

# Avaliação de Infraestruturas de mobilidade em ambientes urbanos

Carlos Henrique de Brito Lima

Dissertação apresentada à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

para a obtenção do grau de Mestre em  
**Engenharia da Construção**

Bragança  
Dezembro de 2020





# Avaliação de Infraestruturas de mobilidade em ambientes urbanos

Carlos Henrique de Brito Lima

Orientadores:

**Professor Doutor Manuel Joaquim da Costa Minhoto - IPB**

**Professor Doutor António Jorge Ferreira Vaz - IPB**

**Professor Mestre Fernando Dácio de Almeida - UNICHRISTUS**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
no Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do grau de

**Mestre em Engenharia da Construção**

No âmbito da dupla diplomação com o  
**Centro Universitário Christus**

Bragança

Dezembro de 2020



# Dedicatória

Dedico este trabalho, primeiramente, a minha família, pela oportunidade única de realizar este intercâmbio, que tanto me agregou experiências que vão contribuir para o meu currículo como profissional, como me agregou experiências de vida que levarei comigo.

Segundamente, agradecer a todos os meus colegas e amigos, seja da Unichristus, do Hotel São Roque ou do IPB, que tiveram papel crucial em me manter firme durante este período longe de casa.

Deixo um agradecimento especial aos meus amigos do grupo "Bar do Carlote", pois estão comigo desde a infância e merecem aqui seu reconhecimento por todos os anos de companheirismo.

E por último, e nem por isso menos importante, queria agradecer a dois amigos de papel importantíssimo na minha vida. O primeiro deles, Rodrigo Damião, pelo papel importante que sempre desempenhou na minha vida e continuou desempenhando mesmo com a distância e, a segunda, Alice Fey, por tudo que me proporcionou durante este intercâmbio, principalmente por participar ativamente no meu crescimento como pessoa.

Essa chegou após já ter concluído minha dedicatória, mas não podia deixar de agradecer-lá pelos últimos meses, tem sido mais que um prazer conhecê-la a cada dia, Natacha Bezerra Andrade.

# Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Professor Manuel Joaquim Costa Minhoto, que foi sempre muito atencioso todas as vezes que tivemos contato, me tirando dúvidas e me orientando pelo melhor caminho que ele conseguia enxergar para a realização desta dissertação.

Agradeço ao meu coorientador de Portugal, Professor Jorge Ferreira Vaz, pela contribuição como arquiteto, que agregou ao trabalho uma visão diferente da abordada por um engenheiro.

Agradeço ao meu coorientador do Brasil, Professor Fernando Dácio de Almeida, pela ajuda na estruturação do trabalho como um todo e por auxiliar no elo entre Brasil e Portugal.

Cabe também um agradecimento especial as pesquisadoras Ana Sofia Filipe de Sousa Luz, Fernanda Borges Monteiro e Fabíola de Oliveira Aguiar, pois foram seus trabalhos que serviram de base para a criação da programação da aplicação computacional nas três esferas de transporte (Automóveis, Peões e Bicicletas).

Vale ainda salientar que todos os projetos aqui expostos foram autorizados, seu acesso e uso, pela Câmara Municipal de Bragança (CMB). Assim, agradeço à Câmara Municipal de Bragança, em particular ao Eng<sup>o</sup> Rafael Correia, pela disponibilidade dos dados sobre os trechos estudados.

# Resumo

As infraestruturas de mobilidade, que para este estudo são representadas pela Rede viária urbana, Rede pedonal e Rede ciclável ou, em outras palavras, Pavimentos rodoviários flexíveis, Infraestruturas pedonais e Infraestruturas cicláveis, vão se desgastando ao longo da sua vida útil, com a ação dos agentes ambientais e do tráfego, até atingir um patamar de degradação inaceitável, caso não sejam feitas manutenções e reparações atempadamente.

Assim, o objetivo principal do trabalho é contribuir para agilizar o processo entre a coleta de dados e a avaliação do estado de degradação da via, referente ao cálculo dos métodos abordados para as infraestruturas, através do desenvolvimento de uma aplicação computacional escrita em Visual Basic com utilização do Visual Studio Community 2019 da Microsoft. Desta forma, pode-se ter uma ideia de quando estas infraestruturas necessitarão de novas intervenções de conservação e reabilitação ou se elas estão adequadas para uso.

Nesse contexto, depois de se estabelecer as patologias e fatores a se avaliar, os critérios de observação e os modelos de avaliação e classificação, realizaram-se observações visuais de um trecho de estrada urbana para comprovar a utilidade e adequabilidade da aplicação desenvolvida, efetuando comparações entre dois Trechos (com 2 SubTrechos cada). Com esta comparação, observaram-se diferentes níveis de qualidade que condizem com o detectado visualmente, permitindo concluir acerca da utilidade e adequabilidade da referida aplicação.

**Palavras-chave:** Infraestruturas de mobilidade, Pavimentos flexíveis, Aplicação computacional, Avaliação da qualidade.

# Abstract

During their lifespan, the mobility infrastructures, represented in this study by the Urban road network, the Pedestrian network and the Cycling network or, in other words, Flexible pavements, Pedestrian infrastructures and Bicycle infrastructures, it will wear out with the impact of environmental agents and the traffic until it come to a level of disabling if there are not any kind of proper maintenance or repair.

The main purpose of this study was speed up the process between the data collect and the road qualification, referring to the calculation of the selected evaluation methods for the chosen infrastructures. Then, it was developed a software writed in Visual Basic using the Visual Studio Community 2019 from Microsoft. So it is possible to know when a infrastructure needs conservation and repair or if it is working properly.

Next, after establish the pathologies and factors to assess, the observation criterion and the evaluation and rating models there were field trials comparing two patches (with two sub patches each) in order to test the software. Due to this comparison it was possible to observe and verify that there were different levels of quality at the field that allowed to conclude about the software's utility and suitability.

**Keywords:** Mobility infrastructures, Flexible pavements, Software, Quality assessment.

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento . . . . .	1
1.2	Objetivos e Justificativa . . . . .	3
1.2.1	Objetivo geral . . . . .	3
1.2.2	Objetivos específicos . . . . .	4
1.3	Metodologia . . . . .	4
1.4	Organização do documento . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Enquadramento teórico</b>	<b>6</b>
2.1	Infraestruturas de mobilidade . . . . .	6
2.1.1	Mobilidade urbana . . . . .	7
2.1.2	Acessibilidade . . . . .	7
2.1.3	Ambiente urbano . . . . .	8
2.2	Rede viária urbana . . . . .	9
2.2.1	Tipologia dos pavimentos . . . . .	9
2.2.1.1	Pavimentos flexíveis . . . . .	9
2.2.1.2	Pavimentos rígidos . . . . .	10
2.2.1.3	Pavimentos semi-rígidos . . . . .	11
2.2.2	Patologias em pavimentos flexíveis . . . . .	12
2.2.2.1	Fendilhamento . . . . .	15
2.2.2.2	Deformações . . . . .	17

2.2.2.3	Degradação da camada de desgaste ou Defeitos de superfície	18
2.2.2.4	Movimentos de materiais . . . . .	19
2.2.2.5	Reparações . . . . .	20
2.3	Rede pedonal . . . . .	21
2.3.1	Elementos das estruturas pedonais . . . . .	21
2.3.2	Tipologia dos passeios . . . . .	22
2.3.3	Métodos de avaliação analisados . . . . .	23
2.3.3.1	Método de FRUIN . . . . .	24
2.3.3.2	Método de MORI e TSUKAGUCHI . . . . .	24
2.3.3.3	Método de KHISTY . . . . .	28
2.3.3.4	Método de SARKAR . . . . .	30
2.3.3.5	Método de DIXON . . . . .	32
2.3.3.6	Método de FERREIRA e SANCHES . . . . .	32
2.3.4	Análise dos métodos avaliativos da Rede pedonal . . . . .	33
2.4	Rede ciclável . . . . .	34
2.4.1	Tipologia das estruturas cicláveis . . . . .	34
2.4.2	Métodos de avaliação analisados . . . . .	35
2.4.3	Análise dos métodos avaliativos da Rede ciclável . . . . .	38
2.5	Gestão rodoviária . . . . .	38
2.5.1	Avaliação da qualidade no contexto da Gestão Rodoviária . . . . .	42
<b>3</b>	<b>Avaliação da qualidade das Infraestruturas</b>	<b>45</b>
3.1	Manual de auscultação . . . . .	45
3.1.1	Rede viária urbana . . . . .	46
3.1.1.1	Fendilhamento e Defeitos de superfície . . . . .	46
3.1.1.2	Reparações, Deformações e Movimento de materiais . . . . .	47
3.1.2	Rede pedonal . . . . .	47
3.1.2.1	Infraestrutura disponível para peões, Conflitos e Elementos de conforto ao longo da via . . . . .	48



3.1.2.2	Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo . . . . .	50
3.1.3	Rede ciclável . . . . .	51
3.1.3.1	Nível de Serviço para veículos motorizados e Manutenção das vias . . . . .	51
3.1.3.2	Presença de instalações para ciclistas . . . . .	52
3.1.3.3	Diferencial de velocidade entre veículo e bicicletas e Programas específicos para melhorar o transporte ciclável . . . . .	52
3.1.3.4	Conflitos . . . . .	53
3.2	Metodologias e critérios de avaliação da qualidade . . . . .	54
3.2.1	Rede viária urbana . . . . .	54
3.2.1.1	Fendilhamento, Defeitos de superfície e Reparções . . . . .	56
3.2.1.2	Rodeiras . . . . .	56
3.2.1.3	Irregularidade longitudinal . . . . .	59
3.2.2	Rede pedonal . . . . .	61
3.2.3	Rede ciclável . . . . .	64
<b>4</b>	<b>Trabalho proposto</b>	<b>67</b>
4.1	Aplicação computacional . . . . .	67
4.1.1	Rede viária urbana . . . . .	68
4.1.2	Rede pedonal . . . . .	70
4.1.3	Rede ciclável . . . . .	71
4.2	Boletim de inspeção . . . . .	72
4.2.1	Rede viária urbana . . . . .	73
4.2.2	Rede pedonal . . . . .	74
4.2.3	Rede ciclável . . . . .	75
4.3	Guião de inspeção . . . . .	76
4.3.1	Rede viária urbana . . . . .	77
4.3.1.1	Fendilhamento e Defeitos de superfície . . . . .	77

4.3.1.2	Reparações, Deformações e Movimentos de materiais . . .	78
4.3.2	Rede pedonal . . . . .	79
4.3.2.1	Infraestrutura disponível para peões, Conflitos e Elementos de conforto ao longo da via . . . . .	79
4.3.2.2	Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo . . . . .	81
4.3.3	Rede ciclável . . . . .	82
4.3.3.1	Presença de instalações para ciclistas e Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas . . . . .	82
4.3.3.2	Nível de Serviço para veículos motorizados, Manutenção das vias e Programas específicos para melhorar o transporte ciclável . . . . .	83
4.3.3.3	Conflitos . . . . .	84
<b>5</b>	<b>Estudo de caso</b>	<b>85</b>
5.1	Trecho 1: Entre a Rotunda da Avenida Luciano Cordeiro e a Rotunda da Rua da Nogueira . . . . .	88
5.1.1	Rede viária urbana . . . . .	91
5.1.1.1	Covas e Defeitos de superfície . . . . .	92
5.1.1.2	Fendilhamento e Reparações . . . . .	92
5.1.1.3	Rodeiras . . . . .	92
5.1.2	Rede pedonal e Rede ciclável . . . . .	95
5.2	Trecho 2: Entre a Rotunda da Avenida Abade de Baçal e a Rotunda da Avenida Luciano Cordeiro . . . . .	100
5.2.1	Rede viária urbana . . . . .	103
5.2.1.1	Covas e Defeitos de superfície . . . . .	104
5.2.1.2	Fendilhamento e Reparações . . . . .	104
5.2.1.3	Rodeiras . . . . .	104
5.2.2	Rede pedonal e Rede ciclável . . . . .	107

5.3	Resultados finais . . . . .	112
5.3.1	Rede viária urbana . . . . .	112
5.3.2	Rede pedonal e Rede ciclável . . . . .	113
<b>6</b>	<b>Conclusões</b>	<b>115</b>
6.1	Considerações gerais . . . . .	115
6.2	Trabalhos futuros . . . . .	116

# Lista de Tabelas

2.1	Esquema de degradações 1 . . . . .	13
2.2	Esquema de degradações 2 . . . . .	14
2.3	Esquema de degradações 3 . . . . .	14
2.4	Esquema de degradações 4 . . . . .	15
2.5	Definição de Níveis de Serviço para passeios segundo FRUIN . . . . .	24
2.6	Classificação do Nível de Serviço na escala de pontos de KHISTY . . . . .	29
2.7	Faixas de Índice de Qualidade e Nível de Serviço . . . . .	33
2.8	Representação do Fator de Localização - ICV . . . . .	37
2.9	Representação do Fator do Pavimento - ICV . . . . .	37
2.10	Classificação da via - ICV . . . . .	38
3.1	Descrição das anomalias Fendilhamento e Defeitos de superfície, em pavimentos flexíveis . . . . .	46
3.2	Descrição das anomalias Reparações, Deformações e Movimentos de materiais, em pavimentos flexíveis . . . . .	47
3.3	Descrição do fator Infraestrutura disponível para peões . . . . .	48
3.4	Descrição do fator Conflitos potenciais entre peões e veículos motorizados . . . . .	49
3.5	Descrição do fator Elementos de conforto ao longo da via . . . . .	50
3.6	Descrição dos fatores Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo . . . . .	50
3.7	Descrição dos fatores Nível de Serviço para veículos motorizados e Manutenção das vias . . . . .	51

