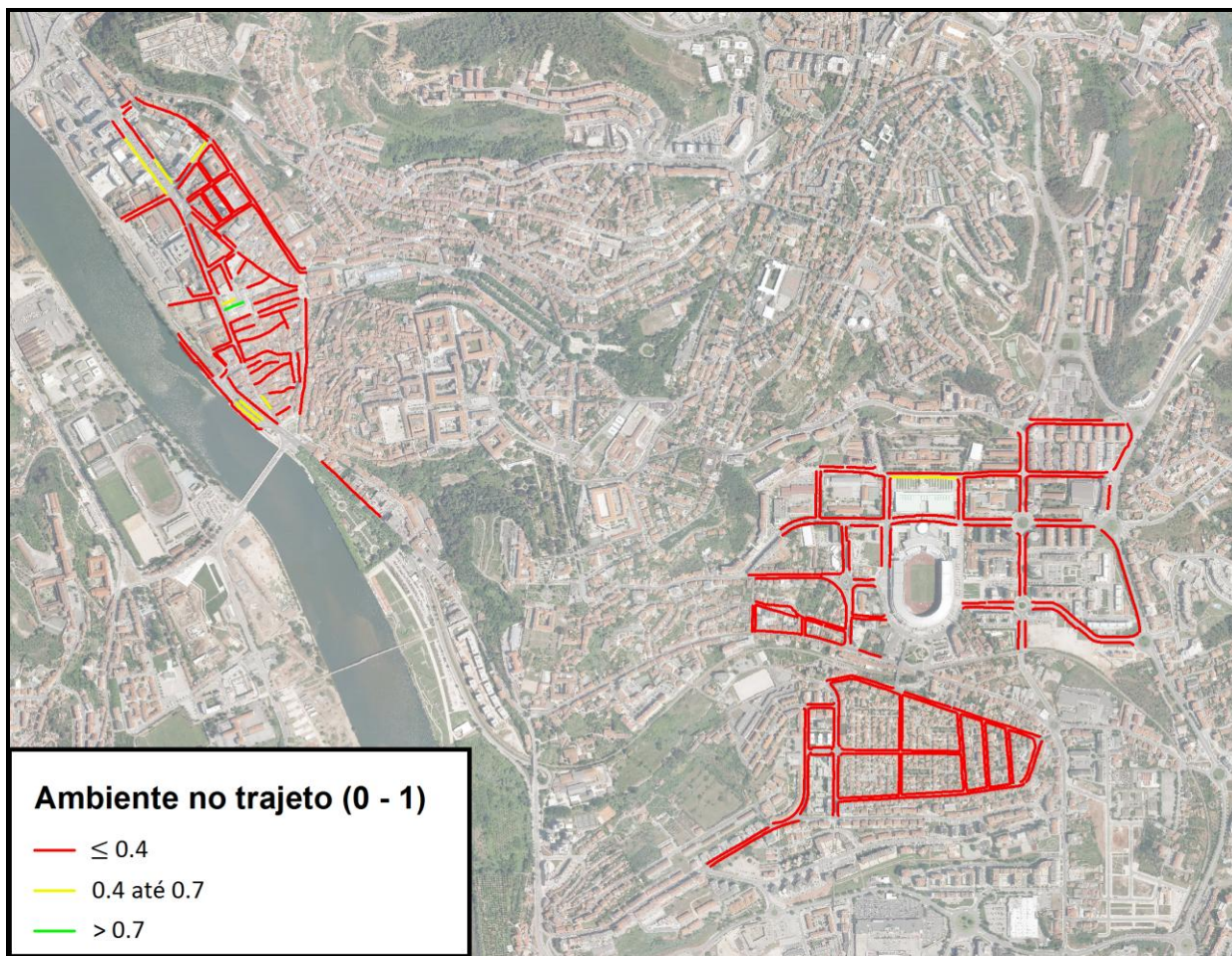


Figura 4.8 - Ambiente no trajeto

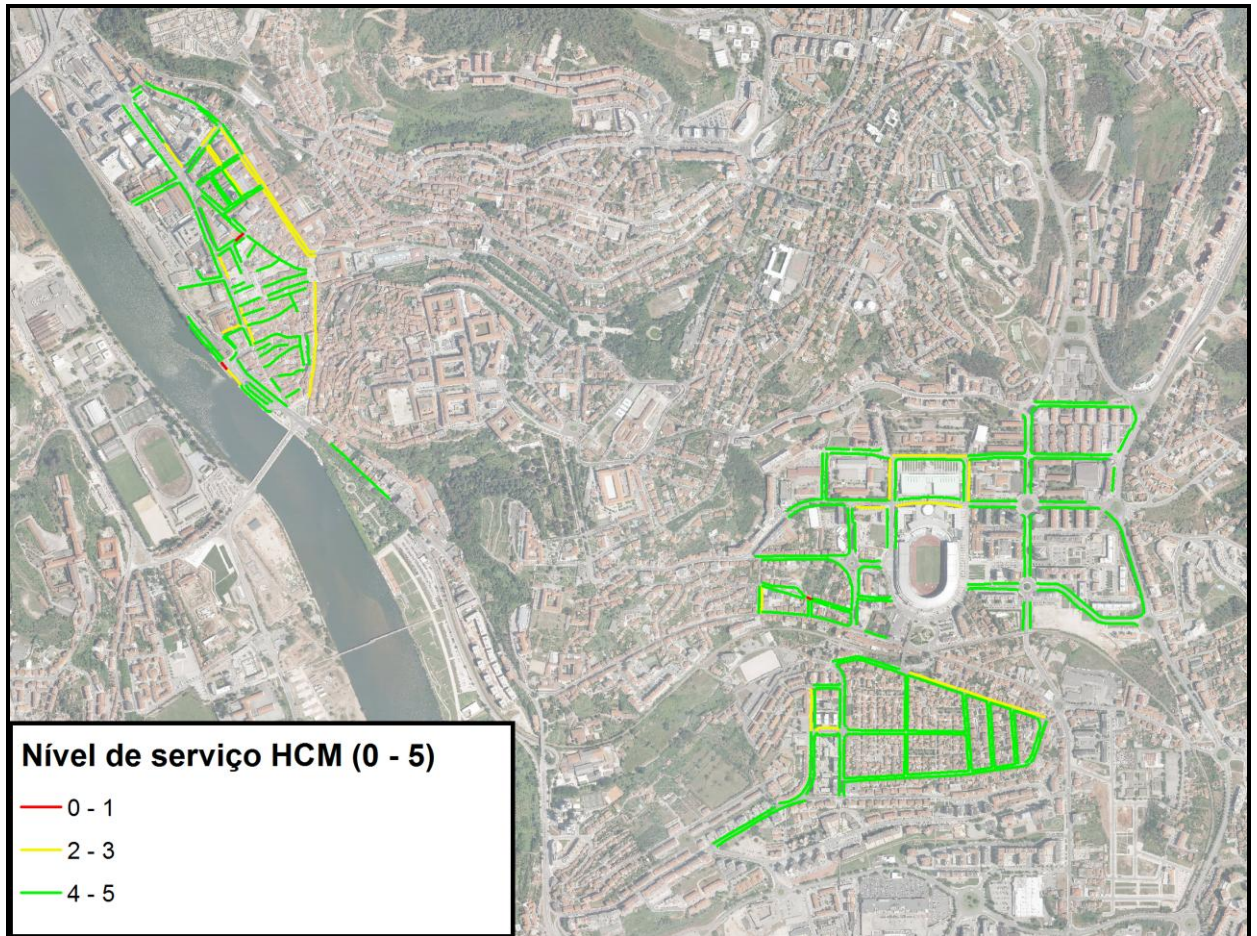


Figura 4.9 - Nível de serviço HCM

No subcapítulo seguinte, será feita a descrição de como foi efetuada a recolha dos dados necessários à aplicação da metodologia multicritério.

4.2 Levantamento dos Dados

A recolha dos dados necessários para a análise dos passeios em algumas zonas da cidade de Coimbra (Baixa, zona da Solum e Bairro Norton de Matos) foi feita *in situ*, com base no preenchimento de um formulário para cada segmento de passeio analisado (Figura 4.10), onde os atributos (e subatributos) estão discriminados com os respetivos significados e escalas de medida.

Para os atributos "largura útil", "conforto", "conservação", "acessibilidades", "densidade dos obstáculos" e "ambiente no trajeto", o preenchimento das fichas pôde ser realizado a qualquer hora do dia. Os valores para o critério "iluminação" tiveram de ser levantados à noite, enquanto os valores para os critérios referentes à "segurança face ao tráfego" e ao "nível de serviço HCM" foram recolhidos em horário de ponta (entre as 17 e as 19 horas, às terças e quintas).

DEC-FCTUC • Checklist para avaliação do desempenho dos passeios

Passeio nr.: _____ Comprimento do passeio (metros): _____ Data: _____ Hora: _____

Rua: _____

1↑. Largura útil média do passeio Metros: _____

2↑. Conforto do pavimento (0-inadequado, 1-pobre, 2-razoável, 3-bom, 4-muito bom) 0 1 2 3 4

3↑. Conservação do passeio (0-inadequado, 1-pobre, 2-razoável, 3-bom, 4-muito bom) 0 1 2 3 4

Na avaliação deste item, considerar frequência e extensão de:

- Desníveis no pavimento (> 13 mm)
- Buracos no pavimento
- Fendas no pavimento (fenda: > 13 mm)
- Inclinação no sentido transversal
- Raízes das árvores salientes

4↑. Acessibilidades

Altura e conservação do lancil (0-inadequado, 1-pobre, 2-razoável, 3-bom, 4-muito bom) 0 1 2 3 4

Visibilidade e sinalização vertical dos atravessamentos (0-4 escala como acima) 0 1 2 3 4

Número de atravessamentos 0 1 2 Mais: _____

Número de rampas de acesso 0 1 2 Mais: _____

5. Segurança face ao tráfego

5.1↑. Largura média da zona tampão Metros: _____

5.2. Tipo de zona tampão (assinalar as aplicáveis)..... Nada/ciclovia Árvores Pins/arbustos Estacionamento

5.3↓. Volume de tráfego (0-nenhum, 1-tranquilo, 2-normal, 3-intenso, 4-muito intenso)..... 0 1 2 3 4
 (nenhum: estrada restrita.)

6↑. Iluminação (0-inadequada, 1-fracas, 2-razoável, 3-bom, 4-muito boa) 0 1 2 3 4

7↓. Densidade dos obstáculos (0-nenhuma, 1-baixa, 2-tolerável, 3-considerável, 4-elevada)..... 0 1 2 3 4

Na avaliação deste item, considerar frequência e extensão de:

- Publicidade
- Mobiliário/árvores/candeeiros fora do sítio
- Veículos estacionados
- Outros

8↑. Ambiente no trajeto

Vegetação (0-nenhuma, 1-escassa, 2-razoável, 3- adequada, 4-abundante) 0 1 2 3 4

Número de zonas/bancos de descanso 0 1 2 Mais: _____

Número de caixotes do lixo 0 1 2 Mais: _____

9↓. Densidade do fluxo de peões (nível de serviço HCM, hora de ponta) A B C D E F

Nível A - Possível caminhar livremente sem interferência com outros peões.
 Nível B - Os peões podem caminhar à velocidade desejada mas começam a dever ter em atenção, no seu percurso, outros peões.
 Nível C - Conflitos menores para andar para trás ou movimento cruzado.
 Nível D - Elevada probabilidade de conflitos para andar para trás ou movimento cruzado.
 Nível E - Movimento para a frente só possível à vez; andar para trás e movimento cruzado muito difícil; capacidade do passeio muito perto do seu limite.
 Nível F - Contacto inevitável com outros; andar para trás e movimento cruzado praticamente impossível; a fluidez da circulação é esporádica e irregular.

Figura 4.10 - Ficha para avaliação do desempenho dos passeios

Alguns passeios foram divididos em vários troços devido à sua heterogeneidade em termos de alguns dos atributos considerados (alguma extensão do passeio com estacionamento e outra sem nenhuma barreira a separar os peões do tráfego automóvel; determinada extensão do passeio em mau estado de conservação enquanto a restante se apresenta em boas condições; etc.).

No total foram levantados dados referentes a 229 segmentos de passeio, repartidos da seguinte forma: 99 na zona da Baixa, 81 na zona da Solum e 49 no Bairro Norton de Matos.

Através do levantamento dos valores dos diversos atributos utilizados na análise multicritério foi possível avaliar a qualidade das infraestruturas pedonais que foram analisadas. Nesta dissertação essa avaliação foi feita recorrendo ao método ELECTRE TRI.

4.3 Análise dos Dados com Recurso ao ELECTRE TRI

A matriz de decisão com os dados oriundos do levantamento no campo, que serviu de *input* para aplicação do método ELECTRE TRI tem a forma apresentada no Quadro 4.2 (completo possui 230 linhas e 10 colunas). As designações dos segmentos de passeio em análise (A1, A2, ..., B1, B2, ..., C1, C2, ...) identificam as três zonas a que pertencem os mesmos (zona A - Baixa; zona B - Solum; zona C - Bairro Norton de Matos).