3.8	Descrição do fator Presença de instalações para ciclistas . . . . .	52
3.9	Descrição dos fatores Diferencial de velocidade entre veículo e bicicletas e Programas específicos para melhorar o transporte ciclável . . . . .	52
3.10	Descrição do fator Conflitos . . . . .	53
3.11	Valor adotado para o cálculo do índice de qualidade global baseado nos níveis de gravidade considerados . . . . .	55
3.12	Exemplo: Consideração Rodeiras . . . . .	57
3.13	Exemplo: Cálculo do IRI . . . . .	59
3.14	Cálculo indireto do IRI . . . . .	60
3.15	Sistema de pontuação do Nível de Serviço para estruturas pedonais . . . . .	62
3.16	Faixa de pontuação do Nível de Serviço para estruturas pedonais . . . . .	63
3.17	Sistema de pontuação do Nível de Serviço para estruturas cicláveis . . . . .	65
3.18	Faixa de pontuação do Nível de Serviço para estruturas cicláveis . . . . .	66
4.1	Boletim de inspeção para a Rede viária urbana . . . . .	73
4.2	Boletim de inspeção para Rede pedonal . . . . .	74
4.3	Boletim de inspeção para Rede ciclável . . . . .	75
4.4	Como proceder para a análise visual das anomalias Fendilhamento e Defei- tos de superfície . . . . .	77
4.5	Como proceder para a análise visual das anomalias Covas, Rodeiras e Re- parações . . . . .	78
4.6	Como proceder para a análise visual do fator Infraestrutura disponível para peões . . . . .	79
4.7	Como proceder para a análise visual do fator Conflitos para a Rede pedonal	80
4.8	Como proceder para a análise visual do fator Elementos de conforto ao longo da via para a Rede pedonal . . . . .	80
4.9	Como proceder para a análise visual dos fatores Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo para a Rede pedonal . . . . .	81

4.10	Como proceder para a análise visual dos fatores Presença de instalações para ciclistas e Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas . . . . .	82
4.11	Como proceder para a análise visual dos fatores Nível de Serviço para veículos motorizados, Manutenção das vias e Programas específicos para melhorar o transporte ciclável . . . . .	83
4.12	Como proceder para a análise visual do fator Conflitos para a Rede ciclável	84
5.1	Covas e Defeitos de superfície no Trecho 1 . . . . .	92
5.2	Fendilhamento e Reparações no Trecho 1 . . . . .	92
5.3	Boletim de inspeção preenchido para a Rede pedonal do Trecho 1 . . . . .	96
5.4	Boletim de inspeção preenchido para a Rede ciclável do Trecho 1 . . . . .	98
5.5	Covas e Defeitos de superfície no Trecho 2 . . . . .	104
5.6	Fendilhamento e Reparações no Trecho 2 . . . . .	104
5.7	Boletim de inspeção preenchido para a Rede pedonal do Trecho 2 . . . . .	108
5.8	Boletim de inspeção preenchido para a Rede ciclável do Trecho 2 . . . . .	110
5.9	Legenda para a Rede viária urbana . . . . .	112
5.10	Legenda para os Passeios e Ciclovias . . . . .	113

# Lista de Figuras

1.1	Donos de automóvel ligeiro por 1000 habitantes, em países europeus, entre 1920 - 2005 . . . . .	2
2.1	Diagrama básico do ecossistema do ambiente urbano . . . . .	8
2.2	Constituição do pavimento flexível . . . . .	10
2.3	Constituição do pavimento rígido . . . . .	11
2.4	Constituição do pavimento semi-rígido . . . . .	12
2.5	Representação dos tipos de fendilhamento (Fadiga, Longitudinal, Transversal, Pele de crocodilo e Parabólicas) . . . . .	16
2.6	Esquema de subdivisão dos Fendilhamentos . . . . .	16
2.7	Representação dos tipos de deformações (Abatimentos, Deformações localizadas, Ondulações e Rodeiras) . . . . .	18
2.8	Representação dos tipos de deformações (Desagregação superficial, Ninhos, Peladas e Polimento dos agregados) . . . . .	19
2.9	Representação dos tipos de movimentos de materiais (Exsudação, Mancha de humidade, Subida de finos) . . . . .	20
2.10	Estratificação dos tipos de passeio . . . . .	23
2.11	Padrões de Nível de Serviço para passeios . . . . .	26
2.12	Fatores utilizados na avaliação do Nível de Serviço dos passeios . . . . .	27
2.13	Esquema da ciclofaixa . . . . .	34
2.14	Esquema da ciclovia . . . . .	35
2.15	Rota ciclável em North Andover, USA . . . . .	35

2.16	Estrutura geral do sistema de gestão de pavimentos da EP . . . . .	39
2.17	Descrição do ciclo de atuação do Sistema de Gestão de Pavimentos . . . . .	40
2.18	Representação resumida do Sistema de Gestão Rodoviária . . . . .	41
2.19	Diagramas do Sistema de Gestão Rodoviário . . . . .	42
3.1	Distribuição do Índice de Qualidade devido ao cálculo das Rodeiras com recolha visual de dados . . . . .	58
3.2	Distribuição do Índice de Qualidade devido ao cálculo das Rodeiras com recolha mecânica de dados . . . . .	58
4.1	Aplicação computacional: Rede viária urbana . . . . .	68
4.2	Aplicação computacional: Rede pedonal . . . . .	70
4.3	Aplicação computacional: Rede ciclável . . . . .	71
5.1	Esquema para a estratificação da Rede viária urbana . . . . .	86
5.2	Esquema para a Estratificação da Rede pedonal . . . . .	86
5.3	Esquema para a Estratificação da Rede ciclável . . . . .	87
5.4	Vista superior do Trecho 1 . . . . .	88
5.5	Divisão entre os Subtrechos do Trecho 1 . . . . .	89
5.6	Traçado do Trecho 1: SubTrecho 2 . . . . .	89
5.7	Perfil Transversal do Trecho 1 . . . . .	90
5.8	Anomalias encontradas na Rede viária urbana do Trecho 1 - Fendilhamento, Covas, Reparações e Def. sup. . . . .	91
5.9	Saída dos dados para o Trecho 1: Total . . . . .	93
5.10	Saída dos dados para o Trecho 1: SubTrecho 1 . . . . .	93
5.11	Saída dos dados para o Trecho 1: SubTrecho 2 . . . . .	94
5.12	Fotografias do estado das Redes pedonal e ciclável do Trecho 1 . . . . .	95
5.13	Saída dos dados para a Rede pedonal do Trecho 1 . . . . .	97
5.14	Saída dos dados para a Rede ciclável do Trecho 1 . . . . .	99
5.15	Vista superior do Trecho 2 . . . . .	100



5.16	Divisão entre os SubTrechos do Trecho 2 . . . . .	101
5.17	Traçado do Trecho 2: SubTrecho 2 . . . . .	101
5.18	Perfil Transversal do Trecho 2 . . . . .	102
5.19	Anomalias encontradas na Rede viária urbana do Trecho 2 - Fendilhamento, Covas e Reparações . . . . .	103
5.20	Saída dos dados para o Trecho 2: Total . . . . .	105
5.21	Saída dos dados para o Trecho 2: SubTrecho 1 . . . . .	105
5.22	Saída dos dados para o Trecho 2: SubTrecho 2 . . . . .	106
5.23	Fotografias do estado das Redes pedonal e ciclável do Trecho 2 . . . . .	107
5.24	Saída dos dados na Rede pedonal do Trecho 2 . . . . .	109
5.25	Saída dos dados na Rede ciclável do Trecho 2 . . . . .	111
5.26	Avaliação da qualidade relativa aos Trechos 1 e 2 da Rede viária urbana . .	112
5.27	Avaliação da qualidade relativa aos Subtrechos dos Trechos 1 e 2 da Rede viária urbana . . . . .	113
5.28	Avaliação da qualidade relativa aos Trechos 1 e 2 da Rede pedonal . . . . .	114
5.29	Avaliação da qualidade relativa aos Trechos 1 e 2 da Rede ciclável . . . . .	114



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Enquadramento

A partir do momento em que as sociedades começaram a trocar a zona rural para viver em conjuntos urbanos observou-se o rápido progresso de meios de locomoção que pudessem chegar mais rápido, o mais longe possível. Portanto, a evolução de tecnologias de mobilidade implicou o desenvolvimento de redes de infraestruturas que possuam qualidade suficiente para manter funcionais os fluxos de pessoas e bens.

Assim, é a partir do século XX, no contexto europeu, que se verifica um crescimento exponencial da utilização de meios de deslocamento individuais, como o automóvel ligeiro (Figura 1.1), que mudam completamente a forma como o sistema urbano deve ser pensado. Deve-se considerar não apenas como cada alternativa de transporte vai atuar, mas pensar em como todos os deslocamentos possíveis podem ser realizados e como eles irão interagir entre si de forma harmônica.

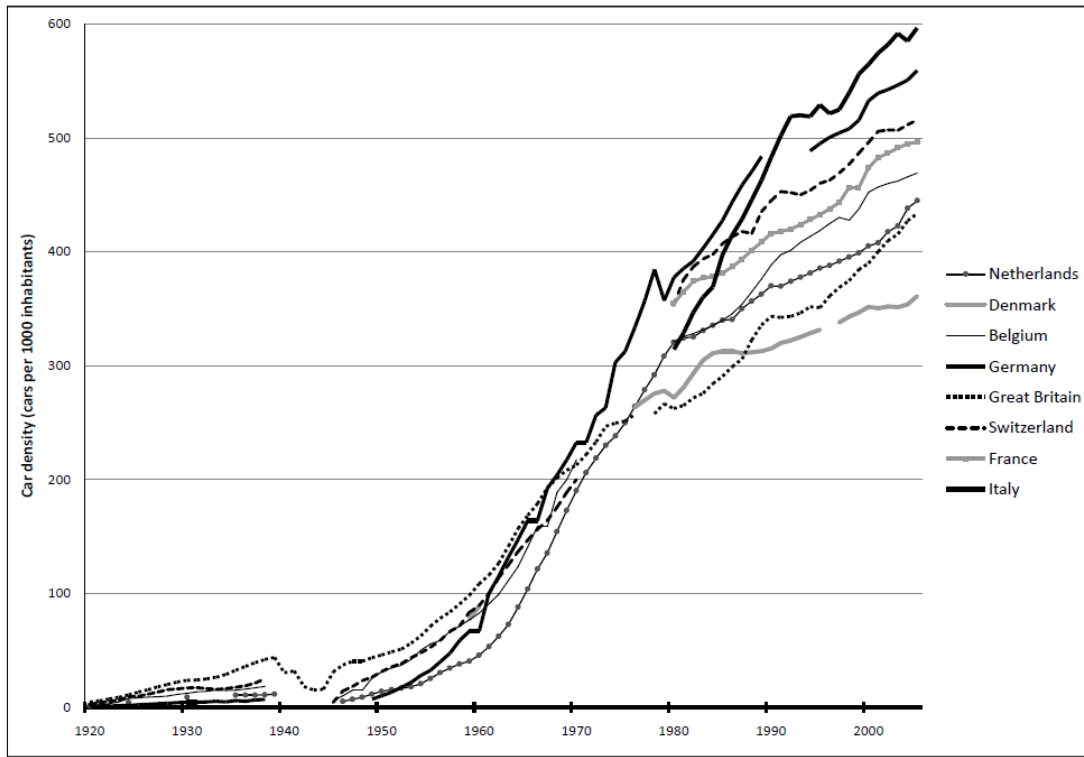


Figura 1.1: Donos de automóvel ligeiro por 1000 habitantes entre 1920 - 2005 (Oldenziel e Bruhèze, 2011)

Desta forma, constatou-se uma transformação das cidades em grandes espaços que promoviam o automóvel como meio prioritário de locomoção, porém, ao longo das décadas, esta premissa modificou-se, com o contínuo aumento da relevância dos deslocamentos feitos a pé ou em bicicleta. Inclusive, temos no pensamento de arquitetos como Jan Gehl (Gehl, 2010) a priorização destes tipos de deslocamento, pois são eles que fazem com que a cidade tenha "vida", já que proporcionam aos utentes maior contato com o espaço urbano em que estão inseridos.

Tendo como enfoque a importância das infraestruturas urbanas de mobilidade no cotidiano de uma cidade, afirma-se que tão importante quanto sua concepção e planejamento, é a sua manutenção. Para além disso, durante a vida útil das construções, percebem-se as diferenças entre o que foi projetado e o que realmente foi construído, ou mesmo, considerações que não foram feitas na concepção do empreendimento mas que agora causam

impactos diretos na estrutura.