Como mencionado no capítulo anterior, antes de se executar o método ELECTRE TRI, é necessário estabelecer alternativas de referência que correspondem aos perfis inferior e superior de cada classe pré-definida, bem como os limiares de indiferença, preferência e veto, e ainda os pesos de cada critério.

Neste estudo de caso, foram definidas três alternativas de referência (A1, A2 e A3), que originaram quatro classes, com os seguintes valores dos critérios (ver Figura 4.11):

	Larg.	Conf.	Conserv.	Acess.	Seg.	Ilum.	Obst.	Amb.	Dens.Ped.
A1 =	(1.2,	1,	1,	0.3,	1,	1,	3,	0.3,	1)
A2 =	(1.5,	2,	2,	0.5,	2,	2,	2,	0.5,	2)
A3 =	(2.0,	3,	3,	0.7,	3,	3,	1,	0.7,	4)

Os passeios analisados vão ser comparados com estas referências, classificados do pior ao melhor perfil como A1, A2 e A3, levando à delimitação de um correspondente conjunto ordenado de quatro classes, como representado graficamente na Figura 4.11.

Alternativa	Largura	Conforto	Conservação	Acessibilidade	Segurança Face ao Tráfego	Iluminação	Obstáculos	Ambiente	Densidade Pedonal
A1	2.9	2	1	0.938	2	2	3	0.319	5
A2	5.0	3	3	0.938	2	2	1	0.256	5
A3	1.1	2	1	0.938	2	2	3	0.260	2
A4	0	0	0	0	0	0	4	0	0
A5	2.5	1	1	0.394	1	2	3	0.300	5
A6	2.1	1	1	0.063	3	2	3	0.300	5
A7	0.6	1	1	0.262	2	3	3	0	5
A8	1.8	3	3	0.813	1	3	1	0.214	5
A9	1.5	3	3	0.938	1	3	1	0.080	4
A10	2.0	2	2	0.938	2	3	3	0.164	3
...									
A99	2.8	2	3	0.188	2	3	1	0.037	4
B1	6.5	3	4	0.928	2	3	1	0.379	4
B2	2.5	3	2	0.875	2	2	1	0.200	5
B3	3.0	3	1	0.938	3	3	2	0.158	4
B4	1.8	3	3	0.875	3	3	1	0.100	4
B5	1.4	3	2	0.875	3	2	0	0.200	4
B6	1.6	3	1	0.813	3	2	3	0.200	4
B7	1.3	3	2	0.938	4	3	1	0.100	4
B8	0.7	3	2	0.938	4	3	0	0.100	5
B9	1.1	3	3	0.651	3	3	0	0	4
B10	1.1	3	2	0.789	1	3	1	0.200	4
...									
B81	2.0	2	1	0.628	0	2	0	0.328	5
C1	1.3	3	1	0.343	2	3	4	0.207	5
C2	1.3	3	2	0.502	2	3	1	0.228	5
C3	1.2	3	2	0.511	4	3	0	0.100	5
C4	1.1	3	2	0.875	4	3	0	0.200	5
C5	1.1	3	2	0.875	4	3	0	0.200	5
C6	1.1	3	2	0.452	4	3	0	0.200	5
C7	1.1	3	2	0.457	4	3	0	0.200	5
C8	1.1	3	1	0.188	4	2	0	0.200	5
C9	1.2	3	1	0.188	4	2	0	0.100	5
C10	1.1	3	2	0.188	4	2	1	0.100	5
...									
C49	0.7	3	2	0.404	3	2	1	0.200	5

Quadro 4.2 - Matriz de decisão

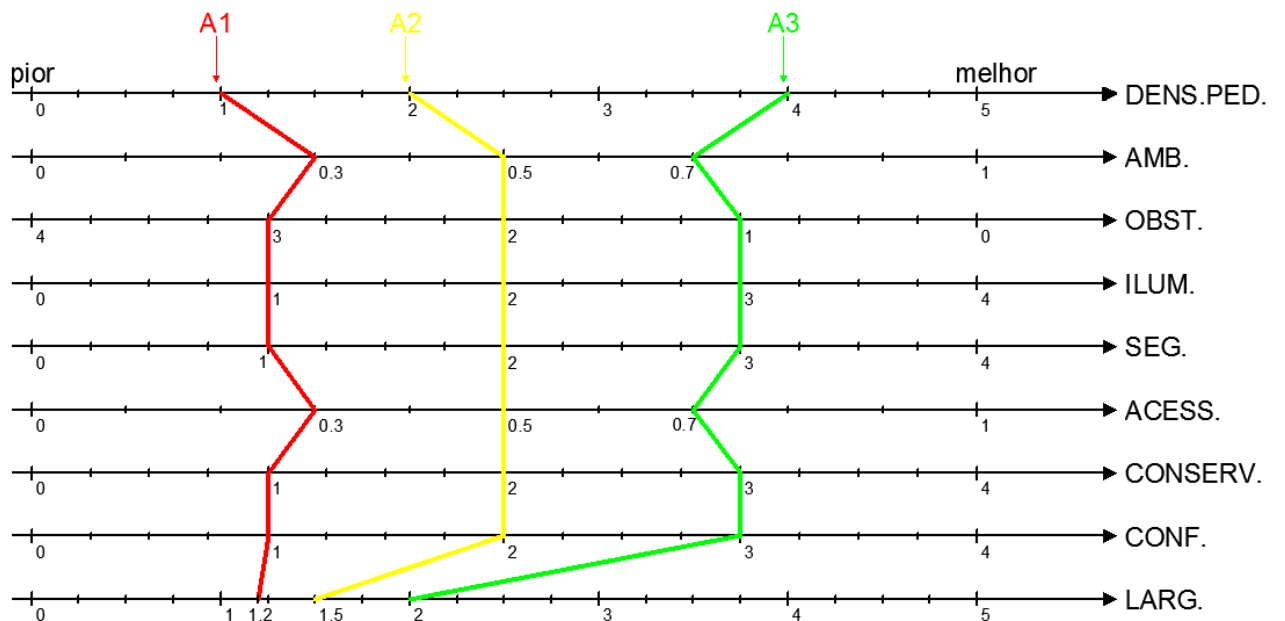


Figura 4.11 - Classes dos passeios delimitadas pelos perfis de referência A1, A2 e A3

Os valores das alternativas de referência relativos ao critério da largura útil foram definidos de acordo com as orientações do Decreto-Lei n.º 163/2006 (Diário da República, 2006), que define 1,5 m como uma largura útil do passeio "aceitável" e 2,0 m como uma largura "desejável", definindo ainda 1,2 m como uma largura útil "desejável" em ruas estreitas onde é impossível alcançar 1,5 m de largura. Os valores de referência para os outros critérios foram definidos com um ligeiro aperto em torno dos valores centrais, de modo a obter uma melhor resolução nessa zona, que é onde os valores dos critérios mais usualmente se situam na prática.

Para efeitos deste estudo de caso foram adotados três conjuntos de pesos de critérios, o primeiro com foco na segurança dos peões (P1), o segundo tendo em conta a facilidade e o conforto de andar a pé por parte desses (P2) e o terceiro considerando que os vários atributos têm pesos iguais (P3):

	Larg.	Conf.	Conserv.	Acess.	Seg.	Ilum.	Obst.	Amb.	Dens.Ped.
P1 =	(2,	1,	2,	1,	10,	2,	2,	1,	1)
P2 =	(1,	3,	8,	1,	1,	2,	2,	2,	2)
P3 =	(1/9,	1/9,	1/9,	1/9,	1/9,	1/9,	1/9,	1/9,	1/9)

No primeiro conjunto (P1) foi dada mais importância ao atributo "segurança face ao tráfego" (valor 10, que significa que este atributo é dez vezes mais importante que um atributo com peso 1, por exemplo o "ambiente no trajeto"). No conjunto P2 o critério "conservação do passeio" é aquele a que foi atribuído peso mais elevado (valor 8).

Por último, foram definidos os limiares de indiferença, preferência e veto, parâmetros padrão exigidos pelo ELECTRE TRI (Mousseau *et al.*, 2000):

	Larg.	Conf.	Conserv.	Acess.	Seg.	Ilum.	Obst.	Amb.	Dens.Ped.
Indiferença =	(0.2,	0.1,	0.1,	0.1,	0.1,	0.1,	0.1,	0.1,	1.1)
Preferência =	(0.5,	0.9,	0.4,	0.5,	0.4,	0.9,	0.9,	0.5,	1.5)
Veto =	(2.1,	2.1,	1.1,	0.7,	1.1,	2.1,	2.1,	0.7,	3.1)

Os limiares para os critérios foram escolhidos de modo a serem coerentes com a própria escala, no sentido de não se distinguirem critérios dentro do mesmo nível, mas podendo-se distinguir objetivamente entre dois níveis adjacentes (daí a preferência de um em relação a outro), e colocar um veto a dois ou mais níveis de distância. Para o critério "nível de serviço

HCM" (que tem uma escala com seis níveis), foi considerada a indiferença entre níveis adjacentes, com a preferência e o veto a começarem a dois e três níveis de distância, respetivamente. Foi considerado um limiar de veto mais rigoroso (i.e., mais baixo) para os critérios "conservação do passeio" e "segurança face ao tráfego", pois estes são os atributos de desempenho mais críticos.

O valor de corte λ utilizado, parâmetro necessário no método ELECTRE TRI, como foi referido no capítulo anterior, foi de 0.5.

Depois de introduzidos todos estes dados no modelo, foram analisados os resultados utilizando o procedimento pessimista, através do software Matrix, Kreation (<http://mad.dec.uc.pt>). Na secção seguinte serão apresentados e analisados esses resultados.

4.4 Análise dos Resultados da Avaliação Multicritério

Para representar geograficamente as soluções obtidas utilizou-se um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Um SIG é um ambiente que permite o armazenamento, manuseio e representação de informação espacial. Os ambientes SIG são hoje em dia uma ferramenta indispensável para o estudo de toda a informação com componente espacial, tendo o seu uso sido disseminado por todas as organizações que fazem estudos envolvendo este tipo de dados.

Neste trabalho foi usado o ambiente ESRI ArcGIS. Sobre um mapa digital da cidade de Coimbra e sua rede viária foram identificadas as unidades geográficas em estudo (passeios). Às tabelas de dados associadas a estes passeios foi passada a informação respeitante à respetiva classe para todas as corridas efetuadas. Por fim, as funcionalidades do ArcGIS foram usadas para criar imagens nas quais os passeios surgem coloridos com a cor respeitante à sua classe sobre fotografia aérea.

Os resultados com o procedimento pessimista são, para os três conjuntos de pesos, apresentados nas Figuras 4.12, 4.13 e 4.14 e nos Gráficos 4.1, 4.2 e 4.3.

Os resultados com os conjuntos de pesos P2 e P3 foram bastante similares (apenas 11% dos segmentos de passeio analisados mudaram de classe), de modo que, para efeitos da análise efetuada neste trabalho, que visa priorizar intervenções a realizar nos passeios estudados no âmbito de um procedimento de gestão municipal deste tipo de infraestruturas, apenas se terá em conta os resultados com os conjuntos P1 e P2. Comparando os resultados obtidos com os conjuntos de pesos P1 e P2 verifica-se que 43% dos segmentos de passeio mudam de classe ao ser usado P2 em vez de P1.

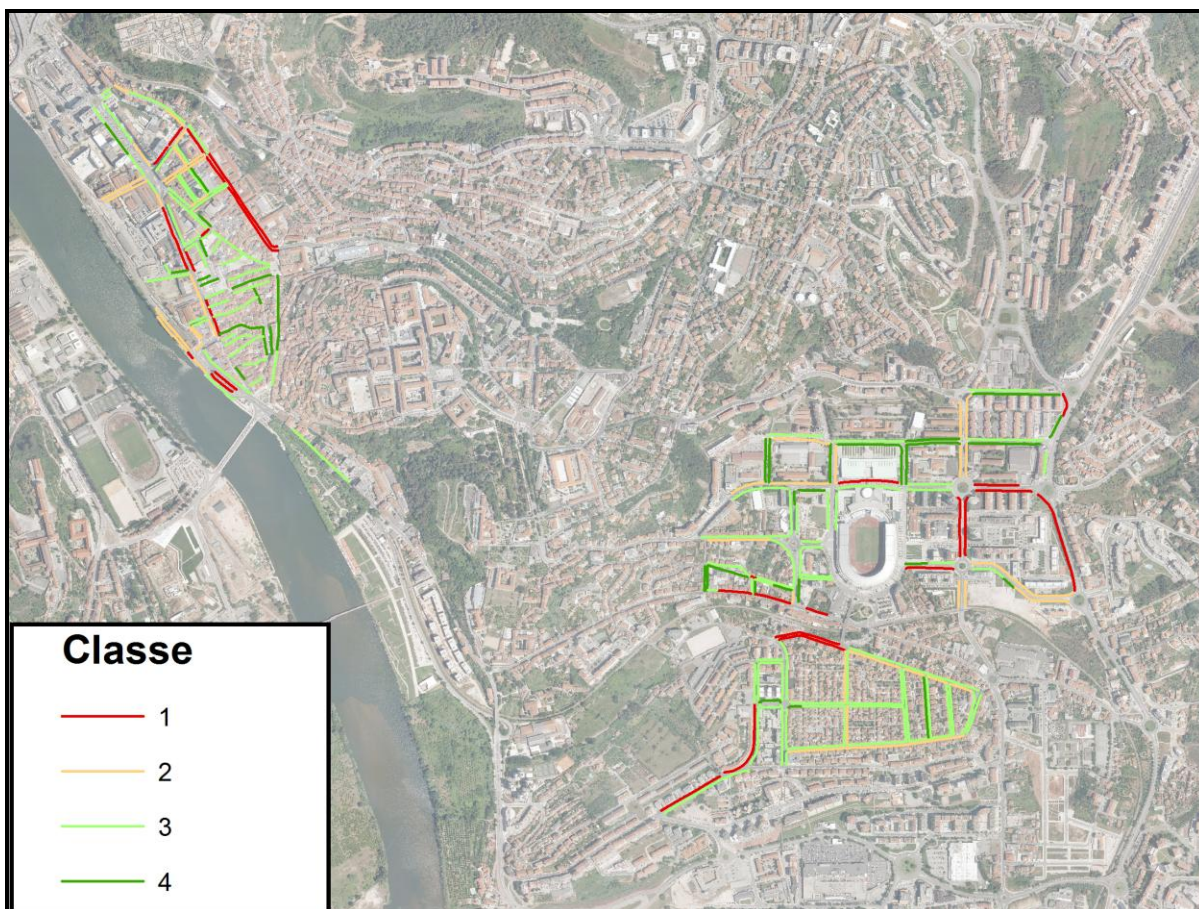


Figura 4.12 - Resultados com o conjunto de pesos P1 (Segurança): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

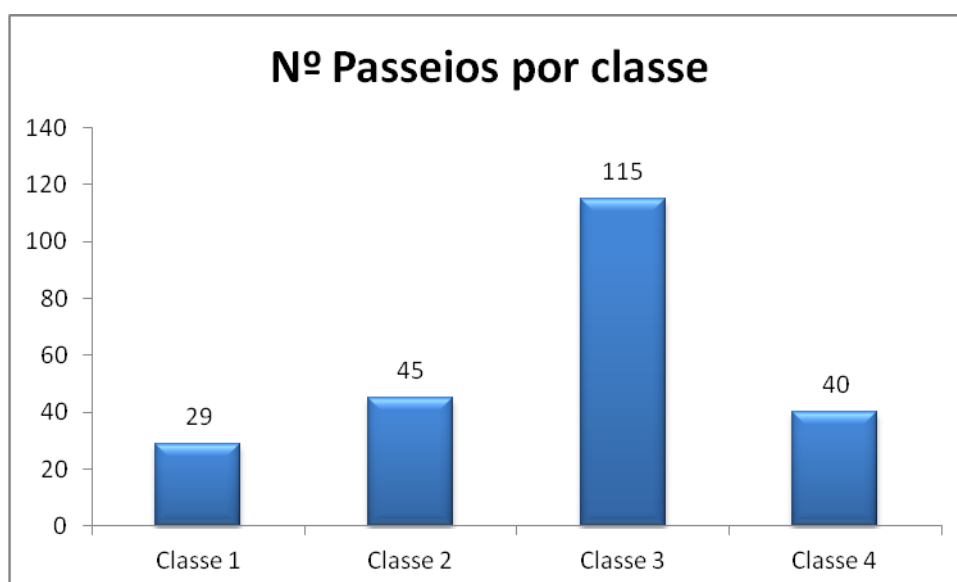


Gráfico 4.1 - Número de passeios por classe para o conjunto de pesos P1 (Segurança)

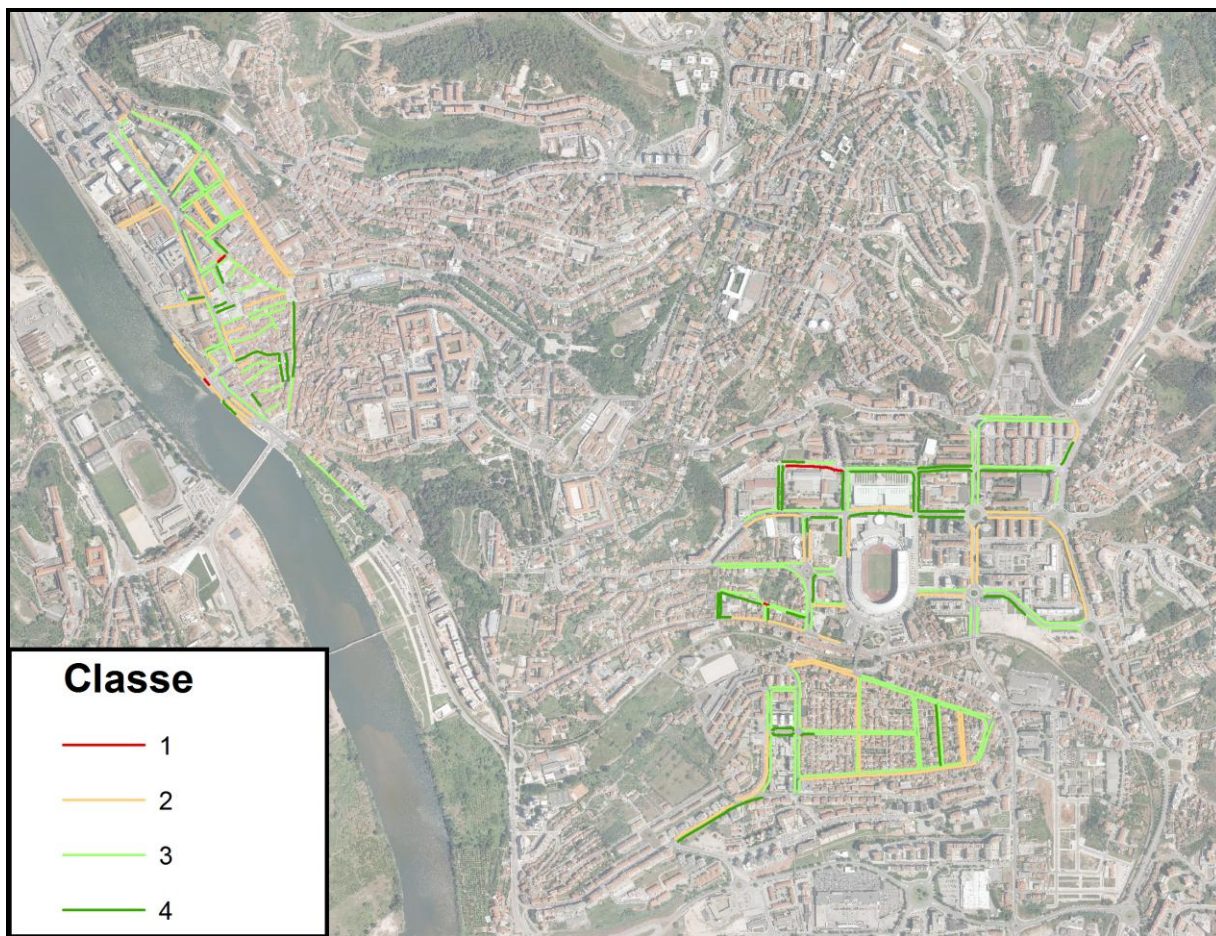


Figura 4.13 - Resultados com o conjunto de pesos P2 (Conforto): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

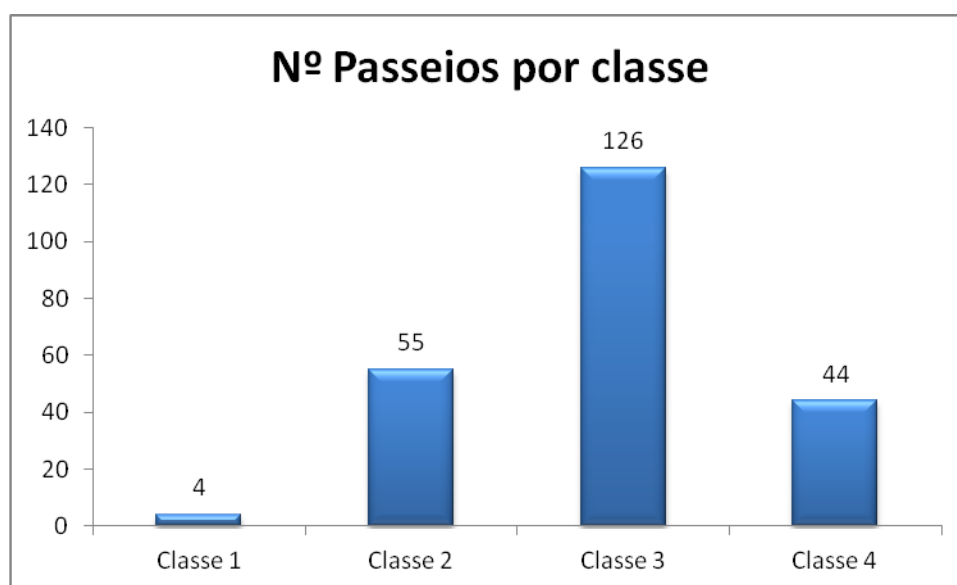


Gráfico 4.2 - Número de passeios por classe para o conjunto de pesos P2 (Conforto)

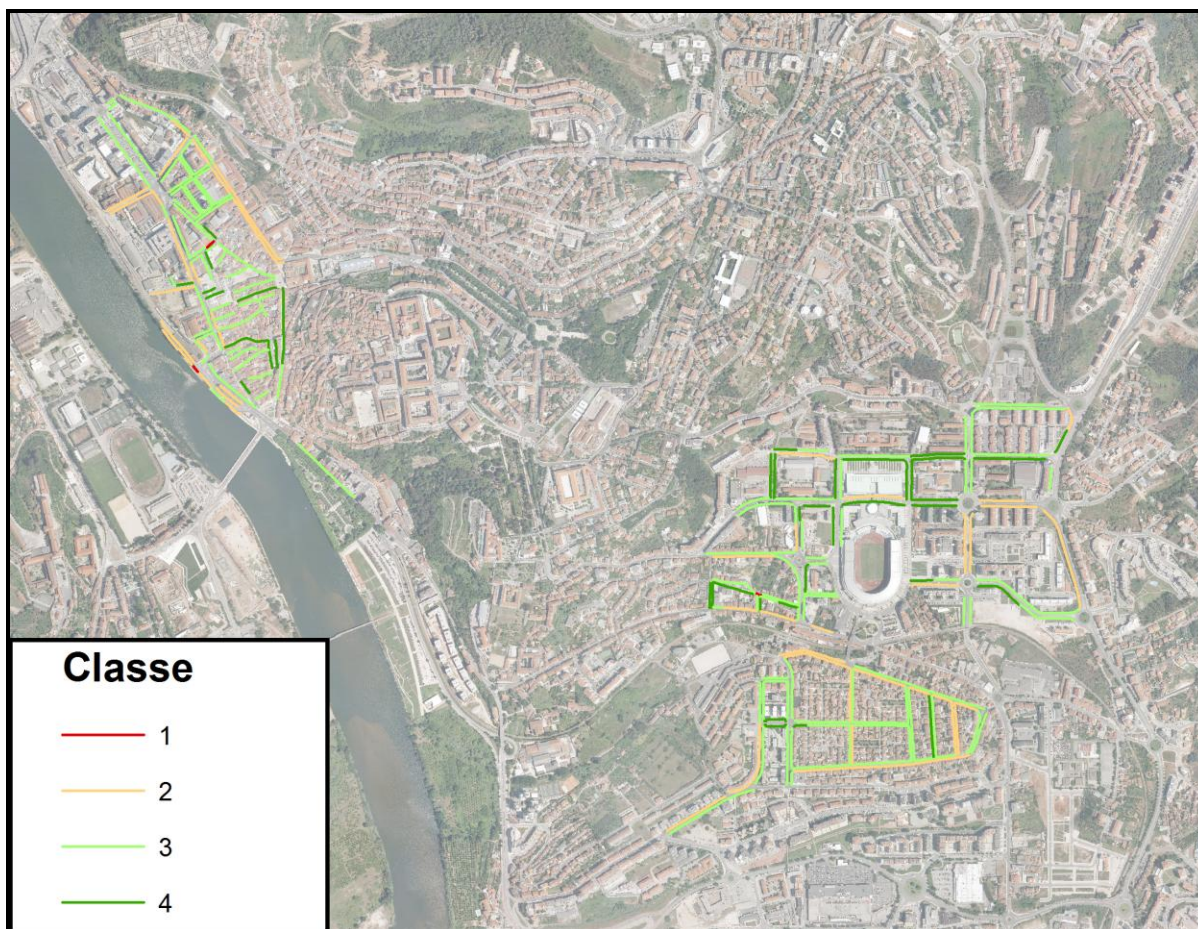


Figura 4.14 - Resultados com o conjunto de pesos P3 (Atributos com pesos iguais): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