Sendo assim, fica evidente a necessidade da avaliação de qualidade e estado de conservação dessas infraestruturas de mobilidade, pois a partir da sua avaliação, a qual pode ser organizada em vários níveis, tomam-se decisões para preservar ou aumentar a sua vida útil e até a sua adequabilidade às exigências que se vão renovando no tempo. Portanto, é de interesse da sociedade como um todo que sejam estudadas situações que possam melhorar a forma como essas análises são feitas e seus resultados trabalhados.

Por sua vez, este trabalho visa contribuir com a evolução dos estudos sobre avaliações de infraestruturas de mobilidade em ambientes urbanos através da automatização parcial dos processos de avaliação visual, como nível mais simples e barato de avaliação destas estruturas.

## **1.2 Objetivos e Justificativa**

Escolheu-se o tema estudado nestas páginas devido à constante necessidade de avaliação de qualidade e estado de conservação que as infraestruturas de transporte apresentam, sendo necessário o acompanhamento do seu desenvolvimento e da sua manutenção para extensão da sua vida útil. Assim, com o uso da aplicação computacional desenvolvida, o processo de avaliação da qualidade das infraestruturas de mobilidade abordadas fica agilizado, permitindo o aperfeiçoamento do método de coleta de dados.

### **1.2.1 Objetivo geral**

Desenvolver um procedimento de apoio à observação visual de degradações de infraestruturas urbanas de transporte e a correspondente obtenção de um índice de qualidade global das vias/trechos, bem como o desenvolvimento de uma aplicação que possibilite a organização, o registo e o cálculo de um índice de qualidade, associados a essa observação visual e, por conseguinte, auxiliar os gestores em suas tomadas de decisão, de acordo com o manual e o guião desenvolvidos.

## 1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar patologias relacionadas com a mobilidade em meio urbano.
- Dividir as patologias encontradas em grupos que possuam o mesmo nível de impacto.
- Definir valores de ponderação para os diferentes níveis de impacto.
- Adotar sistemas que demonstrem a qualidade das infraestruturas abordadas.
- Criar, através de programação, uma aplicação computacional que agilize o processo de avaliação das infraestruturas de mobilidade.

## 1.3 Metodologia

Em uma primeira fase, fez-se um levantamento bibliográfico sobre o assunto, procurando entender melhor as características, patologias mais comuns e quais são as estratégias de manutenção do elemento infraestrutura de mobilidade, bem como o papel que a sua avaliação do estado de conservação desempenha quando relacionado aos sistemas de gestão. Assim, pretende-se que este estudo habilite maior eficiência dos sistemas gestores a partir do desenvolvimento dos métodos avaliativos abordados. No caso desta dissertação, o desenvolvimento destes métodos de avaliação realizou-se a partir da implementação de programação em três modelos avaliativos diferentes, cada um se relacionando com um tipo de infraestrutura de mobilidade único. Portanto, optou-se pelo estudo das seguintes infraestruturas de transporte: Rede viária urbana, Rede pedonal e Rede ciclável.

Em uma segunda fase, realizou-se uma avaliação em campo de um Trecho de rede rodoviária urbana, na cidade de Bragança, para averiguar se a programação retornava valores condizentes com a realidade das infraestruturas a se avaliar, aferindo acerca da utilidade e fiabilidade do método desenvolvido.

## 1.4 Organização do documento

Além deste primeiro capítulo introdutório, observam-se mais 5 capítulos que compõem o trabalho, de forma a dispor as informações adquiridas durante seu desenvolvimento da melhor forma possível, para o respectivo entendimento do leitor.

O segundo capítulo apresenta o Enquadramento teórico, onde observa-se as bases para a criação e desenvolvimento do trabalho em questão. Criou-se o ponto infraestruturas de mobilidade para explicitar o que realmente seria uma infraestrutura de mobilidade. A partir deste primeiro ponto, descreveram-se os tipos de pavimentos existentes e as patologias encontradas nos pavimentos flexíveis, após isso se retrataram os métodos estudados para os peões e as bicicletas. Fechando o capítulo, descreveu-se, resumidamente, o que seria a gestão rodoviária, com enfoque na avaliação da qualidade das infraestruturas de mobilidade.

No terceiro capítulo, expõe-se a Avaliação da qualidade das Infraestruturas, apresentando o manual de auscultação e as metodologias e critérios de avaliação, já que o primeiro demonstra as definições das patologias, dos critérios e dos fatores abordados. O segundo, pormenoriza os métodos escolhidos e explicita ponderações e pontuações adotadas. Assim, este capítulo serve para apresentar os métodos utilizados e as patologias abordadas, e defini-los, de forma a ficar claro como todo o processo se deu.

No quarto capítulo, Trabalho proposto, apresenta-se a interface da aplicação computacional e um "Manual" para demonstrar com que parâmetros foram realizados os estudos de campo, representados pelos boletins de inspeção e os guiões de inspeção.

No quinto capítulo, Estudo de caso, retrataram-se todas as informações dos Trechos estudados, os equipamentos utilizados, os projetos obtidos com apoio da Câmara Municipal de Bragança (CMB) e a inserção dos dados obtidos na aplicação computacional, para obtenção do nível de qualidade dos trechos auscultados.

O sexto e último capítulo, Conclusões, teve como objetivo encerrar o trabalho de maneira a deixar claro os resultados obtidos e deixando espaço para futuros estudos na área.

# Capítulo 2

## Enquadramento teórico

Esta seção tem como objetivo estruturar a linha de pensamento do trabalho através do estudo dos conceitos de mobilidade e das suas infraestruturas. Sendo assim, através de uma revisão bibliográfica, reuniram-se os tópicos essenciais para o entendimento geral do quadro teórico relacionado ao tema do estudo.

### 2.1 Infraestruturas de mobilidade

"... a infraestrutura urbana constitui o conjunto de sistemas técnicos de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, como os subsistemas viários, de água, de drenagem pluvial..."(Christmann e Librelotto, 2014). Sendo assim, pode-se perceber que as infraestruturas de mobilidade são parte da infraestrutura urbana, onde várias infraestruturas diferentes devem executar seus papéis de forma a manter o ecossistema, como um todo, funcionando de maneira a manter a estabilidade entre os vários modais integrantes do mesmo.

Baseado nos subitens 2.1.1, 2.1.2 e 2.1.3, afirma-se que as infraestruturas de mobilidade são um conjunto de sistemas, dentro do contexto urbano, que permitem que o deslocamento entre regiões seja realizado da forma mais adequada possível. Portanto, destaca-se a importância da contínua avaliação da sua qualidade para que a rede de infraestruturas urbanas continue coexistindo harmonicamente.



### **2.1.1 Mobilidade urbana**

A palavra mobilidade se refere à capacidade de se movimentar (Lello, 2020), o que retrata a real possibilidade de haver deslocamento entre um ponto inicial e um ponto de destino. Correlacionando esse significado com as várias alternativas possíveis de fazer esse deslocamento (automóvel, a pé, bicicleta,...) têm-se uma rede de tráfego operando.

Nesse contexto, é a partir da necessidade da operação dessa rede de tráfego que existe a criação e manutenção das infraestruturas de mobilidade. Portanto, fica clara a interdependência entre a mobilidade e as suas infraestruturas, pois sem a necessidade de se movimentar, não existe a necessidade da criação de ruas, avenidas, passeios... e sem a existência de infraestruturas de mobilidade, não existe a possibilidade de deslocamentos entre regiões.

Dessa forma, (Christmann e Librelotto, 2014) definem mobilidade urbana como "... o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visa proporcionar o acesso amplo e democrático dos cidadãos ao espaço urbano."

### **2.1.2 Acessibilidade**

Enquanto a mobilidade se refere à capacidade de se movimentar, a acessibilidade se refere à capacidade de que este movimento ocorra de forma adequada (Lello, 2020), pois é possível que uma pessoa queira realizar um deslocamento de um ponto inicial a um ponto final, porém é impedida de praticar esta ação devido a fatores externos que impedem a execução do movimento.

Por exemplo, podemos ter um utente com mobilidade condicionada que necessita se locomover por cadeira de rodas de um lado ao outro da via, porém devido ao desnível entre o passeio e o pavimento ele não consegue realizar o movimento da forma ideal. Desta forma, fica claro o papel da acessibilidade em permitir que as infraestruturas de mobilidade existentes estejam em uso e possam ser utilizadas quando necessárias.

### 2.1.3 Ambiente urbano

"O ambiente urbano engloba componentes naturais, construídas, econômicas e sociais, podendo ser abordado segundo pontos de vista muito diversos"(Andrade, 2005) é a partir desta frase e da frase "O conceito de ambiente urbano é ainda um conceito claramente em construção."(Cruz, 2005) que é possível observar a dificuldade em definir com clareza o que é o ambiente urbano como um todo.

Sendo assim, a visão mais promissora parece ser a adotada por (Newman, 1998-1999), onde afirma que a cidade deve ser vista como um ecossistema, se queremos resolver os problemas relacionados ao seu ambiente.

Nesse contexto, e levando em consideração ecossistema como "O conjunto das relações de interdependência,..., que os seres vivos estabelecem entre si e também com o meio ambiente em que habitam"(Lello, 2020), temos que o ambiente urbano agregaria toda a região da cidade onde é possível ter relações entre seres vivos e entre seres vivos e o local onde se encontram. Portanto, observa-se uma relação completamente interdependente entre os utentes e o ambiente urbano, como pode-se observar no diagrama representado pela Figura 2.1.



Figura 2.1: Diagrama básico do ecossistema do ambiente urbano. Adaptado de (Newman, 1998-1999)

## 2.2 Rede viária urbana

### 2.2.1 Tipologia dos pavimentos

O pavimento como um todo pode ser definido por "parte da estrada, rua ou pista, que suporta diretamente o tráfego e transmite as respectivas solicitações à infraestrutura: terreno, obras de arte, etc. Pode ser constituído por uma ou mais camadas tendo, no caso geral, uma camada de desgaste e camadas de fundação. Cada uma destas camadas podem ser compostas e constituídas por camadas elementares"(Costa Veiga, 2013).

Outra definição possível é "Os pavimentos rodoviários são constituídos por um conjunto de camadas horizontais, colocadas sobre uma fundação, que têm como função principal suportar as acções induzidas pelos veículos, redistribuindo as tensões transmitidas à fundação, proporcionando uma superfície segura e confortável para a circulação dos veículos"(Petróleos, 2014).

Nesse contexto, pode-se partir para a tipificação dos pavimentos rodoviários. Onde pode-se identificar três principais tipos: os pavimentos flexíveis, os pavimentos rígidos e os pavimentos semi-rígidos.

#### 2.2.1.1 Pavimentos flexíveis

Os pavimentos flexíveis representam os pavimentos predominantes na rede nacional de estradas na maioria dos países europeus, Portugal incluso, com camadas superiores constituídas por materiais betuminosos e maiores deformabilidades. Assim, a constituição das camadas deste tipo de pavimento são representadas a seguir por (Brás, 2012) e na Figura 2.2 por (Costa Minhoto, 2005):

1. Misturas betuminosas nas camadas superiores, ou seja, materiais estabilizados com ligantes hidrocarbonados, geralmente betume asfáltico.
2. Materiais granulares em uma ou duas camadas.

As camadas betuminosas podem ser ainda divididas em:

1. Camada de desgaste: Camada diretamente em contato com os rodados dos veículos, recebe as cargas por eles induzidas, distribuindo-as pelas camadas subjacentes.
2. Camada de regularização: Camada responsável pelo nivelamento da espessura do pavimento, recebe e degrada as cargas provenientes da camada de desgaste.
3. Camada de base: Camada responsável, essencialmente, por degradar os esforços induzidos pelo tráfego para as camadas inferiores (sub-base e fundação).

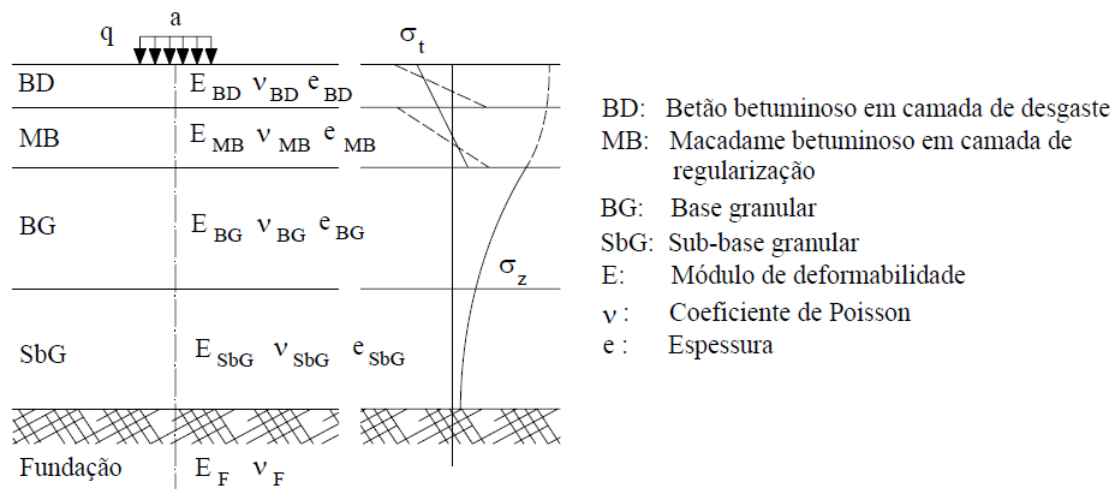


Figura 2.2: Constituição do pavimento flexível (Costa Minhoto, 2005)

### 2.2.1.2 Pavimentos rígidos

Os pavimentos rígidos podem ser assim definidos como "os pavimentos que podem ser construídos com betão simples, armado, protendido, com adição de fibras, com betão rolado ou com betão de alta resistência. Podem ser apoiados sobre o solo, sobre a sub-base, ou sobre pavimentos antigos, de betão ou de asfalto" (Oliveira, 2000) ou, em outras palavras, pavimentos com camadas superiores constituídas de materiais estabilizados com ligantes hidráulicos e menores deformabilidades (Costa Minhoto, 2005). Assim, a constituição das camadas deste tipo de pavimento são representadas a seguir por (Oliveira Maganinho, 2013) e na Figura 2.3 por (Oliveira, 2000):

1. Camada de betão de cimento: Camada constituída por materiais granulares estabilizados com ligantes hidráulicos, formando uma laje de betão de cimento, com uma superfície regular compactada por vibração. Apresenta espessura entre os 20 e os 25 centímetros.
2. Camada de sub-base: Camada reguladora constituída por material granular ou por material granular estabilizado com ligante hidráulico (betão pobre). Apresenta espessura entre os 15 e os 20 centímetros.

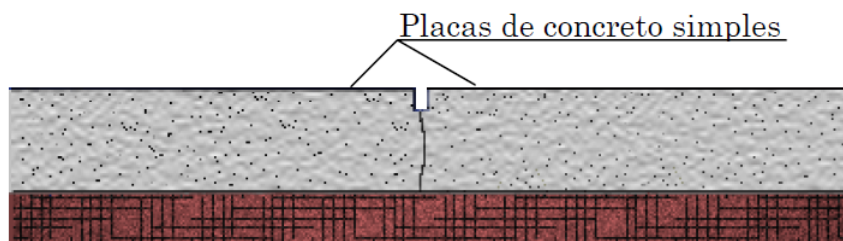


Figura 2.3: Constituição do pavimento rígido (Oliveira, 2000)

### 2.2.1.3 Pavimentos semi-rígidos

Os pavimentos semi-rígidos representam os pavimentos com camadas superiores constituídas por materiais betuminosos e as camadas abaixo, normalmente, constituídas por materiais hidráulicos (Costa Minhoto, 2005). "Neste tipo de pavimento a camada de base é responsável por absorver os esforços induzidos pela passagem dos veículos, reduzindo significativamente os esforços transmitidos à fundação" (Gregorio, 2016). Assim, a constituição das camadas deste tipo de pavimento são representadas a seguir por (Oliveira Maganinho, 2013) e na Figura 2.4 por (Gregorio, 2016):

1. Camada de desgaste: Camada constituída por material betuminoso com presença de agregado, podendo apresentar betumes modificados com a utilização de polímeros, beneficiando assim as características de adesão e de resistência global do pavimento. Apresenta espessura entre os 4 e os 6 centímetros.

2. Camada de regularização: Constituída por misturas betuminosas à semelhança da camada de desgaste mas com materiais mais pobres a nível de betume e agregados (macadame betuminoso). Apresenta espessura entre os 5 e os 12 centímetros.
3. Camada de base: Constituída por material granular de granulometria extensa, estabilizado mecanicamente com ligante hidráulico. Apresenta espessura entre os 15 e os 30 centímetros.
4. Camada de sub-base: Constituída por material granular do tipo tout-venant ou com recomposição em central. Apresenta espessura próxima dos 15 centímetros.

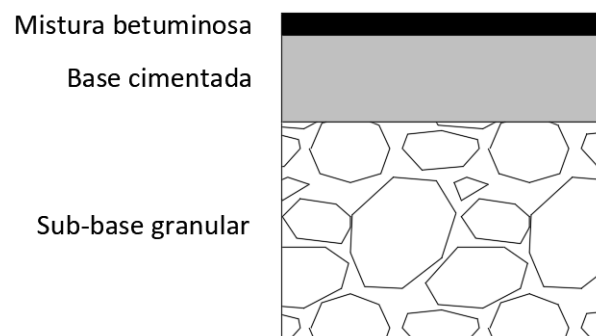


Figura 2.4: Constituição do pavimento semi-rígido. Adaptado de (Gregorio, 2016)

### 2.2.2 Patologias em pavimentos flexíveis

Patologias, quando relacionadas aos pavimentos flexíveis, retratam a degradação advinda do uso da via e das condições climáticas variantes ao longo dos anos. Sendo assim, existem dois tipos de fatores que impactam diretamente a degradação dos pavimentos: Passivos e Ativos.

Enquanto os passivos se referem a como foi construído o pavimento (as espessuras das camadas de solo, os materiais utilizados e qualidade na aplicação do projeto), os ativos se referem as condições de tráfego e da variante climática na região. Sendo os ativos os maiores responsáveis no que diz respeito ao impacto na qualidade do pavimento (Francisco, 2012).

Portanto, é a partir daqui que observam-se as ramificações encontradas nas classificações das degradações dos pavimentos flexíveis. Como observa-se nos estudos de (Oliveira Maganinho, 2013), (Maia, 2012) e (Francisco, 2012), as divisões primárias das degradações são determinadas por Deformações, Fendilhamento, Degradação da camada de desgaste e Movimento dos materiais, existindo algumas diferenças nas divisões secundárias.

Vale salientar que no estudo de (Oliveira Maganinho, 2013) diz-se "É importante referir que as reparações podem ser também consideradas degradações, isto porque mesmo quando estas se encontram corretamente elaboradas criam descontinuidades, tornando os locais onde se encontram susceptíveis ao surgimento de novas degradações", porém não foram referidas descrições para degradações da família Reparções no enquadramento teórico do respectivo trabalho.

Logo, seguem nas Tabelas 2.1, 2.2 e 2.3 a disposição das degradações e suas respectivas ramificações na visão de três autores.

Degradações	Ramificações
Deformações	Abatimento
	Deformações localizadas
	Ondulação
	Rodeiras
Fendilhamento	Fendas
	Pele de crocodilo
Desagregação da camada de desgaste	Desagregação superficial
	Cabeça de gato
	Pelada
	Ninhos (covas)
Movimento de materiais	Exsudação
	Subida de finos

Tabela 2.1: Esquema de degradações. Adaptado de (Francisco, 2012).

Degradações	Ramificações
Fendilhamento	Fadiga
	Longitudinal
	Transversal
	Parabólicas
	Pele de crocodilo
Deformações	Localizadas
	Ondulações
	Rodeiras
	Abatimentos
Desagregação da camada de desgaste	Peladas
	Covas (ninhos)
	Cabeças de gato
	Desagregação
Movimentos dos materiais	Exsudação
	Subida de finos

Tabela 2.2: Esquema de degradações. Adaptado de (Oliveira Maganinho, 2013).

Degradações	Ramificações
Deformações	Rodeiras
	Abatimentos
	Ondulações
	Deformações localizadas e "Pegadas"
Fendilhamento	Fendas isoladas
	Fendas parabólicas
	Pele de crocodilo
Degradação da camada de desgaste	Inertes Polidos
	Desagregações superficiais
	Peladas
	Ninhos (covas)
Movimentos de materiais	Exsudação
	Mancha de humidade
	Subida de finos

Tabela 2.3: Esquema de degradações. Adaptado de (Maia, 2012).

Nesse contexto, observa-se na Tabela 2.4, Catálogo de degradações dos pavimentos rodoviários (Vol. 1: Projecto de reabilitação) (EP, 2008), uma classificação diferente das anteriores, com a adição do termo Reparações, que inclui as ramificações de Tapagem de covas e Remendos. Sendo assim, as características da Tabela 2.4 são consideradas nas degradações deste estudo, pois, como se descreve nos próximos capítulos, faz-se necessário



a consideração das Reparações para a utilização do Índice de Qualidade (IQ).

Degradações	Ramificações
Fendilhamento	Fendas longitudinais
	Fendas transversais
	Fendilhamento tipo pele de crocodilo
Deformações	Deformações localizadas
	Rodeiras
Defeitos de superfície	Desagregações superficiais
	Polimento dos agregados
	Ninhos
	Peladas
Movimento de materiais	Exsudação de betume
	Subida de finos
Reparações	Tapagem de covas
	Remendos

Tabela 2.4: Esquema de degradações. Adaptado de (EP, 2008)

### 2.2.2.1 Fendilhamento

A família do fendilhamento pode estender-se em até 5 pontos, de acordo com a Tabela 2.2, onde se tem os pontos Fadiga, Longitudinal, Transversal, Parabólicas e Pele de crocodilo. Estes pontos, retratados por (Oliveira Maganinho, 2013), classificam-se da seguinte forma:

1. Fadiga: Fendas irregulares localizadas na zona de passagem dos rodados dos veículos.
2. Longitudinal: Fendas paralelas ao eixo da estrada, geralmente ao longo da zona de passagem dos veículos e/ou junto ao eixo e bermas.
3. Transversal: Fendas praticamente perpendiculares ao eixo da estrada, podendo abranger toda a largura da faixa de rodagem.
4. Pele de crocodilo: Fendas que formam uma malha de dimensão variável, localizadas inicialmente na zona de passagem dos rodados dos veículos.
5. Parabólicas: Fendas com um aspecto de meia lua, localizadas normalmente na zona de passagem dos rodados dos veículos.

Assim, demonstra-se na Figura 2.5 as anomalias da família fendilhamento.



Figura 2.5: Representação dos tipos de fendilhamento (Fadiga, Longitudinal, Transversal, Pele de crocodilo e Parabólicas, em sentido horário) (Oliveira Maganinho, 2013)

No entanto, alguns autores preferem dividir os fendilhamentos em menos pontos, porém com mais subdivisões dentro das primeiras ramificações anteriormente definidas. Como na Figura 2.6:

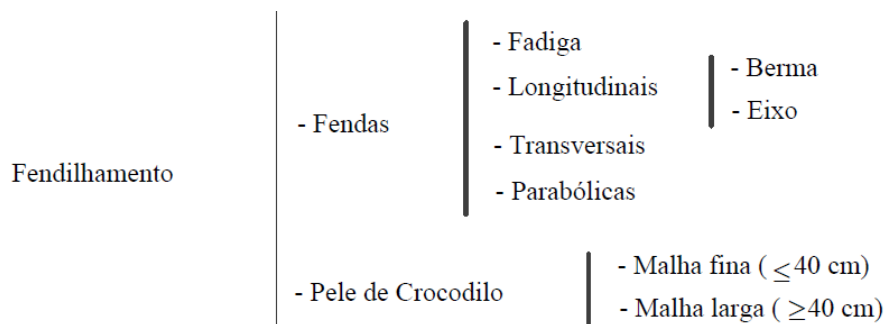


Figura 2.6: Esquema de subdivisão dos Fendilhamentos (Francisco, 2012)

Nesse contexto, as definições para a família de fendilhamento para este estudo foram retiradas do Catálogo de degradações dos pavimentos rodoviários (Vol. 1: Projecto de reabilitação) (EP, 2008), que é seccionado da seguinte forma:

1. Fendas longitudinais: Fendas paralelas ao eixo da estrada, localizadas, geralmente, ao longo da zona de passagem dos rodados dos veículos e por vezes junto ao eixo.

2. Fendas transversais: Fendas sensivelmente perpendiculares ao eixo da estrada, isoladas ou com um espaçamento variável, abrangendo parte ou toda a largura da faixa de rodagem.
3. Fendilhamento tipo pele de crocodilo: Fendas que formam entre si, uma malha de dimensão variável, localizadas inicialmente na zona de passagem dos rodados dos veículos abrangendo progressivamente toda a largura da via de tráfego.

#### **2.2.2.2 Deformações**

A família das deformações divide-se em até 4 tipos, de acordo com as Tabelas 2.1, 2.2 e 2.3, e a Figura, onde se tem os pontos Abatimentos, Deformações localizadas, Ondulação e Rodeiras. Estes pontos, retratados por (Oliveira Maganinho, 2013), definem-se assim:

1. Abatimentos:

Rebaixamento localizado cuja a altura é mais baixa do que a superfície em redor.

2. Deformações localizadas:

Alteração do nível do pavimento, formando depressões ou alteamentos.

Pode surgir de forma isolada em diferentes pontos do pavimento.

3. Ondulações:

Deformação transversal que se repete com determinada frequência ao longo do pavimento.

4. Rodeiras:

Deformações transversais localizadas ao longo da zona de passagem dos rodados dos veículos, podendo apresentar grande raio (contribuição das camadas inferiores) ou pequeno raio (contribuição das camadas superiores).

Assim, demonstra-se na Figura 2.7 as anomalias da família deformações.