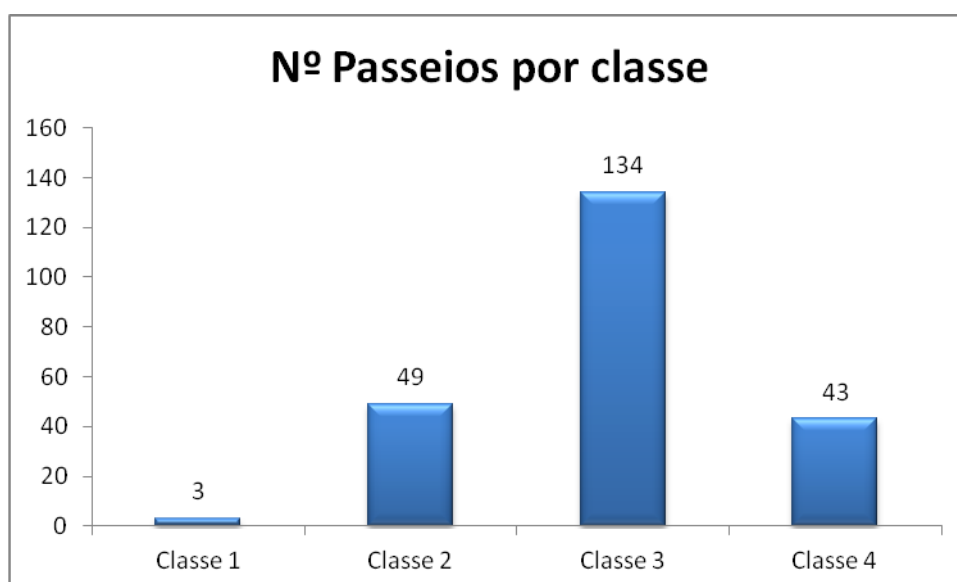


Gráfico 4.3 - Número de passeios por classe para o conjunto de pesos P3 (Atributos com pesos iguais)

4.4.1 Resultados com o Conjunto de Pesos P1 (Segurança dos Peões)

Os segmentos de passeio analisados ao longo das três zonas de estudo (Baixa, Solum e Bairro Norton de Matos) contêm uma extensão total superior a 24 km.

No que respeita à Baixa, é possível concluir o seguinte:

1. Cerca de metade dos passeios analisados (47%) estão bem servidos em termos de segurança dos peões, sendo atribuídos à classe 3.
2. Nesta zona, 24 dos 99 segmentos estudados foram atribuídos à classe 2, ou seja, são razoavelmente seguros para andar a pé, correspondendo a 23% (cerca de 2km) da extensão total analisada na Baixa (8.7 km).
3. 15% dos passeios são bastante seguros (classe 4) e 13 dos 99 segmentos foram atribuídos à classe 1 (correspondendo a 17% da extensão estudada na Baixa), necessitando de intervenções que visem o aumento da segurança nestas infraestruturas pedonais, como por exemplo a criação de barreiras tampão ou diminuição do volume de tráfego nas ruas onde se inserem esses passeios.
4. Não existe passeio em dois dos segmentos atribuídos à classe 1, nomeadamente na Av. Emídio Navarro, na zona de paragem de autocarros mais estreita onde não existe ligação com a Av. Cidade Aeminiun (segmento A4), e também na R. Carmo, onde falta a ligação com a R. Simões de Castro (segmento A97). Os restantes segmentos atribuídos a esta classe obtiveram pontuação mínima no atributo "segurança face ao tráfego", devido a uma conjugação de fatores, como o volume de tráfego intenso verificado nas ruas onde se localizam esses passeios e a inexistência de barreiras tampão a proteger os peões do trânsito automóvel.

Na Figura 4.15 apresentam-se graficamente, sobre o mapa da cidade e em gráfico de colunas, os resultados obtidos com o conjunto de pesos P1 para as infraestruturas pedonais analisadas na Baixa de Coimbra.



Figura 4.15 - Resultados com o conjunto de pesos P1 (Baixa): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

No respeitante à zona da Solum:

1. A maior parte dos segmentos analisados (68%) são seguros para os peões, sendo atribuídos às classes 3 ou 4.
2. Em termos de segurança para os peões, cerca de 17% dos passeios estudados nesta zona foram atribuídos à classe 2, pelo que se pode dizer que é razoavelmente seguro caminhar nessas infraestruturas.
3. Aproximadamente 1.6 km de extensão de passeio analisada na zona da Solum (no total foi analisada uma extensão de 9 km) necessita de intervenções que visem melhorar a segurança dos peões (corresponde a 12 dos 81 segmentos de passeio analisados).
4. Também nesta zona existe um segmento onde falta passeio, localizado na R. Teodoro, no entroncamento com a Travessa do Teodoro (segmento B13). Os restantes segmentos atribuídos a esta classe obtiveram pontuação mínima no atributo "segurança face ao tráfego", devido ao volume de tráfego intenso verificado nas ruas onde se localizam esses passeios e também devido à inexistência de barreiras tampão a proteger os peões do trânsito automóvel.

Na Figura 4.16 apresentam-se graficamente, sobre o mapa da cidade e em gráfico de colunas, os resultados obtidos com o conjunto de pesos P1 para as infraestruturas pedonais analisadas na zona da Solum de Coimbra.

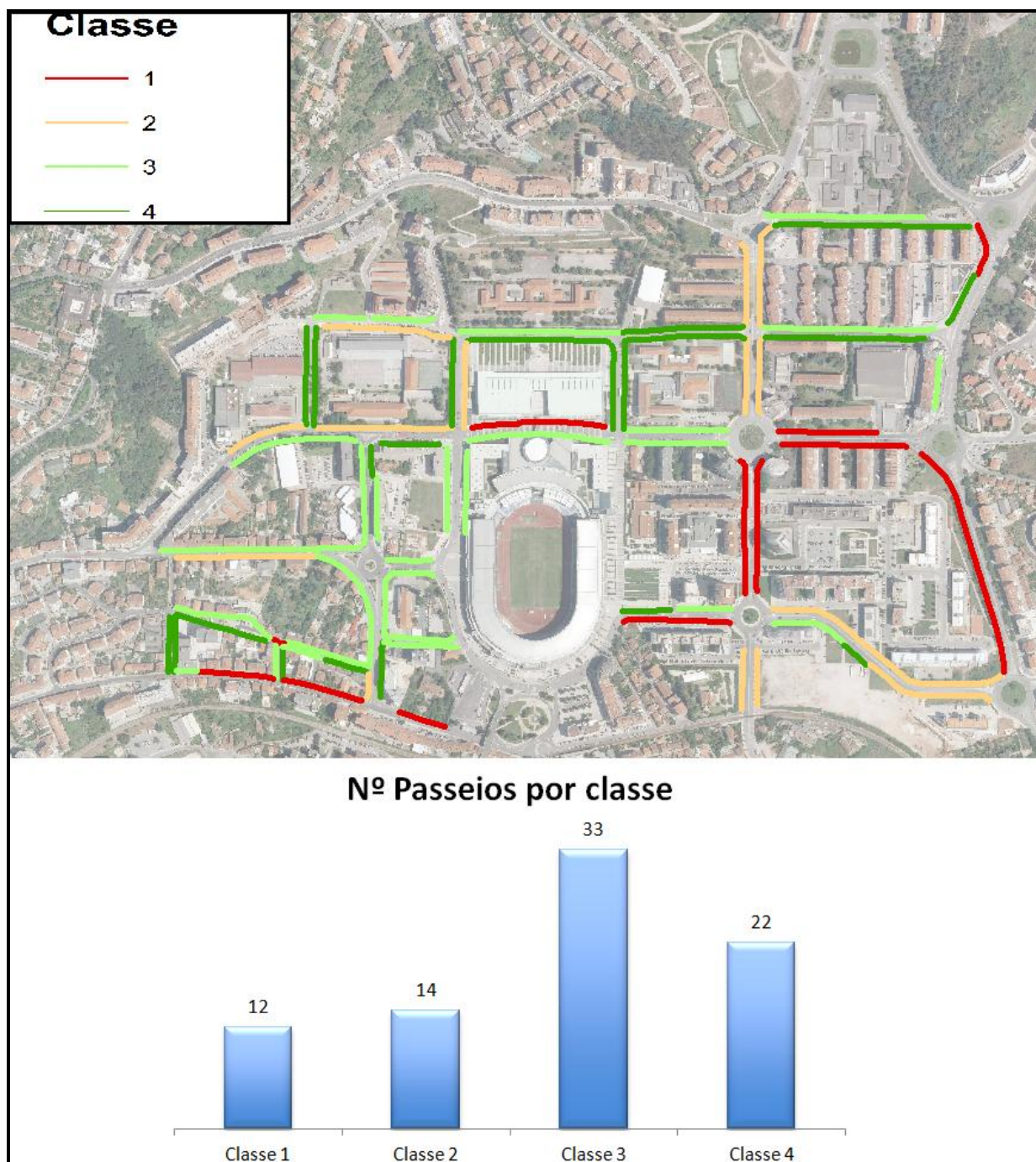


Figura 4.16 - Resultados com o conjunto de pesos P1 (Zona da Solum): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

Quanto ao Bairro Norton de Matos:

1. A maior parte dos segmentos de passeio analisados (71%) foram atribuídos à classe 3.
2. Dos cerca de 6.8 km estudados nesta zona, apenas 273 m estão classificados como sendo bastante seguros para andar a pé (3 dos 49 segmentos analisados foram atribuídos à classe 4).
3. Em termos de segurança para os peões, 7 dos 49 segmentos desta zona podem ser considerados relativamente seguros (foram atribuídos à classe 2), correspondendo a quase 1.2 km de extensão.
4. Das três zonas estudadas, esta é a que apresenta uma menor percentagem de passeios que necessitam de intervenções com o objetivo de melhorar a segurança dos peões face ao tráfego.
5. Apenas 4 segmentos foram atribuídos à classe mais baixa, que correspondem aproximadamente a 889 m (13% da extensão analisada no Bairro Norton de Matos), pelas mesmas razões já mencionadas para os segmentos atribuídos à classe 1 nas outras zonas de estudo.

Na Figura 4.17 apresentam-se graficamente, sobre o mapa da cidade e em gráfico de colunas, os resultados obtidos com o conjunto de pesos P1 para as infraestruturas pedonais analisadas no Bairro Norton de Matos, em Coimbra.

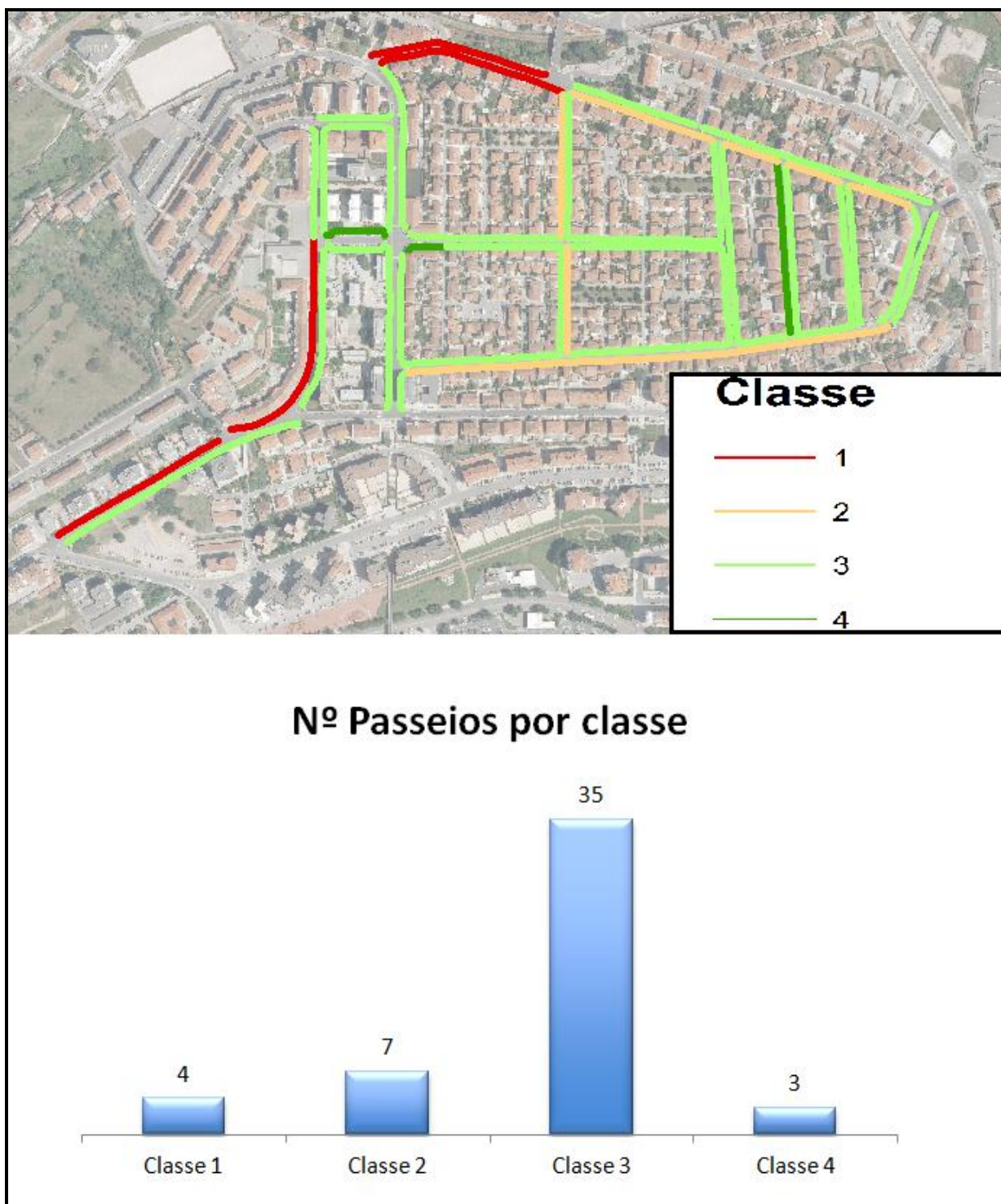


Figura 4.17 - Resultados com o conjunto de pesos P1 (Bairro Norton de Matos): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