Figura 2.7: Representação dos tipos de deformações (Abatimentos, Deformações localizadas, Ondulações e Rodeiras, em sentido horário) (Oliveira Maganinho, 2013)

Para o Catálogo de degradações de pavimentos rodoviários (Vol. 1: Projecto de reabilitação) (EP, 2008), tem-se a seguinte divisão:

1. Rodeiras: Deformação transversal localizada ao longo da zona de passagem dos rodados dos veículos pesados.
2. Deformação localizadas: Alterações de nível do pavimento, formando depressões ou alteamentos, podendo surgir isoladamente em diferentes pontos do pavimento.

### **2.2.2.3 Degradação da camada de desgaste ou Defeitos de superfície**

A família das degradações da camada de desgaste divide-se em 4 tipos, de acordo com as Tabelas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4, onde se tem os pontos Desagregações superficiais, Ninhos (Covas), Peladas e Polimento dos agregados (Inertes Polidos ou Cabeças de gato). Estes pontos, retratados por (Oliveira Maganinho, 2013), definem-se a seguir:

1. Desagregação superficial: Arranque de uma fração de agregado, normalmente o de maior dimensão, no entanto, pode ocorrer perda do mástique (finos, filer e ligante betuminoso).

2. Ninhos ou Covas: Cavidades de forma arredondada presentes na camada superior podendo atingir as camadas inferiores.
3. Peladas: Desprendimento em forma de placa da camada de desgaste em relação à camada inferior.
4. Polimento dos agregados ou Inertes Polidos ou Cabeças de gato: Perda dos componentes mais finos da mistura, ficando os agregados com maior dimensão mais salientes.

Assim, demonstra-se na Figura 2.8 as anomalias da família degradação da camada de desgaste.



Figura 2.8: Representação dos tipos de deformações (Desagregação superficial, Ninhos, Peladas e Polimento dos agregados, em sentido horário) (Oliveira Maganinho, 2013)

#### **2.2.2.4 Movimentos de materiais**

A família dos movimentos de materiais divide-se em até 3 partes, de acordo com a Tabela 2.3, onde se tem os pontos Exsudação, Mancha de humidade e Subida de finos. Estes pontos, retratados por (Maia, 2012), representam-se assim:

1. Exsudação: Esta patologia é resultante da migração do ligante excessivo presente na mistura betuminosa para a camada de desgaste, nomeadamente na zona de passagem

dos rodados dos veículos, resultando um aspecto negro e brilhante.

2. Mancha de humidade: Manifesta-se pelo aparecimento de zonas húmidas na camada de desgaste.
3. Subida de finos: Devido à presença de finos provenientes das camadas granulares e do solo de fundação esta patologia apresenta manchas de cor esbranquiçada. Os finos evoluem das fendas para toda a superfície da camada de desgaste.

Assim, demonstra-se na Figura 2.9 as anomalias da família movimentos de materiais.



Figura 2.9: Representação dos tipos de movimentos de materiais (Exsudação, Mancha de humidade, Subida de finos, em sentido horário) (Maia, 2012)

Para o Catálogo de degradações de pavimentos rodoviários (Vol. 1: Projecto de reabilitação) (EP, 2008), tem-se a seguinte divisão:

1. Exsudação de betume: Subida à superfície do ligante betuminoso na camada de desgaste, em particular na zona de passagem dos rodados dos veículos, conferindo-lhe um aspecto negro e brilhante.
2. Subida de finos: Manchas de cor esbranquiçada devido à presença de finos, provenientes das camadas granulares e do solo de fundação, inicialmente junto de fendas, evoluindo para toda a superfície da camada de desgaste.

#### **2.2.2.5 Reparções**

Como observa-se no início do ponto 2.2.2, as tabelas dos autores pesquisados não consideram o estudo das Reparções em seus enquadramentos teóricos.

Portanto, como citado por (Curado, 2019) "As reparações não são consideradas diretamente como uma família de degradações que atuam sobre os pavimentos flexíveis, porém a sua existência na via, significa que em parte do pavimento já houve um desgaste em relação às demais, resultando assim na diminuição da capacidade estrutural da via neste local". Assim, explicita-se a não inclusão das Reparções nas famílias de degradações.

Ainda assim, para o Catálogo de degradações de pavimentos rodoviários (Vol. 1: Projecto de reabilitação) (EP, 2008) existe o enquadramento das Reparções junto às famílias de degradações. Dessa forma, dividiu-se assim:

1. Tapagem de covas: Reparções de pequenas dimensões e de forma irregular, destinadas a tratar os defeitos de superfície existentes em zonas localizadas.
2. Remendos: Reparções de forma rectangular e regular, abrangendo a zona de passagem dos veículos ou toda a via.

## **2.3 Rede pedonal**

### **2.3.1 Elementos das estruturas pedonais**

"Uma rede de percursos pedonais deve assegurar ao peão o direito de transitar no espaço público, de uma forma cômoda e segura, tendo em conta as características e as necessidades inerentes à circulação pedonal, em geral, e aos peões com mobilidade condicionada em particular"(Landim, 2014).

Assim, para a implementação de uma Rede pedonal funcional e coesa, faz-se necessário que alguns elementos interajam entre si de forma harmônica. Sendo estes elementos de acordo com (Landim, 2014):

- Passeios pedonais;
- Travessias pedonais;
- Zonas de interface modal;

- Estacionamento reservado a pessoas com mobilidade condicionada;
- Escadas;
- Sinalização;
- Mobiliário urbano.

Vale salientar que o presente trabalho foca nos passeios pedonais, porém faz-se necessário a apresentação dos outros elementos para que perceba-se a concepção de uma Rede pedonal em seu nível mais simples.

### **2.3.2 Tipologia dos passeios**

Onde o passeio é um dos elementos principais para a composição da Rede pedonal, utilizam-se materiais que proporcionem uma superfície estável, durável, firme, contínua e antiderrapante, sob qualquer condição. Estes materiais são essenciais para evitar acidentes envolvendo os peões, sobretudo aos utentes que utilizam algum tipo de auxílio para caminhar (Landim, 2014).

Portanto, deve-se ter especial cuidado ao escolher o revestimento final deste tipo de pavimento, pois faz-se necessário que ele possa ser utilizado pelos peões mesmo em condições ambientais adversas. Assim, definiu-se alguns tipos de estruturas pedonais que podem ser utilizadas para o passeio na Figura 2.10.



Pavimento	Descrição
Betão moldado <i>in situ</i>	<p>Juntas Betão moldado in situ Brita Solo da fundação</p>
Lajes de betão pré-fabricado	<p>Laje pré-fabricado de betão sapata de betão solo da fundação</p>
<i>Pavê</i>	<p>Pavê Junta de areia fina Camada de areia solo da fundação</p>
Ladrilho hidráulico	<p>Ladrilho hidráulico Cimento cola junta de calda de cimento Argamassa de assentamento Cimento seco povelhado Solo da Fundação</p>

Figura 2.10: Estratificação dos tipos de passeio (Landim, 2014)

### 2.3.3 Métodos de avaliação analisados

Retiraram-se os métodos avaliativos estudados da dissertação (Oliveira Aguiar, 2003). No total, estudaram-se os seis métodos a seguir para desenvolver a parte pedonal da aplicação computacional, sendo escolhido o Método de DIXON pela maior compatibilidade com a linguagem de programação escolhida (Visual Basic).

Resumiu-se, nos próximos 6 subitens, todos os métodos abordados, para demonstrar que existem outros métodos além do escolhido, desde o Método de FRUIN até o método de FERREIRA e SANCHES.

### 2.3.3.1 Método de FRUIN

Utilizou-se do conceito de Nível de Serviço (NS) baseado em fatores quantitativos e qualitativos. Para tanto, o procedimento adotado envolve o conceito de capacidade, oriundo dos princípios básicos empregados na engenharia de tráfego (Oliveira Aguiar, 2003). Assim, observa-se na Tabela 2.5 os valores de NS para cada intervalo de Área de ocupação média por peão.

Nível de Serviço	Área de ocupação média por peão (m <sup>2</sup> /ped)
A	> 3,25
B	2,32 - 3,25
C	1,39 - 2,32
D	0,93 - 1,39
E	0,46 - 0,93
F	< 0,46

Tabela 2.5: Definição de Níveis de Serviço para passeios segundo FRUIN (Oliveira Aguiar, 2003)

### 2.3.3.2 Método de MORI e TSUKAGUCHI

Descrevem-se dois submétodos distintos (A e B) para avaliar a qualidade da infraestrutura. O primeiro deles utiliza índices de densidade de peões e largura dos passeios para estimar o Nível de Serviço (NS), sendo recomendado para passeios com tráfego de peões elevado, como áreas centrais das cidades. No segundo avalia-se o Nível de Serviço dos passeios com base no comportamento e na percepção dos peões, sendo recomendado para passeios com baixo tráfego de peões, como áreas residenciais das cidades (Oliveira Aguiar, 2003).

#### A - Avaliação com base na densidade de peões e largura do passeio

- Etapa 1: Coleta de dados - Faz-se fotografias aéreas das pessoas caminhando nos passeios. Com estes levantamentos determina-se as medidas de velocidade (V), densidade (K), fluxo (Q), grau de congestionamento e a frequência de ultrapassagens.

- Etapa 2: Relações entre velocidade, densidade e fluxo - A Equação 2.1 relaciona a velocidade dos peões pela sua densidade.

$$V = 1,48 - 0,204 \times K \quad (2.1)$$

V = Velocidade em m/s

K = Densidade em ped/m<sup>2</sup>

- Etapa 3: Análise da distribuição de chegada - Nesta etapa analisa-se a chegada das pessoas em uma determinada seção, envolvendo o número de pessoas, o fluxo médio e a fase, sendo que esta última é usada para expressar o estado de congestionamento de peões.
- Etapa 4: Análise de ultrapassagem - Para qualquer tipo de fluxo, demonstra-se teoricamente e experimentalmente que a relação entre o número de ultrapassagens (N) e o fluxo (Q), representa-se pela equação N proporcional Q<sup>2</sup>, se os veículos mais rápidos forem capazes de ultrapassar livremente os mais lentos. Assim, verifica-se que a mesma relação é válida para peões.
- Etapa 5: Avaliação final - Com base nas considerações relatadas nas etapas anteriores criou-se os dois gráficos da Figura 2.11. O primeiro representa o método para avaliação do Nível de Serviço dos passeios e o segundo é uma transformação a partir do primeiro gráfico, utilizando-se a Equação 2.1.

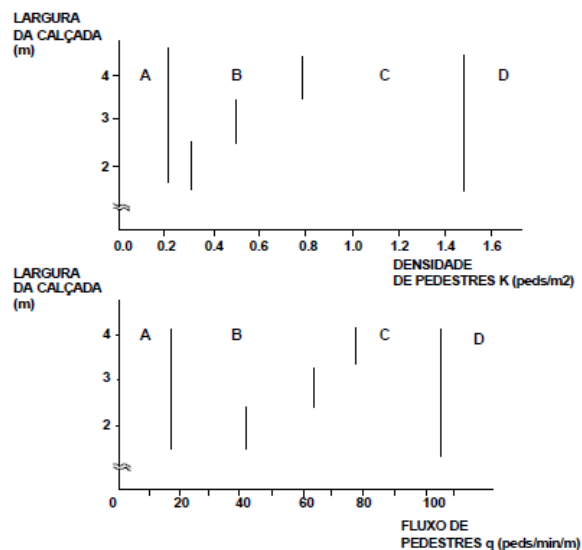


Figura 2.11: Padrões de Nível de Serviço para passeios (Oliveira Aguiar, 2003)

Os autores recomendam que o Nível A seja utilizado para áreas residenciais, o Nível B para condições gerais em áreas centrais de cidades, o Nível C para circunstâncias locais ou temporárias e o Nível D não deve ser usado em nenhum projeto.

### B - Avaliação dos passeios com base na opinião dos peões

Para a avaliação dos passeios com base na opinião dos peões desenvolveu-se um estudo cujo objetivo era relacionar a percepção dos peões a algumas das características físicas dos passeios, que possibilitassem avaliar a condição dos mesmos, sendo elas:

- Largura total da via;
- Largura total do passeio;
- Largura efetiva do passeio (subtração da largura dos obstáculos da largura total do passeio);
- Tipo de passeio (separado da rua por guia ou por defesa e/ou blocos de betão para proteção);

- Taxa de obstáculos (divisão da largura dos obstáculos pela largura total do passeio);
- Taxa de verde (porcentagem da área do passeio ocupada por árvores ou cercas vivas - ver o item coleta de dados);
- Fluxo de veículos;
- Fluxo de peões;
- Número de veículos estacionados na via.

Assim, as etapas do método são:

- Etapa 1: Coleta de dados - Coleta de informações dos passeios, incluindo tipo e largura, sendo estas fotografadas. Esta primeira etapa serviu para calibrar se os fatores realmente correspondiam ao que se esperava. Sendo assim, eliminou-se os fatores 2 e 4, pois as futuras análises seriam feitas apenas baseadas na observação da fotografia dos passeios e os fatores 6 e 7 se tornaram o mesmo, pois placas também são obstáculos. Assim, a Figura 2.12 demonstra esta primeira coleta de dados.