Fazendo uma análise global, incluindo o conjunto das três zonas de estudo, verifica-se que:

1. Cerca de metade dos troços analisados (115 de 229) foram classificados como sendo de classe 3, ou seja, seguros para os peões, correspondendo a uma extensão de cerca de 11.8 km. O Bairro Norton de Matos é a zona que tem uma maior percentagem de troços (71%) atribuídos a esta classe.
2. Cerca de 17% dos segmentos estudados estão muito bem servidos em termos de segurança face ao tráfego (40 de 229 troços atribuídos à classe 4), sendo que mais de metade destes troços estão localizados na zona da Solum.
3. Verifica-se também que 45 dos 229 segmentos analisados foram atribuídos à classe 2, o que significa que cerca de 5 dos mais de 24 km de extensão estudados são razoavelmente seguros para andar a pé, estando a maior parte dos troços atribuídos a esta classe localizados na Baixa (24 de 45).
4. Aproximadamente 4 km de passeio necessitam de intervenção que vise melhorar a segurança dos peões (29 dos 229 troços analisados atribuídos à classe 1).

São apresentados nos Quadros 4.3 e 4.4 os resultados descritos anteriormente.

Conjunto de pesos P1					
Número de segmentos por classe (percentagem)					
Local	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Total
Baixa	13 (13%)	24 (24%)	47 (47%)	15 (15%)	99
Solum	12 (15%)	14 (17%)	33 (41%)	22 (27%)	81
N. de Matos	4 (8%)	7 (14%)	35 (71%)	3 (6%)	49
Total	29 (13%)	45 (20%)	115 (50%)	40 (17%)	229

Quadro 4.3 - Número de segmentos por classe (Conjunto de pesos P1)

Conjunto de pesos P1				
Extensão por classe (km de passeio)				
Local	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Baixa	1.5	2	4	1.1
Solum	1.6	1.9	3.2	2.3
N. de Matos	0.9	1.2	4.5	0.3
Total	3.9	5.1	11.8	3.7

Quadro 4.4 - Extensão de passeio por classe (km de passeio) (Conjunto de pesos P1)

Para determinar se é ou não plausível que a distribuição das classes seja independente da área de estudo, foi efetuado um teste estatístico de qui-quadrado considerando o local e as classes como linhas e colunas de uma tabela de contingência sobre as frequências absolutas do Quadro 4.3. O valor de prova deste teste foi de 0.8% (este valor corresponde à probabilidade de, havendo independência do local, os desvios ao valor esperado da estatística de teste serem iguais ou superiores aos observados). Do ponto de vista estatístico, quanto mais baixo o valor de prova de um teste, maior a implausibilidade da hipótese inicial. Neste caso o valor de prova é bastante baixo, indicando forte implausibilidade da hipótese da distribuição por classes ser independente do local de estudo. Torna-se assim evidente que, para o conjunto de pesos P1, a fração de segmentos afetos a cada classe depende da zona de estudo. Este resultado não é de estranhar porque existem zonas em estudo mais antigas e outras construídas mais recentemente.

4.4.2 Resultados com o Conjunto de Pesos P2 (Conforto de andar a pé)

Na Baixa de Coimbra:

1. Metade da extensão de passeio estudada (cerca de 4.3 km) é classificada como sendo de classe 3, o que significa que 55 dos 99 troços analisados nesta zona são confortáveis para caminhar e estão em bom estado de conservação.
2. Uma pequena percentagem da extensão de passeio (9%) está muito bem conservada (12 de 99 segmentos atribuídos à classe 4).
3. Em termos de conforto de andar a pé a Baixa apresenta uma elevada percentagem (40%) de extensão de passeio que foi atribuída à classe 2 (corresponde a 30 dos 99 troços analisados nesta zona), ou seja, é razoavelmente aceitável caminhar nessas infraestruturas, devendo no entanto serem melhoradas as condições desses passeios, especialmente o seu estado de conservação, que é o atributo com mais relevância neste conjunto de pesos (P2).
4. Esta elevada percentagem de extensão de infraestruturas pedonais a necessitar de intervenções para melhorar o estado de conservação tem que ver com o facto de a Baixa ser uma zona mais antiga da cidade de Coimbra, em comparação com a zona da Solum e também com o Bairro Norton de Matos.
5. À classe 1 apenas foram atribuídos os troços em que não existe passeio (troços A4 e A97).

Na Figura 4.18 apresentam-se graficamente, sobre o mapa da cidade e em gráfico de colunas, os resultados obtidos com o conjunto de pesos P2 para as infraestruturas pedonais analisadas na Baixa de Coimbra.

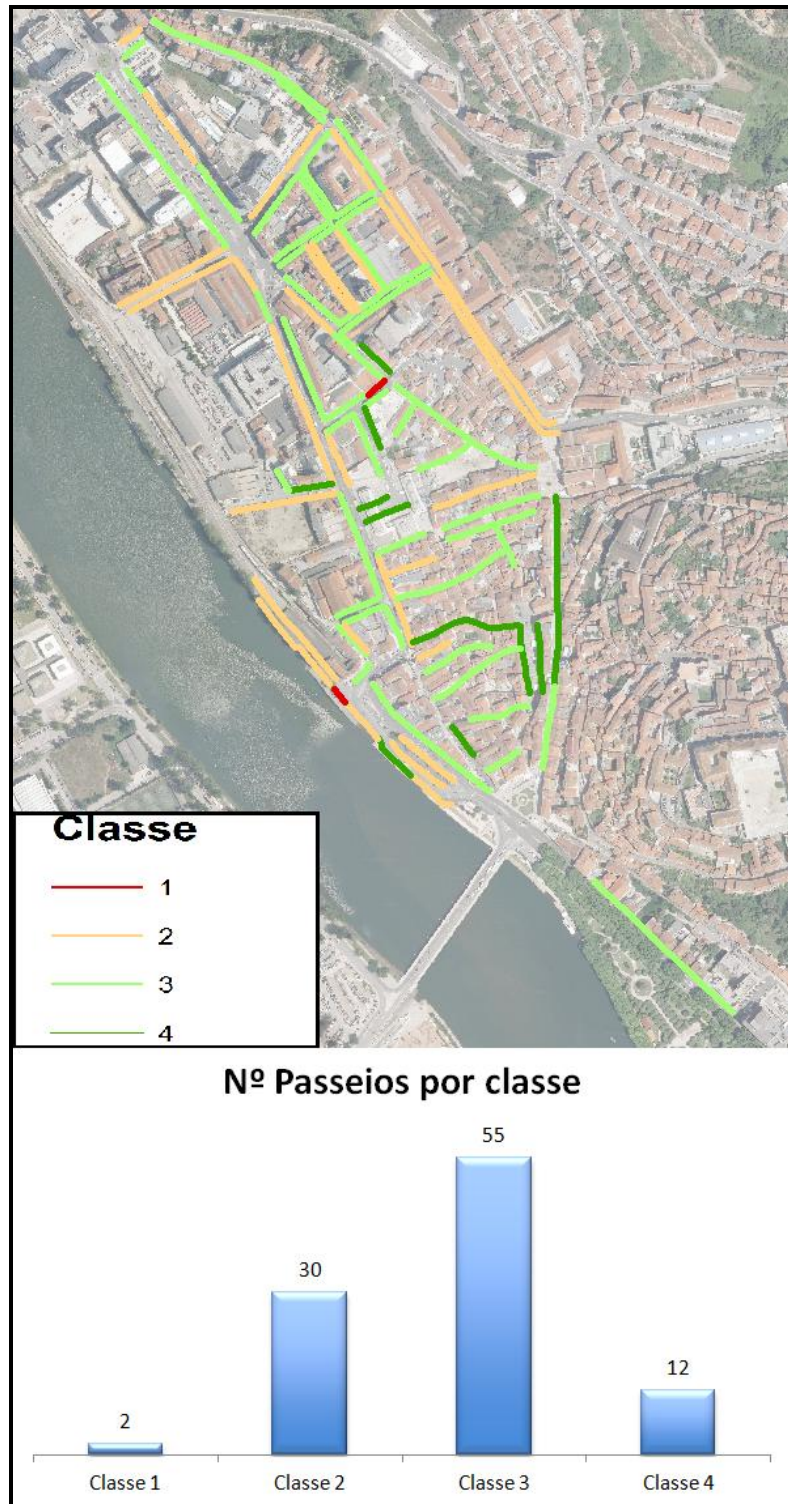


Figura 4.18 - Resultados com o conjunto de pesos P2 (Baixa): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

Relativamente à zona da Solum:

1. Predominam passeios onde é agradável caminhar e que se encontram em bom ou muito bom estado de conservação, pois 74% da extensão analisada nesta zona (que corresponde a cerca de 6.7 dos 9 km estudados), foi classificada como pertencendo às classes 3 ou 4.
2. No total, dos 81 segmentos de passeio que compõem o leque analisado nesta zona, houveram 16 que foram atribuídos à classe 2, correspondendo a aproximadamente 2.2 km de extensão. Este troços devem ser melhorados quanto ao seu estado de conservação.
3. Tal como na Baixa, os segmentos atribuídos à classe 2 na zona da Solum apresentam valores baixos no atributo "conservação do passeio".
4. À classe 1 foi atribuído, para além do troço onde falta passeio nesta zona (troço B13), o segmento de passeio localizado na R. Infanta Dona Maria, atrás da Escola Secundária de Avelar Brotero (segmento B55). Este segmento encontra-se num estado de conservação muito debilitado, obtendo o valor mínimo no atributo "conservação do passeio".

Na Figura 4.19 apresentam-se graficamente, sobre o mapa da cidade e em gráfico de colunas, os resultados obtidos com o conjunto de pesos P2 para as infraestruturas pedonais analisadas na zona da Solum de Coimbra.

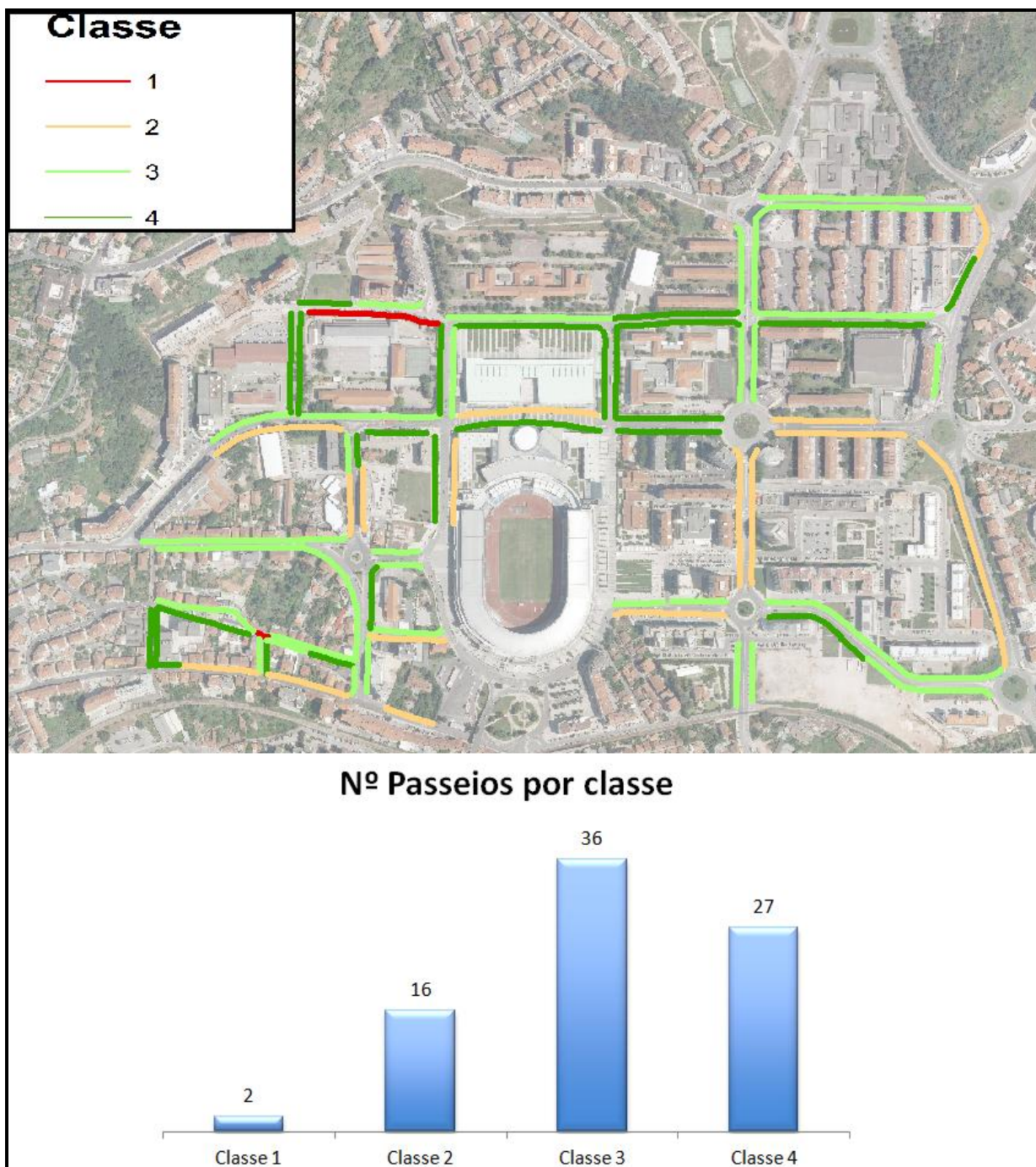


Figura 4.19 - Resultados com o conjunto de pesos P2 (Zona da Solum): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