Fatores		5	4	3	2	1	
1) largura da calçada	Larga	----- ----- ----- ----- -----					Estreita
2) ansiedade devido ao tráfego de veículos	Muito	----- ----- ----- ----- -----					Pouco
3) volume de verde	Muito	----- ----- ----- ----- -----					Pouco
4) pressão das construções	Muito	----- ----- ----- ----- -----					Pouco
5) condições sanitárias	Boas	----- ----- ----- ----- -----					Ruins
6) placas de propaganda	Muitas	----- ----- ----- ----- -----					Poucas
7) obstáculos	Muitos	----- ----- ----- ----- -----					Poucos
8) facilidade para caminhar	Fácil	----- ----- ----- ----- -----					Difícil
9) avaliação geral da calçada	Boa	----- ----- ----- ----- -----					Ruim

Figura 2.12: Fatores utilizados na avaliação do Nível de Serviço dos passeios (Oliveira Aguiar, 2003)

- Etapa 2: Aplicação da pesquisa - Fez-se fotografias de passeios nas mais diversas condições. Assim, convidou-se pessoas moradoras do bairro escolhido como objeto de análise e estudantes da universidade.
- Etapa 3: Modelo proposto - Tratou-se os dados obtidos através de análises estatísticas (regressão linear múltipla), definindo o método representado pela Equação 2.2.

$$AV = -2,31 + 0,67 \times X_1 + 0,027 \times X_3 + 0,62 \times X_4 \quad (2.2)$$

AV - Avaliação global do passeio

$X_1$  - Largura efetiva do passeio (metros)

$X_3$  - Taxa de verde (porcentagem)

$X_4$  - Tipo de passeio (variável "dummy", igual a 1 para passeios separados da rua por guias, e 0 para passeios separados da rua por defensas ou artefatos de betão)

A avaliação global do passeio pode variar entre 5 (muito boa) e 1 (muito ruim).

### 2.3.3.3 Método de KHISTY

Desenvolveu-se a metodologia proposta por KHISTY para avaliar os elementos qualitativos dos espaços pedonais, através de observadores independentes familiarizados com a situação. Estes espaços incluem aqueles utilizados exclusivamente por peões, bem como os utilizados juntamente com outro modo de transporte. Após revisão bibliográfica, definiu-se sete medidas para o método, que são: Atratividade, Coerência do sistema, Conforto, Continuidade do sistema, Conveniência, Segurança e Seguridade (Oliveira Aguiar, 2003).

Assim, o método de KHISTY se resume nas seguintes etapas:

- Etapa 1: Escolhe-se um conjunto de medidas de desempenho com auxílio de um grupo de pessoas familiarizadas com o local que vai ser analisado.

- Etapa 2: Aplica-se o método de comparação por pares de soma constante para determinar o peso relativo de cada fator. Utiliza-se métodos estatísticos para determinar o tamanho mínimo da amostra. Determina-se a média e o desvio padrão das medidas de desempenho.
- Etapa 3: Examina-se os resultados da Etapa 2 e lista-se as medidas de desempenho por prioridade e peso.
- Etapa 4: Adota-se uma escala variando de cinco até zero (5 - maior satisfação; 0 - menor satisfação) para os seis Níveis de Serviço (A - melhor NS; F - Pior NS) através da análise do nível de satisfação expressado pelo usuário na Tabela 2.6.

Níveis de Serviço	Índice de satisfação	Pontuação
A	Acima de 85% satisfeitos	5
B	60 - 85%	4
C	45 - 60%	3
D	30 - 45%	2
E	15 - 30%	1
F	Abaixo de 15% satisfeitos	0

Tabela 2.6: Classificação do Nível de Serviço na escala de pontos de KHISTY (Oliveira Aguiar, 2003)

- Etapa 5: Escolhe-se rotas ou segmentos de rotas que vão ser avaliados e faz-se a pesquisa com pessoas que usam regularmente estes caminhos. Com base na porcentagem dos entrevistados que estão satisfeitos com as rotas ou segmentos de rotas, utiliza-se os seguintes procedimentos: (a) Atribui-se um Nível de Serviço para cada medida de desempenho; (b) Atribui-se um número de pontos para cada Nível de Serviço (A = 5 até F = 0); (c) Atribui-se um peso para cada medida de desempenho da Etapa 3; (d) Multiplica-se os pontos pelos pesos de cada medida de desempenho; (e) Soma-se o produto de cada medida de desempenho para obter o total geral.
- Etapa 6: Atribui-se um Nível de Serviço a este total geral.

#### 2.3.3.4 Método de SARKAR

Desenvolveu-se a metodologia proposta por SARKAR através de princípios de planejamento e projeto para tornar os passeios e interseções urbanas seguras para grupos de usuários considerados vulneráveis, como idosos, crianças e pessoas com dificuldades de locomoção. O método baseia-se em duas avaliações distintas (Oliveira Aguiar, 2003):

- **Macro-nível:** Utiliza-se um Nível de Serviço (NS), que varia de "A" até "F", para avaliar o projeto e as condições dos passeios e interseções, com base na qualidade da separação entre modos.

A aplicação da metodologia para a avaliação do Nível de Serviço requer o cumprimento de oito etapas, mostradas a seguir:

- Etapa 1: Pesquisa-se detalhadamente o local a ser avaliado (geometria, aspectos operacionais dos passeios e interseções).
- Etapa 2: Ordena-se as informações coletadas no local da pesquisa.
- Etapa 3: Compara-se, item por item, as condições observadas com as características dos Níveis de Serviço apontados na Tabela de Níveis de Serviço.
- Etapa 4: Identifica-se os NS, separa-se os inadequados para explicar as características do local pesquisado, eliminando os irrelevantes e mantendo os NS cujas características são mais relevantes para o local pesquisado.
- Etapa 5: Compara-se as características do local com os NS restantes.
- Etapa 6: Seleciona-se o NS que atenda a maior parte das características do local observado.
- Etapa 7: Atribui-se o NS para cada quarteirão.
- Etapa 8: Atribui-se um Nível de Serviço global para a rua, baseando-se no mais baixo Nível de Serviço recebido por algum quarteirão.

\* Deve-se repetir as etapas de 1 a 6 quarteirão por quarteirão.



- **Micro-nível:** Utiliza-se um Nível de Qualidade do Serviço (NQS), que varia de "A" até "F", para avaliar o projeto e as condições dos passeios e interseções.

Os componentes do Micro-nível que contribuem para a qualidade da segurança são entidades discretas e não podem ser combinados para formar um conjunto de Níveis de Qualidade de Serviço (NQS).

O processo metodológico para atribuir o grau do Nível de Qualidade do Serviço (NQS) de um passeio é muito similar ao do Nível de Serviço (NS) e requer o cumprimento de nove etapas, como segue:

- Etapa 1: Pesquisa-se o local (uma quadra por vez).
- Etapa 2: Ordena-se as informações coletadas no local da pesquisa.
- Etapa 3: Compara-se, item por item, as condições observadas com as características dos Níveis de Serviço apontados nas Tabelas de Níveis de Qualidade do Serviço.
- Etapa 4: Identifica-se os NQS, separa-se e elimina-se os inadequados para explicar as características do local pesquisado, mantendo os NQS cujas características são mais relevantes para o local pesquisado.
- Etapa 5: Compara-se as características do local com os NQS restantes.
- Etapa 6: Seleciona-se o NQS que atenda a maior parte das características do local observado.
- Etapa 7: Atribui-se o NQS para cada quarteirão.
- Etapa 8: Atribui-se um Nível de Qualidade do Serviço global para a rua, tendo como base o mais baixo NQS recebido por algum quarteirão.
- Etapa 9: Atribui-se o NQS, de acordo com os atributos das Tabelas de Níveis de Qualidade do Serviço, para cada quadra e determina-se o NQS final da rua toda.

### **2.3.3.5 Método de DIXON**

Nessa metodologia definiu-se diversas medidas de desempenho para avaliar o Nível de Serviço de espaços para peões em corredores viários. Propõe-se uma escala de pontos que resulta em um sistema de classe de Níveis de Serviço de A a F (A - Melhor NS; F - Pior NS). Porém, como optou-se por este método para a aplicação computacional, a descrição dele está melhor apresentada nos capítulos posteriores (Oliveira Aguiar, 2003).

### **2.3.3.6 Método de FERREIRA e SANCHES**

Nesta metodologia avaliou-se a qualidade dos espaços para peões na cidade de São Carlos - São Paulo (Brasil), considerou-se aspectos ambientais que determinam a percepção da qualidade atribuída pelos peões a estes espaços e caracterizam o Nível de Serviço dos passeios. Incorporou-se tais aspectos através de alguns Indicadores de Qualidade (IQ) considerados mais relevantes, os quais foram: Atratividade Visual, Conforto, Continuidade, Segurança e Seguridade, ponderados pela importância relativa de cada um deles, de acordo com o ponto de vista dos utentes (Oliveira Aguiar, 2003).

Assim, desenvolveu-se esta metodologia em três etapas:

- Etapa 1: Fez-se uma avaliação técnica dos passeios com base nos IQ já citados. Realizou-se a avaliação atribuindo-se, a cada trecho de passeio, um determinado número de pontos, de acordo com o seu desempenho em cada um dos IQ.
- Etapa 2: Avaliou-se o grau de importância atribuído pelos peões aos indicadores que caracterizam o ambiente dos passeios. Assim, obteve-se a ponderação dos IQ de acordo com a percepção dos utentes. Avaliou-se essa percepção através de uma pesquisa com os usuários dos passeios.
- Etapa 3: Realizou-se uma avaliação final dos espaços, estimada com base na pontuação obtida na avaliação técnica ponderada pela avaliação dos utentes. Determinou-se essa avaliação final por um Índice de Qualidade do Passeio (IQC), calculado pela Equação 2.3.

$$IQC = p_s \times S + p_{se} \times Se + p_c \times C + p_{co} \times Co + p_{av} \times Av \quad (2.3)$$

S, Se, C, Co, Av = Pontuação obtida na avaliação técnica (IQ) dos aspectos de Segurança, Seguridade, Conforto, Continuidade e Atratividade Visual, respectivamente.

$p_s, p_{se}, p_c, p_{co}, p_{av}$  = Fatores de ponderação dos aspectos de Segurança, Seguridade, Conforto, Continuidade e Atratividade Visual, respectivamente.

De acordo com a nota final na avaliação (IQC), atribui-se os Níveis de Serviço dos espaços públicos, como observado na Tabela 2.7.

Índice de Qualidade	Condição	Nível de Serviço
5	Excelente	A
4 a 4,9	Ótimo	B
3 a 3,9	Bom	C
2 a 2,9	Regular	D
1 a 1,9	Ruim	E
0 a 0,9	Péssimo	F

Tabela 2.7: Faixas de Índice de Qualidade e Nível de Serviço (Oliveira Aguiar, 2003)

### 2.3.4 Análise dos métodos avaliativos da Rede pedonal

Criou-se este ponto com o intuito de desenvolver uma análise crítica sobre os métodos abordados para a Rede pedonal. Assim, explicitou-se o motivo da escolha do Método de DIXON em detrimento dos outros.

Sendo assim, descartou-se a utilização dos Métodos de FRUIN, MORI E TSUKAGUCHI e KHISTY, tanto pela consideração de poucos critérios e fatores na avaliação da Rede pedonal (FRUIN e o primeiro método de MORI E TSUKAGUCHI), quanto pela consideração da subjetividade da opinião dos peões (O segundo método de MORI E TSUKAGUCHI e KHISTY).

Portanto, restaram os Métodos de SARKAR, DIXON e FERREIRA E SANCHES. Assim, rejeitou-se o Método de SARKAR pela complexidade de existirem dois métodos

avaliativos distintos a serem aplicados. Além disso, retirou-se o Método de FERREIRA E SANCHES pela consideração do critério Seguridade, que pouco tem conexão com a realidade portuguesa, pois considera uma "falta de segurança" mais próxima da realidade brasileira.

## 2.4 Rede ciclável

### 2.4.1 Tipologia das estruturas cicláveis

As bicicletas possuem três tipos de infraestruturas urbanas, sendo elas: Ciclofaixas (Figura 2.13), Ciclovias (Figura 2.14) e Rotas cicláveis (Figura 2.15). Assim, de acordo com (Kirner, 2006), definem-se da seguinte forma:

1. Ciclofaixa: São contíguas à via, podendo ser separadas por meio de pintura, blocos ou ambos. Costumam ser unidirecionais, no mesmo sentido de fluxo de veículos na via.

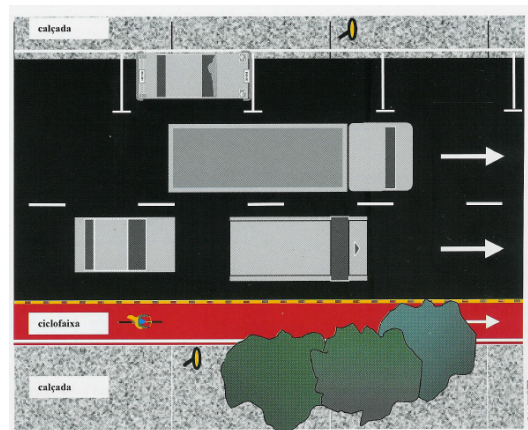


Figura 2.13: Esquema da ciclofaixa (Kirner, 2006)

2. Ciclovía: São separadas fisicamente das faixas de tráfego por um meio-fio ou canchão, que só é excluído em raras interseções. Normalmente são exclusivas para a circulação de bicicletas, mas, por apresentarem menos obstáculos e mais segurança são, muitas vezes, utilizadas também por pedestres, tornando-se assim vias multiuso.

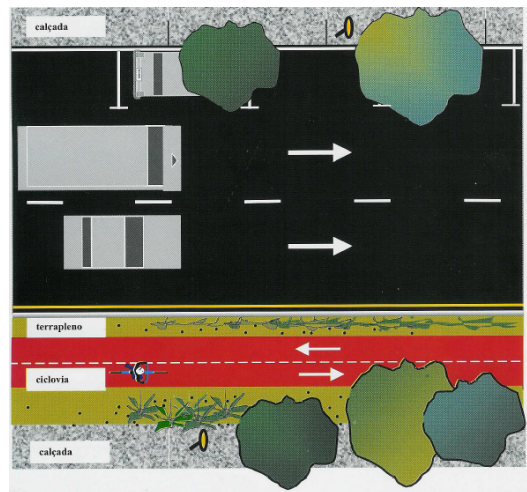


Figura 2.14: Esquema da ciclovia (Kirner, 2006)

3. Rotas cicláveis: São indicadas através de sinalização adequada ou mapas distribuídos aos ciclistas, definem-se os caminhos mais convenientes para os ciclistas que trafegam nas vias de tráfego compartilhado, desviando-os de vias congestionadas ou de conflitos em interseções.

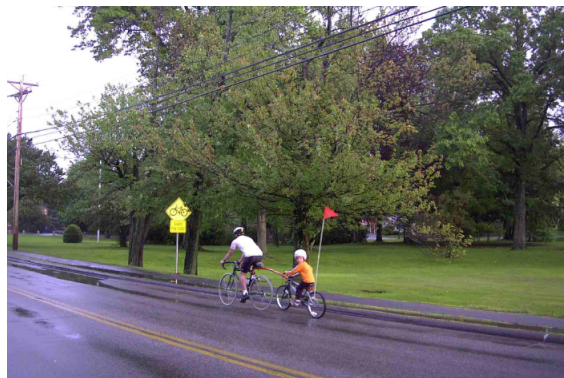


Figura 2.15: Rota ciclável em North Andover, USA (Kirner, 2006)

## 2.4.2 Métodos de avaliação analisados

Retiraram-se os métodos avaliativos estudados do artigo (Monteiro e Campos, 2011). No total, estudaram-se dois métodos para desenvolver a parte ciclável da aplicação computacional, sendo escolhido o Método de DIXON por maior adequabilidade na transposição

para o formato de código na linguagem de programação Visual Basic. Portanto, como aborda-se o Método de DIXON nas próximas páginas, descreve-se apenas o primeiro método nesta seção.

Assim, o Método de EPPERSON E DAVIS, baseia-se no Índice de Condição da Via (ICV) Epperson-Davis que é calculado baseado na Equação 2.4 (Monteiro e Campos, 2011):

$$ICV = \frac{VMD}{f \times 3100} + \frac{V}{48} + \left(\frac{V}{48}\right) \times [(4,25 - L) \times 1,635] + SomatórioFP + SomatórioFL \quad (2.4)$$

- Onde:

VMD - Volume médio diário de tráfego (Veículos/hora);

f - Número de faixas de tráfego;

V - Limite de velocidade (km/h);

L - Largura da faixa externa (m);

FP - Fator de pavimento;

FL - Fator de localização.

Assim, o ICV é baseado no Fator de Localização (Tabela 2.8) e no Fator do Pavimento (Tabela 2.9):

## Fator de Localização

Fator	Valor
<b>1. Geração de movimento transversal à via</b>	
Estacionamento em ângulo	0.75
Estacionamento paralelo	0.25
Faixa de conversão à direita (toda a extensão)	0.25
Canteiro central (sem interrupção)	0.5
Canteiro central (com baias para conversão à esquerda)	0.35
Faixa central para conversão (reversível)	0.2
Acostamento pavimentado ou ciclovia	0.75
<b>2. Alinhamento</b>	
Declividade acentuada	0.5
Declividade moderada	0.2
Curvas horizontais frequentes	0.35
Distância de visibilidade reduzida	0.5
<b>3. Ambiente</b>	
Muitas entradas de garagem	0.25
Uso do solo predominantemente comercial	0.25
Uso do solo predominantemente industrial	0.25

Tabela 2.8: Representação do Fator de Localização - ICV (Monteiro e Campos, 2011)

## Fator do Pavimento

Fator	Valor
Rachaduras	0.5
Remendos	0.25
Desgaste pelo uso	0.25
Buracos	0,25 a 0,5 (dependendo da gravidade)
Acostamento irregular	0,25 a 0,5 (dependendo da gravidade)
Cruzamento de ferrovia	0.25
Grelhas de drenagem (bueiros)	0.5

Tabela 2.9: Representação do Fator do Pavimento - ICV (Monteiro e Campos, 2011)

Nesse contexto, determina-se a classificação do ICV através do valor final do índice na Tabela 2.10:

Valor do Índice	Classificação
0 a 3	Excelente
3 a 4	Bom
4 a 5	Regular
> 5	Ruim

Tabela 2.10: Classificação da via - ICV (Monteiro e Campos, 2011)

### 2.4.3 Análise dos métodos avaliativos da Rede ciclável

Criou-se este ponto com o intuito de desenvolver uma análise crítica sobre os métodos abordados para a Rede ciclável. Assim, explicitou-se o motivo da escolha do Método de DIXON em detrimento do Método de EEPERSON E DAVIS.

Nesse contexto, não optou-se pelo Método de EPPERSON E DAVIS pois o mesmo não possui referência ao tipo de Rede ciclável no local e dispõe de menos critérios a serem avaliados, em relação ao Método de DIXON. O que poderia vir a prejudicar o real valor, em termos de qualidade, da via estudada, pois quão mais características puderem ser levadas em consideração no estudo de um trecho, mais próximo este estudo deve estar da realidade.

## 2.5 Gestão rodoviária

Este ponto refere-se aos sistemas de gestão rodoviária, sendo de extrema importância para a observância do encaixe da avaliação destes sistemas dentro do processo gestor. Pois a avaliação em si não serve de nada, já que são apenas dados, é com a análise destes dados que é possível se obter os resultados para demonstrar em que estado estão as estruturas estudadas.

Sendo assim, para falar da gestão das infraestruturas de mobilidade escolhidas (Rede viária urbana, Rede pedonal e Rede ciclável), optou-se pelo enfoque na gestão rodoviária, pois é a que possui maior quantidade de estudos na área.



Afinal, de acordo com (Costa Minhoto, 1996) "Ao processo de "gestão"está normalmente associado o conceito de "Administração eficiente dos recursos disponíveis no sentido de desenvolver acções eficazes e adequadas ao problema detectado".

Portanto, percebe-se que os métodos de gestão para rodovias, ao menos em sua estrutura geral, podem ser extrapolados para a gestão rodoviária urbana, já que a gestão seria uma ferramenta para manejar os recursos de forma eficiente, com o intuito de poupar esforços e recursos.

Baseando-se na introdução deste capítulo tem-se na Figura 2.16 a representação da estrutura gestora utilizada pela Estradas de Portugal (EP) na criação de um novo sistema de gestão de pavimentos, o SGP, para a rede rodoviária sob sua administração com cerca de 13000 km de extensão. Vale salientar que após a fusão com a Rede Ferroviária Nacional (REFER), a EP tornou-se Infraestruturas de Portugal (IP), empresa pública responsável pela administração das rodovias em Portugal.

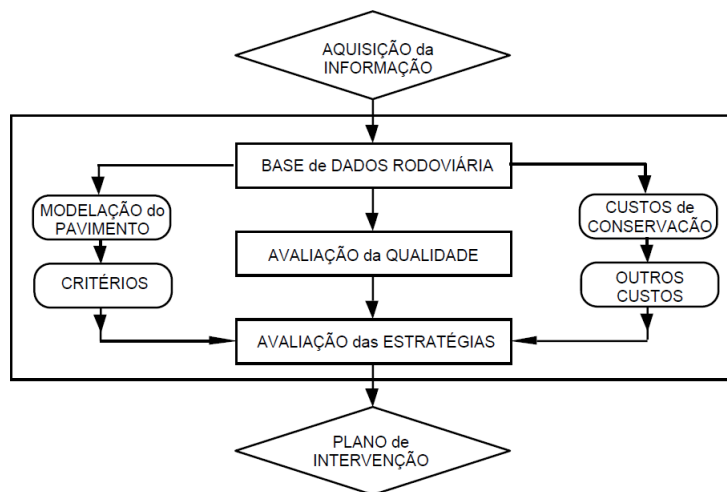


Figura 2.16: Estrutura geral do sistema de gestão de pavimentos da EP (Picado-Santos e Ferreira, 2006)

Nesse contexto, observa-se a formação de três pilares principais neste sistema gestor, sendo eles:

1. A obtenção de dados.

2. O refinamento destes dados para aplicação em instrumentos de apoio à decisão.
3. Decisão final, da forma que será feita, ou se, será feita intervenção.

Ainda sobre o sistema de gestão de pavimentos da EP, observa-se na Figura 2.17 uma representação diferente da apresentada pelo (Picado-Santos e Ferreira, 2006).

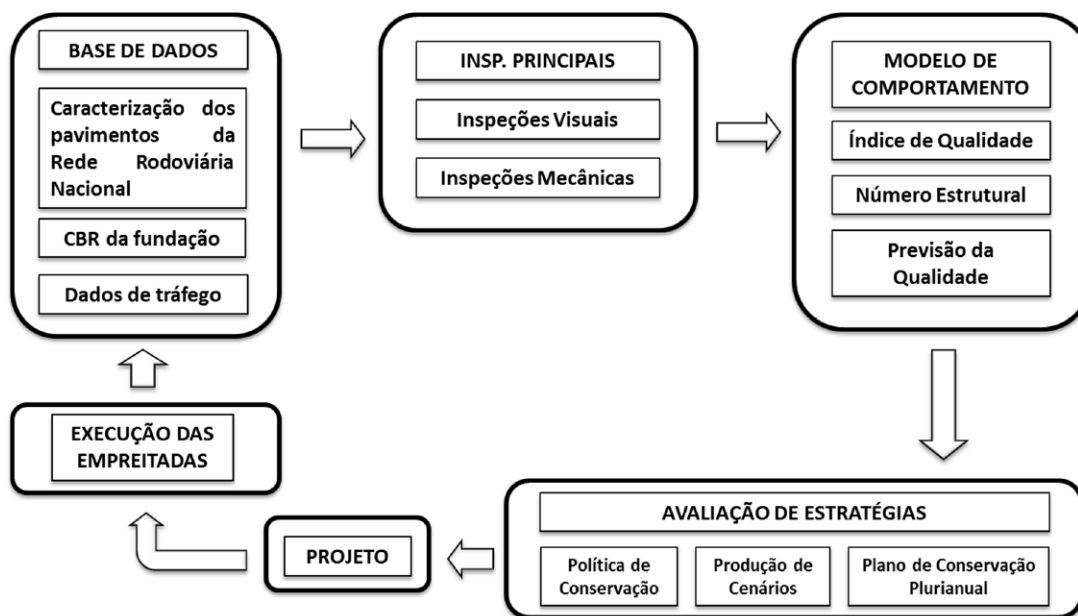


Figura 2.17: Descrição do ciclo de atuação do Sistema de Gestão de Pavimentos (Horta, Pereira, Lopes et al., 2013)

Nesta segunda representação observa-se a diferenciação em seis grupos distintos, sendo eles:

1. Inspeções principais: Inclui Inspeções Visuais e Inspeções Mecânicas.
2. Modelo de comportamento: Inclui Índice de Qualidade, Número Estrutural e Previsão da Qualidade.
3. Avaliação de estratégias: Inclui Política de Conservação, Produção de Cenários e Plano de Conservação Plurianual.

4. Projeto.
5. Execução das empreitadas.
6. Base de dados ou Base de dados rodoviária (BDR): Inclui Caracterização dos pavimentos da Rede Rodoviária Nacional, CBR da fundação e Dados de tráfego.

Dessa forma, evidencia-se que mesmo existindo diferentes formas de abordar a gestão rodoviária, ela pode ser resumida como na Figura 2.18:

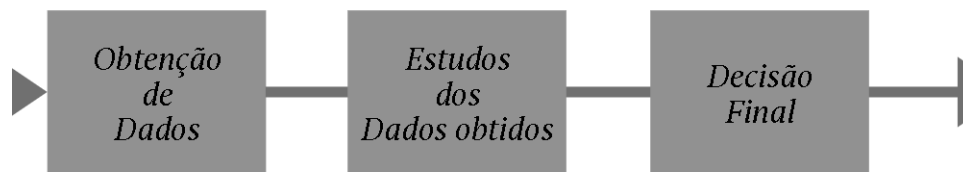


Figura 2.18: Representação resumida do Sistema de Gestão Rodoviária (Autoria própria)

- Obtenção de dados: Seja ela em campo (inspeções visuais e mecânicas) ou através de pesquisa bibliográfica/base de dados pré-existente.
- Estudo dos dados obtidos: Seja através da utilização de índices ou estratégias. Basicamente trabalhar com os dados para que eles nos forneçam respostas para o estado atual e futuro do trecho estudado.
- Decisão final: Após o beneficiamento dos dados obtidos pode-se tomar a decisão de como proceder e de como executar atividades atuais e futuras, agora embasado pelas características apresentadas pelo trecho.