Quanto ao Bairro Norton de Matos, que foi construído para alojar as pessoas que viviam na Alta de Coimbra, aquando da construção da Cidade Universitária (Pólo I):

1. Sendo um local relativamente recente em comparação com a Baixa, não espanta o facto de, entre os 49 troços estudados nesta zona, 35 serem atribuídos à classe 3 e 5 à classe 4, perfazendo no total uma extensão de passeio de cerca de 4.8 km (70% dos 6.8 km analisados no Bairro).
2. Ainda assim, os 9 troços que foram classificados como sendo de classe 2 representam uma extensão de passeio de quase 2 km, extensão essa que deve sofrer intervenções com vista a melhorar o seu estado de conservação, tornando mais confortável para os peões caminhar ao longo dessas infraestruturas pedonais.
3. Não foram atribuídos segmentos desta zona à classe 1.

Na Figura 4.20 apresentam-se graficamente, sobre o mapa da cidade e em gráfico de colunas, os resultados obtidos com o conjunto de pesos P2 para as infraestruturas pedonais analisadas no Bairro Norton de Matos, em Coimbra.

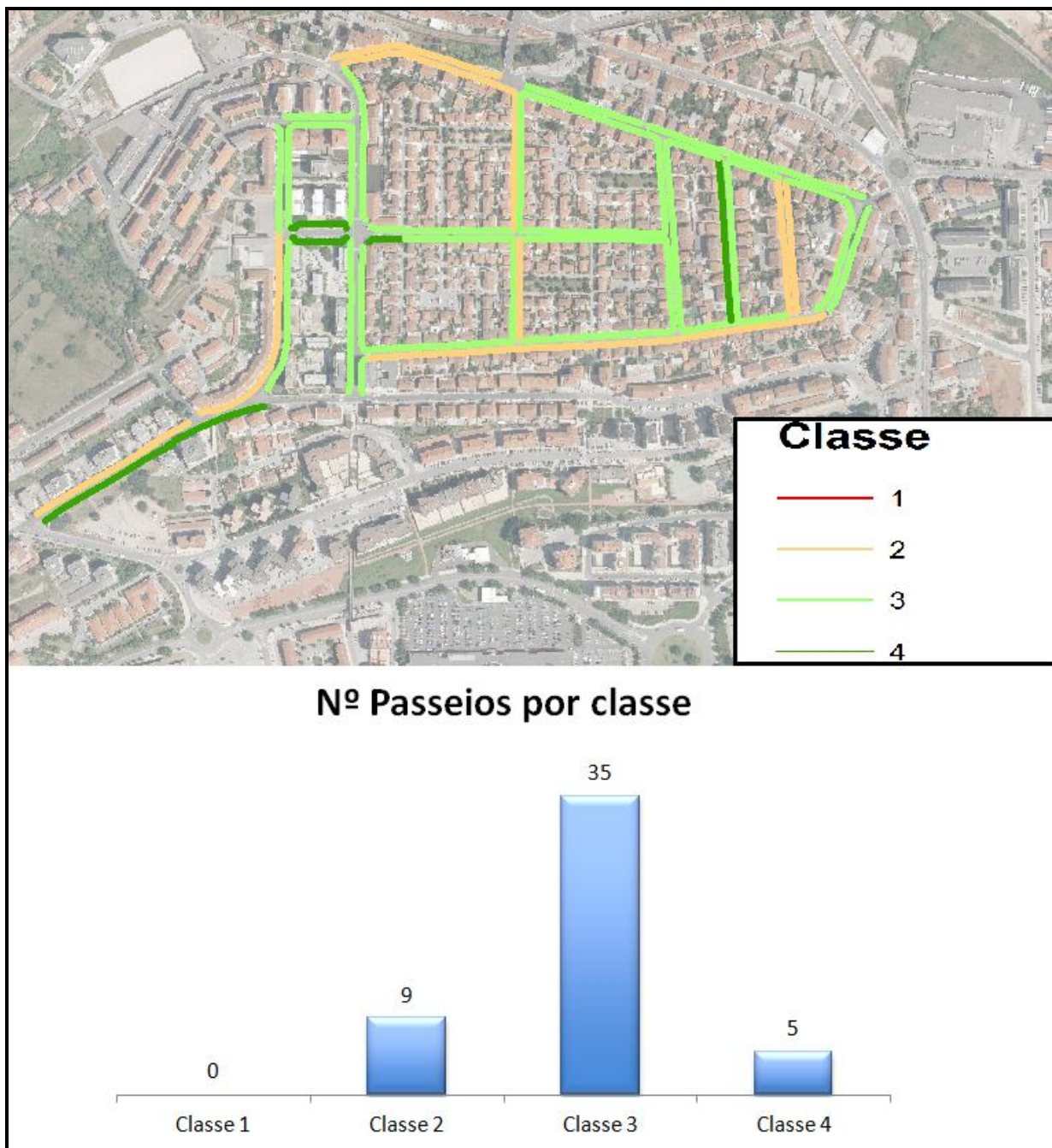


Figura 4.20 - Resultados com o conjunto de pesos P2 (Bairro Norton de Matos): Classe 1 (a pior) a Classe 4 (a melhor)

Fazendo uma análise global, incluindo o conjunto das três zonas de estudo, verifica-se que:

1. A zona da Solum inclui a maior parte dos troços atribuídos à classe 4 (27 dos 44 segmentos atribuídos a esta classe), o que não surpreende, visto esta zona ser a mais recente, daí apresentar mais troços de passeio em muito bom estado de conservação.
2. Mais de metade (126 de 229) dos troços analisados foram classificados como sendo de classe 3, ou seja, são agradáveis para andar a pé e encontram-se bem conservados, correspondendo a uma extensão de passeio de cerca de 12.7 km. O Bairro Norton de Matos é a zona que tem uma maior percentagem de troços (71%) atribuídos a esta classe.
3. Verifica-se também que existe uma quantidade de troços relevante (55 de 229) atribuída à classe 2, que representa cerca de 7.6 km de passeio, o que significa que devem ser melhoradas as condições dessas infraestruturas, especialmente o seu estado de conservação, situando-se a maioria do comprimento a ser melhorado na Baixa de Coimbra (cerca de 3.5 km de extensão).
4. Apenas os troços onde falta passeio e o já mencionado segmento B55 (zona da Solum) foram atribuídos à classe 1, ou seja, estes são os segmentos onde as intervenções para melhorar o conforto de caminhar e o estado de conservação são mais necessárias. Estes troços correspondem a uma extensão de cerca de 245 m.

São apresentados nos Quadros 4.5 e 4.6 os resultados descritos anteriormente.

Conjunto de pesos P2					
Número de segmentos por classe (percentagem)					
Local	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Total
Baixa	2 (2%)	30 (30%)	55 (56%)	12 (12%)	99
Solum	2 (2%)	16 (20%)	36 (44%)	27 (33%)	81
N. de Matos	0 (0%)	9 (18%)	35 (71%)	5 (10%)	49
Total	4 (2%)	55 (24%)	126 (55%)	44 (19%)	229


Quadro 4.5 - Número de segmentos por classe (Conjunto de pesos P2)

Conjunto de pesos P2				
Local	Extensão por classe (km de passeio)			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Baixa	0.1	3.5	4.3	0.8
Solum	0.2	2.2	4	2.7
N. de Matos	0	2	4.2	0.6
Total	0.2	7.6	12.7	4.2

Quadro 4.6 - Extensão de passeio por classe (km de passeio) (Conjunto de pesos P2)

Tal como no caso dos pesos P1, também no caso do conjunto de pesos P2 foi efetuado um teste qui-quadrado sobre as frequências absolutas no Quadro 4.5, tendo sido neste caso necessário agregar as classes 1 e 2 numa só (isto é necessário para garantir a validade do teste qui-quadrado nos casos em que mais de 20% das células têm valores inferiores a 5). O valor de prova obtido foi de aproximadamente 0%, confirmando que também para este conjunto de pesos, o local influencia a afetação dos troços às classes.

A título exemplificativo da correspondência entre os resultados obtidos para os dois conjuntos de pesos (em termos de afetação dos segmentos de passeio às classes consideradas) e a realidade observada, representam-se no Quadro 4.7 fotografias de oito situações elucidativas.

Classe	Segurança face ao tráfego	Conforto de caminhar
1 (pior)		
2		
3		
4 (melhor)		

Quadro 4.7 - Exemplos elucidativos de situações de correspondência entre os resultados obtidos e a realidade observada

4.4.3 Comparação dos Resultados Obtidos com os Conjuntos de Pesos P1 e P2

Podem ser apresentadas as seguintes conclusões gerais:

1. Verifica-se que a maior parte dos troços analisados (131 de 229) mantêm a classe utilizando quer o conjunto de pesos relativo à segurança dos peões (P1) quer utilizando o conjunto de pesos P2 (que tem em conta o conforto de andar a pé por parte dos peões). Os troços que mudam de classe situam-se na sua maioria na Baixa e na zona da Solum.
2. Nenhum dos segmentos variou mais do que uma classe quando se utilizam os dois conjuntos de pesos, ou seja, um segmento que seja atribuído à classe 2 quando se utiliza o conjunto de pesos P1, é atribuído à classe 1, 2 ou 3 quando se utiliza o segundo conjunto de pesos.
3. Grande parte dos troços que mudam de classe são atribuídos a uma classe superior quando a análise é efetuada com o conjunto de pesos P2 (71 dos 98 troços que mudam de classe são atribuídos a uma classe superior utilizando o conjunto de pesos P2).
4. Apenas 27 segmentos de passeio estão melhor servidos em termos de segurança dos peões face ao tráfego do que relativamente ao conforto e facilidade de andar a pé.

Na Figura 4.21 e no Gráfico 4.4 é apresentada a comparação dos resultados obtidos com os conjuntos de pesos P1 (segurança) e P2 (conforto).

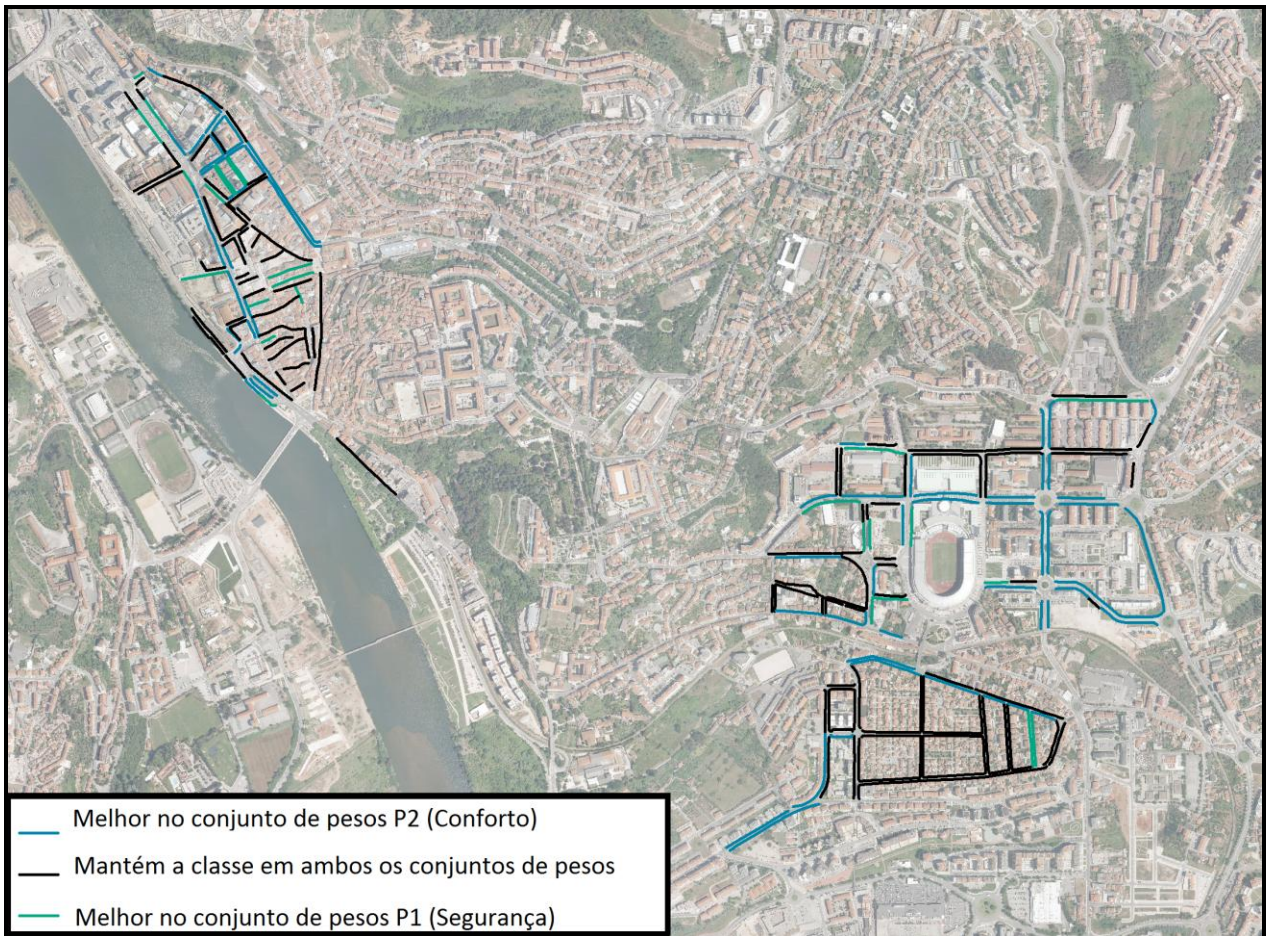


Figura 4.21 - Comparação dos resultados obtidos com os conjuntos de pesos P1 (Segurança) e P2 (Conforto)

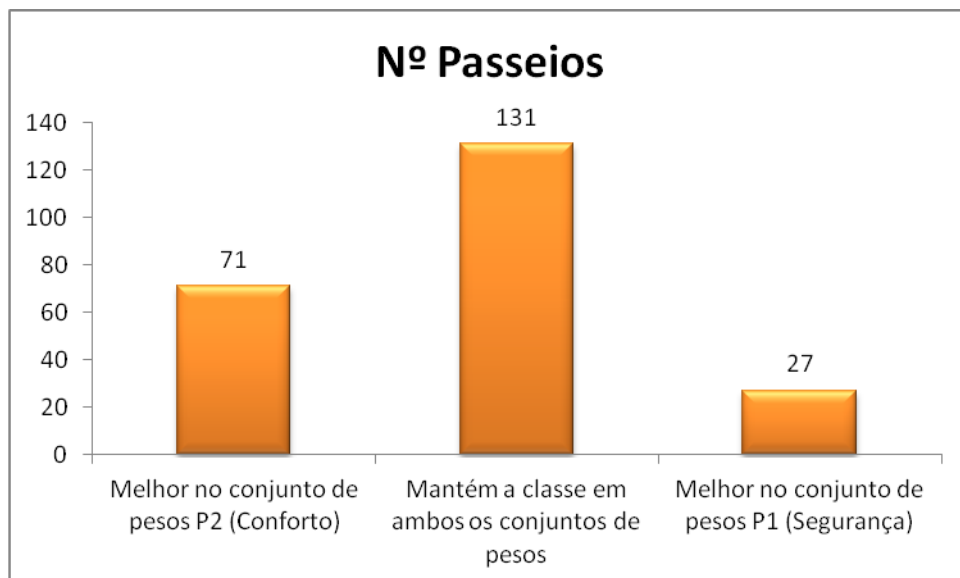


Gráfico 4.4 - Comparação dos resultados obtidos com os conjuntos de pesos P1 (Segurança) e P2 (Conforto)

Fazendo uma análise em cada zona de estudo, verifica-se que, na Baixa:

1. Encontra-se uma parte significativa dos troços de passeio que estão melhor servidos em termos de segurança para os peões (16 de 27). Este facto é justificado pela existência de ruas nesta zona cujo trânsito automóvel é restrito ou muito tranquilo, como por exemplo a R. da Moeda ou a R. da Louça, e também porque há troços de passeio que, apesar de se localizarem em ruas com normal ou elevado tráfego automóvel, estão em mau estado de conservação (R. Mário Pais e R. Rosa Falcão).
2. Ruas bastante concorridas em termos de tráfego automóvel, como a R. Sofia e a Av. Fernão de Magalhães (zona da Loja do Cidadão), possuem segmentos de passeio que são atribuídos a classes superiores quando submetidos ao conjunto de pesos P2 (conforto de andar a pé por parte dos peões).
3. A maior parte dos troços estudados nesta zona (54 de 99) mantêm a classe em ambos os conjuntos de pesos.

Os resultados da comparação entre os dois conjuntos de pesos na Baixa são apresentados no Gráfico 4.5.

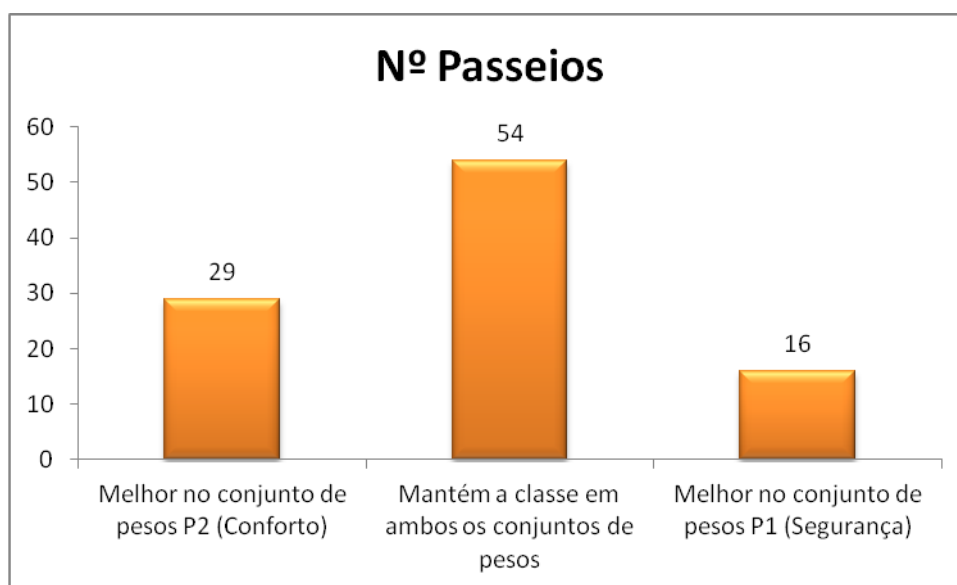


Gráfico 4.5 - Comparação dos resultados obtidos com os conjuntos de pesos P1 (Segurança) e P2 (Conforto), na Baixa

Na zona da Solum:

1. Praticamente metade dos troços de passeio analisados (40 de 81) estão de igual forma servidos, quer em termos de segurança para os peões face ao tráfego automóvel, quer em termos de conforto e facilidade de caminhar nessas infraestruturas.
2. Uma parte relevante dos segmentos analisados nesta zona foram atribuídos a uma classe superior quando submetidos ao conjunto de pesos que tem em conta o conforto de andar a pé por parte dos peões (P2).
3. Grande parte desses segmentos encontra-se em razoável ou até mesmo bom estado de conservação e, mesmo encontrando-se em mau estado de conservação, localiza-se em estradas onde o tráfego automóvel é elevado e não possui barreiras a proteger os peões do trânsito motorizado (alguns troços da R. General Humberto Delgado, R. Egas Moniz e os troços analisados na Rua do Brasil).
4. Apenas 9 dos troços analisados na zona da Solum estão melhor servidos em termos de segurança para os peões, localizando-se quase exclusivamente em estradas onde o tráfego automóvel não é muito elevado e encontrando-se em mau ou muito mau estado de conservação.
5. A exceção localiza-se na R. Dom Manuel I (troço que ladeia o Estádio Cidade de Coimbra) onde apesar de o volume de tráfego ser muito intenso, existe uma larga barreira que protege os peões do tráfego motorizado e o troço em questão é muito inclinado transversalmente, daí estar melhor servido em termos de segurança.

Os resultados da comparação entre os dois conjuntos de pesos na zona da Solum são apresentados no Gráfico 4.6.

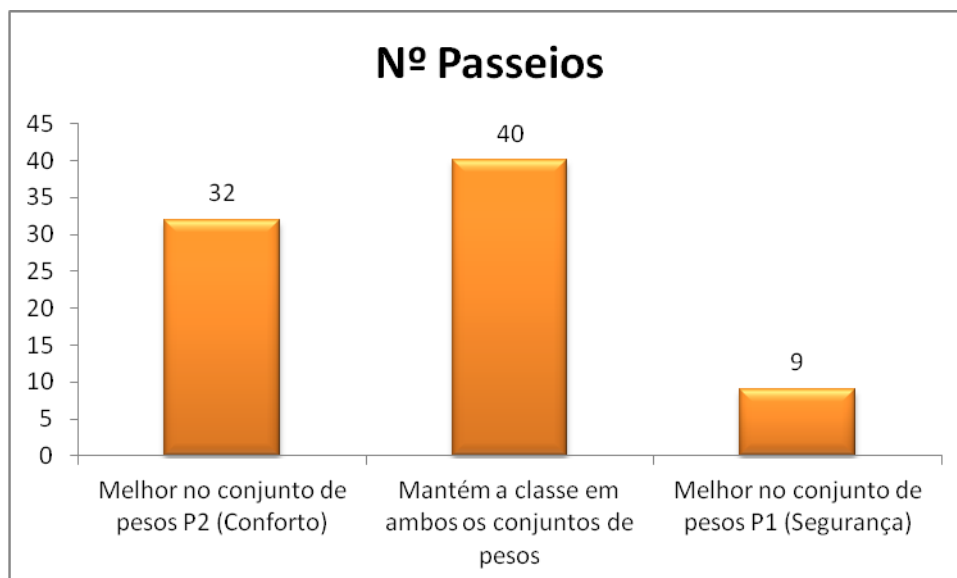


Gráfico 4.6 - Comparação dos resultados obtidos com os conjuntos de pesos P1 (Segurança) e P2 (Conforto), na Zona da Solum

No Bairro Norton de Matos:

1. Cerca de três quartos dos troços que foram estudados mantêm a classe em ambos os conjuntos de pesos (37 troços em 49 analisados).
2. Apenas 2 segmentos, um em cada lado da R. Mário Augusto de Almeida, estão melhor servidos em termos de segurança para os peões, pois estão num pobre estado de conservação e o volume de tráfego que se verifica nessa rua é normal.
3. Cerca de 20% dos troços analisados nesta zona (10 de 49) foram atribuídos a uma classe superior quando submetidos ao conjunto de pesos que tem em conta o conforto de andar a pé por parte dos peões (P2).
4. Esses segmentos de passeio encontram-se em bom estado de conservação (R. Carlos Seixas) ou, mesmo estando em mau estado de conservação (alguns troços da R. Angola) pertencem a ruas onde o volume de tráfego é muito intenso e não possuem barreiras para proteger os peões do trânsito automóvel.

Os resultados da comparação entre os dois conjuntos de pesos no Bairro Norton de Matos são apresentados no Gráfico 4.7.

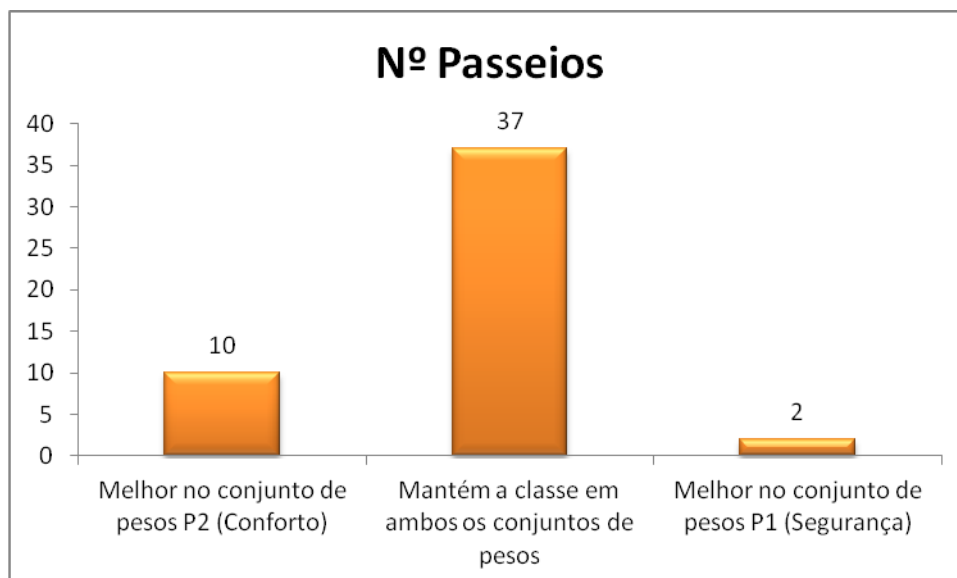


Gráfico 4.7 - Comparação dos resultados obtidos com os conjuntos de pesos P1 (Segurança) e P2 (Conforto), no Bairro Norton de Matos

São apresentados nos Quadros 4.8 e 4.9 os resultados descritos anteriormente.

<i>Comparação dos resultados obtidos com os dois conjuntos de pesos</i>				
Número de segmentos por classe				
Local	Melhor em P2	Mantém a classe	Melhor em P1	Total
Baixa	29	54	16	99
Solum	32	40	9	81
N. de Matos	10	37	2	49
Total	71	131	27	229

Quadro 4.8 - Comparação dos resultados obtidos com os dois conjuntos de pesos (número de segmentos por classe)

Comparação dos resultados obtidos com os dois conjuntos de pesos				
Extensão por classe (km de passeio)				
Local	Melhor em P2	Mantém a classe	Melhor em P1	Total
Baixa	2.5	4.8	1.4	8.7
Solum	4.1	3.8	1.1	9
N. de Matos	1.6	4.9	0.3	6.8
Total	8.2	13.6	2.7	24.5

Quadro 4.9 - Comparação dos resultados obtidos com os dois conjuntos de pesos (extensão por classe, em km de passeio)

Um teste de qui-quadrado sobre os dados do Quadro 4.8 revela um valor de prova de 2.0%. Apesar de superior a 1%, o valor de prova baixo indica ainda assim uma plausibilidade significativa da distribuição da variação de classe depender do local de estudo. Esta conclusão é válida exceto no caso de se adotar uma abordagem conservadora do valor de prova.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentam-se neste capítulo as principais conclusões que decorrem da execução deste trabalho, e sugerem-se algumas propostas de trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

As redes de infraestruturas pedonais são um tema ainda pouco abordado nos dias de hoje, em parte devido à importância dada às redes rodoviárias, que relevam o espaço pedonal para segundo plano no contexto urbano. No entanto, com a crescente preocupação com o ambiente e com a saúde pessoal, bem como com a crise económica que se faz sentir, o uso de modos suaves como o caminhar e o andar de bicicleta ganharão cada vez mais preponderância no meio urbano.

A presente dissertação objetivou classificar os passeios em áreas urbanas da Cidade de Coimbra (Baixa, zona da Solum e Bairro Norton de Matos) com vista à priorização de eventuais intervenções que sejam necessárias, com base numa análise científica multicritério.

O levantamento dos dados necessários para a análise das infraestruturas pedonais foi feito no próprio local, através do preenchimento de uma ficha para cada segmento de passeio analisado. Este é um método bastante prático e expedito que, se for executado por mais de uma pessoa, pode fornecer valores para os diversos atributos considerados que se enquadrem ainda melhor na realidade evidenciada nas zonas em estudo (fazendo uma média dos valores retirados para cada atributo entre todos os observadores).

O ELECTRE TRI foi o método usado na análise multicritério realizada. Este método atribui alternativas a categorias (classes) previamente definidas e ordenadas. Sendo o ELECTRE TRI um método baseado em relações de subordinação entre alternativas e de carácter não-compensatório, é bastante adequada a sua utilização à problemática em questão.

Os resultados a destacar deste trabalho são os seguintes. Tendo sido pré-definidas 4 classes no ELECTRE TRI (1 - pior a 4 - melhor), entre os mais de 24 km de extensão de passeio analisados:

1. Aproximadamente 4 km de passeio necessitam de intervenção que vise melhorar a segurança dos peões (29 dos 229 troços analisados foram atribuídos à classe 1 utilizando-se o conjunto de pesos P1, mais ligados à segurança face ao tráfego automóvel). A maior parte destes troços (25) localizam-se na Baixa e na zona da Solum (segmentos localizados em ruas onde o tráfego automóvel é mais intenso).

2. Verifica-se também que existe uma quantidade de troços relevante (55 de 229) atribuída à classe 2, quando se utiliza o conjunto de pesos P2 (dando maior preponderância ao conforto de andar a pé e ao estado de conservação), que representa cerca de 7.6 km de passeio, o que significa que devem ser melhoradas as condições dessas infraestruturas, especialmente o seu estado de conservação, situando-se a maioria da extensão a ser melhorada na Baixa de Coimbra (cerca de 3.5 km de comprimento).
3. Apenas os troços onde falta passeio e o segmento B55 (zona da Solum, atrás do Escola Secundária de Avelar Brotero) foram atribuídos à classe 1 (com o conjunto de pesos P2), ou seja, estes são os segmentos onde as intervenções para melhorar o conforto de caminhar e o estado de conservação são mais necessárias. Estes troços correspondem a uma extensão de cerca de 245 m.
4. Verifica-se que a maior parte dos troços analisados (131 de 229) mantêm a classe utilizando quer o conjunto de pesos relativo à segurança dos peões (P1) quer utilizando o conjunto de pesos P2. Os troços que mudam de classe situam-se na sua maioria na Baixa e na zona da Solum.
5. Grande parte dos troços que mudam de classe são atribuídos a uma classe superior quando a análise é efetuada com o conjunto de pesos P2 (71 dos 98 troços que mudam de classe).

A evidência trazida à luz pela metodologia adotada é bastante clara e sugere desde já algumas linhas de ação, que poderiam ser tidas em conta para o melhoramento das zonas estudadas, tais como:

1. Os resultados apontam para que numa primeira fase de intervenção, tendo em conta o primado da segurança, se atenda às questões relativas a esta. Assim, nesta primeira fase deverá ser dada prioridade à implementação de soluções que permitam melhorar a segurança dos peões nas zonas mais críticas (segmentos atribuídos à classe 1, no conjunto de pesos P1), até porque estas representam uma extensão mais elevada que necessita de intervenção, em comparação com os troços mais degradados, avaliados com o conjunto de pesos P2.
2. Em seguida, poderia dar-se início a um plano de recuperação dos passeios mais degradados.
3. Poder-se-ia ainda estabelecer um projeto a longo prazo destinado a colocar todos os troços da rede pedonal nas classes mais elevadas (classes 3 e 4).

4. Por último, proceder a uma monitorização dos atributos considerados na análise, através de levantamentos periódicos destinados a evitar que passeios cujo desempenho caia para as classes mais baixas não fiquem demasiado tempo sem serem reparados.

Note-se que a abordagem da metodologia, de construção de classes de desempenho, permite naturalmente o estabelecimento de prioridades e do seu atendimento consoante as disponibilidades financeiras das autoridades com competência para a gestão das infraestruturas pedonais. Este caso de estudo mostra que a metodologia é de facto adequada à problemática em questão e que possibilita a gestão das infraestruturas pedonais numa lógica de progressividade e de sustentabilidade financeira.

5.2 Trabalhos Futuros

Os resultados alcançados no que respeita ao caso prático de estudo (três zonas urbanas distintas em termos de localização e idade), tornaram possível classificar os passeios com vista à gestão destas infraestruturas e à definição de esquemas racionais de decisão em engenharia urbana, bem fundamentados, sobre intervenção/manutenção/reparação/melhoria com base em sólidas metodologias científicas.

Na prática, os passeios são usados por todas as pessoas em deslocações com as mais diversas finalidades. Qualquer intervenção municipal nestas infraestruturas proporcionará com certeza um maior bem estar nas deslocações pedonais aos cidadãos de todos os escalões etários.

Apesar de este trabalho ser ainda um pequeno contributo no caminho a percorrer para se conseguir obter melhores infraestruturas pedonais (em melhor estado de conservação, mais seguras), foi possível avançar um pouco nesse sentido ao conseguir implementar uma metodologia científica de análise, com elevada aplicabilidade prática em engenharia urbana, com vista à gestão desses espaços urbanos.

No futuro essa metodologia pode ser usada para contribuir para a melhoria de uma cidade/país, não só em termos de infraestruturas pedonais, mas também relativamente a outros tipos de infraestruturas de engenharia.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bentley, R., Jolley, D., & Kavanagh, A. M. (2010). Local environments as determinants of walking in Melbourne, Australia. *Social science & medicine*, 70(11), 1806-1815.
- Bloomberg, M., & Burden, A. (2006). New York City pedestrian level of service study phase I. *The City of New York and NYC Department of City Planning, New York*.
- Buehler, R., Pucher, J., Merom, D., & Bauman, A. (2011). Active travel in Germany and the US: contributions of daily walking and cycling to physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(3), 241-250.
- Comissão Europeia (2000). *Cidades para bicicletas, Cidades de Futuro*.
- European Commission (2007), *Sustainable Urban Transport Plans, Preparatory Document in relation to the follow-up of the Thematic Strategy on the Urban Environment*.
- Ferreira, M. A. G., & Sanchez, S. d. P. (1998). *Evaluating The Quality Of Pedestrian Facilities*. Paper presented at the 68th Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers.
- Florez, J., Muniz, J., & Portugal, L. (2014). Pedestrian Quality of Service: Lessons from Maracanã Stadium. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 160, 130-139.
- Fontes, A. C., Ramos, R. A., Lourenço, J., & Mendes, J. F. (2005). Qualidade pedonal urbana: o caso de Braga. PLURIS 2005.
- Gallin, N. (2001). Quantifying pedestrian friendliness--guidelines for assessing pedestrian level of service. *Road & Transport Research*, 10(1), 47.
- Henao, A., Piatkowski, D., Luckey, K. S., Nordback, K., Marshall, W. E., & Krizek, K. J. (2015). Sustainable transportation infrastructure investments and mode share changes: A 20-year background of Boulder, Colorado. *Transport Policy*, 37, 64-71.
- Hidayat, N., Choocharukul, K., Nakatsuji, T., & Kishi, K. (2011). Determination Of Factors Related To Sidewalk Performance Based On Pedestrian Perception.
- IMT (2012). *Ciclando - Plano Nacional da Promoção da Bicicleta e Outros Modos de Transporte Suaves*.
- Kirschbaum, J. B., Axelson, P. W., Longmuir, P. E., Mispagel, K. M., Stein, J. A., & Yamada, D. A. (2001). *Designing Sidewalks and Trails for Access, Part 2, Best Practices Design Guide*, FHWA (Federal Highway Administration) - EUA.
- Lamíquiz, P. J., & López-Domínguez, J. (2015). Effects of built environment on walking at the neighbourhood scale. A new role for street networks by modelling their configurational accessibility? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 74, 148-163.

Landis, B., Vattikuti, V., Ottenberg, R., McLeod, D., & Guttenplan, M. (2001). Modeling the roadside walking environment: pedestrian level of service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1773), 82-88.

Litman, T. (2015). Evaluating active transport benefits and costs: Guide to valuing walking and cycling improvements and encouragement programs.

Mousseau, V., Figueira, J., & Naux, J.-P. (2001). Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: Some experimental results. *European Journal of Operational Research*, 130(2), 263-275.

Mousseau, V., Slowinski, R., & Zielniewicz, P. (2000). A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. *Computers & operations research*, 27(7), 757-777.

Nuno Sousa, João Coutinho-Rodrigues, Eduardo Natividade-Jesus - “Multicriteria methodology for sidewalk infrastructure assessment and management”, artigo submetido para publicação em revista científica internacional, 2015.

Pooley, C. G., Horton, D., Scheldeman, G., Mullen, C., Jones, T., & Tight, M. (2014). ‘You feel unusual walking’: the invisible presence of walking in four English cities. *Journal of Transport & Health*, 1(4), 260-266.

Portugal, L. (2006). Decretos–Decreto-Lei n. ° 163/2006 [Normas técnicas de acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais]. *Diário da República, I Série*, (152), 5670-5689.

Seco, A., Macedo, J., & Costa, A. (2008). *Manual do Planeamento de Acessibilidades e Transportes–Peões*. CCDRN.

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

Woodcock, J., Banister, D., Edwards, P., & Andrew, M. Prentice, and Ian Roberts. (2007). “Energy and Health 3: Energy and Transport.”. *Lancet*, 370(9592), 1078-1088.

This work has been framed under the Initiative Energy for Sustainability of the University of Coimbra and supported by the Energy and Mobility for SUSTainable REGions (EMSURE) Project CENTRO-07-0224-FEDER-002004.