Cabe ressaltar que a seta na representação da Figura 2.18 não possui final, sempre voltando para o começo do processo de gestão, pois é um processo contínuo, que nunca termina, para as infraestruturas de mobilidade urbana.

## 2.5.1 Avaliação da qualidade no contexto da Gestão Rodoviária

Após explicar o contexto geral da gestão rodoviária na seção 2.5, faz-se necessário a criação deste item para esclarecer melhor o que seria a avaliação da qualidade das infraestruturas de mobilidade, pois é o foco principal do tema estudado.

Sendo assim, observando-se os diagramas anteriores, nota-se a participação do sistema de avaliação nos três diagramas apresentados, como observável na Figura 2.19.

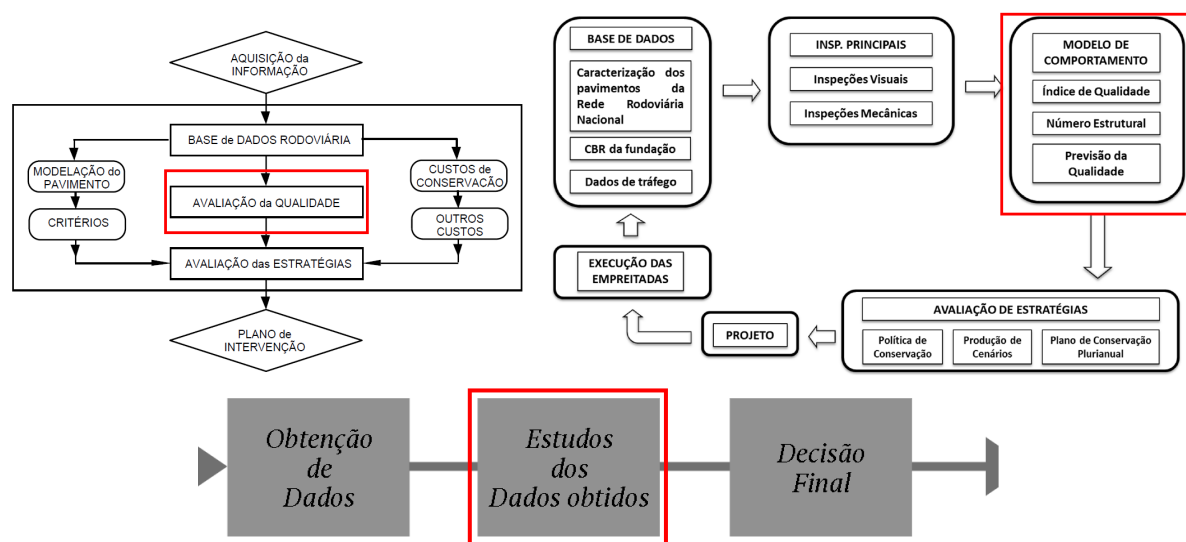


Figura 2.19: Diagramas do Sistema de Gestão Rodoviário. Adaptado de (Picado-Santos e Ferreira, 2006), (Horta, Pereira, Lopes et al., 2013) e (Autoria própria)

Portanto, a avaliação da qualidade se refere a etapa de tratar os dados, após eles serem coletados, para que trace-se um plano ou tome-se uma decisão embasada nos estudos realizados sobre o terreno.

Assim, a partir de (Ferreira e Picado-Santos, 2007), nota-se o impacto que a avaliação da qualidade tem nos sistemas de gestão de pavimentos (SGP) "A avaliação da qualidade estrutural e funcional dos pavimentos é uma componente muito importante dos SGP, principalmente para a definição de prioridades na realização dos trabalhos de conservação e para o desenvolvimento de modelos de previsão do comportamento dos pavimentos. Um sistema de avaliação da qualidade (SAQ) dos pavimentos permite, a partir da informação

armazenada e manipulada pela BDR, avaliar o estado dos pavimentos da rede rodoviária".

Corroborando com (Ferreira e Picado-Santos, 2007), tem-se que a avaliação da qualidade dos pavimentos se baseia numa observação do estado do pavimento ao longo do tempo, de forma a se conhecer a qualidade estrutural e funcional do pavimento em causa. Para efetuar essa avaliação aplicam-se diferentes metodologias, sendo elas assim definidas (Oliveira Maganinho, 2013):

- Avaliação global: A avaliação global baseia-se na determinação de um índice global, resultante da análise dos parâmetros de estado, onde os mesmos têm ponderações distintas. As ponderações são determinadas tendo em consideração alguns fatores, como a política de conservação e o estado de desenvolvimento da rede em causa. Neste contexto, é importante referir que os parâmetros mais usados para este tipo de avaliação são as degradações superficiais (Fendilhamento, Pele de crocodilo, Covas, Peladas e Reparações) e a Regularidade transversal e longitudinal (Rodeiras e IRI - International Roughness Index, respectivamente).
- Avaliação paramétrica: A avaliação paramétrica tem como base a definição de classes para cada um dos parâmetros a considerar na caracterização do estado do pavimento, sendo essas classes determinadas em função das consequências que as mesmas provocam ao pavimento, isto em relação à qualidade funcional e à qualidade estrutural.
- Avaliação mista: A avaliação mista tem em consideração as diferentes classes dos parâmetros de estado, definindo-as com base na aplicação de uma grelha dupla ou tripla de entrada.

Assim, (Ferreira e Picado-Santos, 2007) também expõem que "Os aspectos mais importantes no processo de avaliação da qualidade dos pavimentos são a escolha dos parâmetros de estado e a definição dos correspondentes intervalos de valores. Neste processo é fundamental a existência de informação fiável e o conhecimento e experiência dos técnicos para avaliar a contribuição dos diferentes parâmetros para o estado dos pavimentos".

Nesse contexto, a definição de uma metodologia de avaliação da qualidade dos pavimentos deve ser (Ferreira e Picado-Santos, 2007):

- Objetiva e fiável: Deve fornecer informação sobre o estado global da rede rodoviária, deve utilizar critérios racionais e deve permitir a comparação dos vários trechos rodoviários.
- Dinâmica: Deve permitir a atualização a partir de modelos de previsão do comportamento dos pavimentos e deve permitir determinar a vida residual do pavimento.
- Simples e amigável: Deve permitir um diálogo simples e objetivo com o utilizador.
- Não muito dispendiosa: Deve ter custos aceitáveis para a entidade gestora da rede rodoviária.

Embora os temas abordados possuam uma imensidão de informações, reproduziu-se parte essencial delas para o desenvolvimento do trabalho, buscando não fugir do tema abordado.

# Capítulo 3

## Avaliação da qualidade das Infraestruturas

Neste capítulo retratam-se o Manual de auscultação e as Metodologias e critérios de avaliação da qualidade, que compõem a base estrutural do trabalho. Na primeira seção demonstram-se as definições adotadas para descrever as anomalias e os fatores escolhidos para o desenvolvimento da aplicação. Já na segunda seção utilizam-se das definições adotadas para o cálculo do Índice de Qualidade (IQ) dos pavimentos flexíveis e para o cálculo dos Níveis de Serviço, tanto da Rede pedonal como da Rede ciclável.

### 3.1 Manual de auscultação

Nesta seção definem-se as patologias da Rede viária urbana com foco no pavimento flexível, e os fatores das Rede pedonais e cicláveis, para a representação da qualidade das Infraestruturas de mobilidade estudadas.

Assim, para os pavimentos flexíveis, optou-se pelas definições trazidas pela Estradas Portugal (EP, 2008), pois eram as que melhor encaixavam no Índice de Qualidade escolhido para avaliar a Rede viária urbana. Ainda, para a Rede pedonal e a Rede ciclável, selecionaram-se as próprias definições dos fatores abordadas nos Métodos de DIXON.

### 3.1.1 Rede viária urbana

Preferiu-se organizar as anomalias da Rede viária urbana em tabelas, para que a informação fosse entregue de maneira sucinta e de fácil compreensão. Portanto, dentro dos subitens 3.1.1.1 (Tabela 3.1) e 3.1.1.2 (Tabela 3.2) apresentam-se as anomalias Fendilhamento, Defeitos de superfície, Reparações, Deformações e Movimento dos materiais.

#### 3.1.1.1 Fendilhamento e Defeitos de superfície

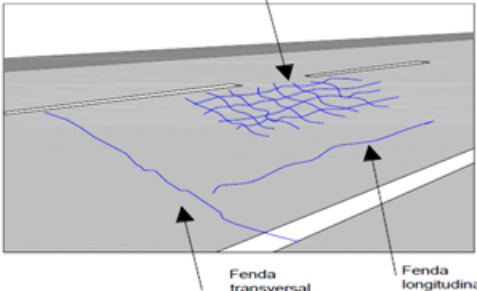
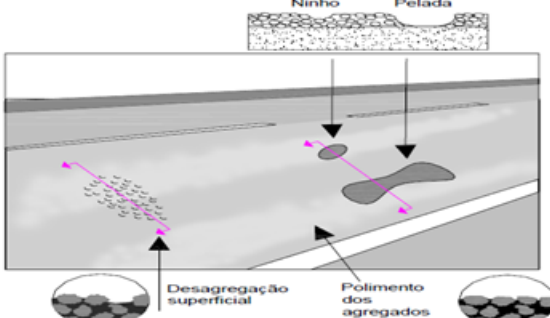
Fendilhamento			Defeitos de superfície			
 <p>Fendilhamento tipo pele de crocodilo</p> <p>Fenda transversal</p> <p>Fenda longitudinal</p>			 <p>Ninho</p> <p>Pelada</p> <p>Desagregação superficial</p> <p>Polimento dos agregados</p>			
Fendas longitudinais	Fendas transversais	Pele de crocodilo	Desagregações superficiais	Polimento dos agregados	Ninhos	Peladas
Fendas paralelas ao eixo da estrada, localizadas, geralmente, ao longo da zona de passagem dos rodados dos veículos e, por vezes, junto ao eixo	Fendas sensivelmente perpendiculares ao eixo da estrada, isoladas ou com um espaçamento variável, abrangendo parte ou toda a largura da faixa de rodagem	Fendas que formam entre si, uma malha de dimensão variável, localizadas inicialmente na zona de passagem dos rodados dos veículos abrangendo progressivamente toda a largura da via de tráfego	Arranque de uma das fracções do agregado, geralmente a mais grossa ou perda do mástico betuminoso (ligante e finos)	Desgaste por abrasão, geralmente da fracção grossa do agregado, conferindo à superfície do pavimento um aspecto polido e brilhante	Cavidades de forma arredondada localizadas na camada de desgaste, podendo progredir para as camadas inferiores, resultantes da evolução de outras degradações do pavimento	Desprendimento em forma de placa, da camada de desgaste, relativamente à camada inferior

Tabela 3.1: Descrição das anomalias Fendilhamento e Defeitos de superfície, em pavimentos flexíveis. Adaptado de (EP, 2008)



### 3.1.1.2 Reparções, Deformações e Movimento de materiais

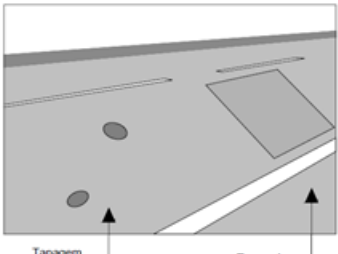
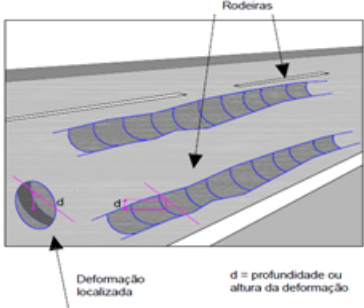
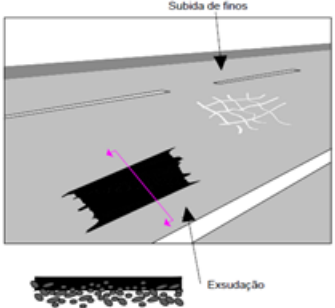
Reparações		Deformações		Movimento de materiais	
 <p>Tapagem de covas</p> <p>Remendo</p>		 <p>Rodeiras</p> <p>Deformação localizada</p> <p><math>d</math> = profundidade ou altura da deformação</p>		 <p>Subida de finos</p> <p>Exsudação</p>	
Tapagem de covas	Remendos	Deformações localizadas	Rodeiras	Exsudação de betume	Subida de finos
Reparações de pequenas dimensões e de forma irregular, destinadas a tratar os defeitos de superfície existentes em zonas localizadas.	Reparações de forma rectangular e regular, abrangendo a zona de passagem dos veículos ou toda a via.	Alterações de nível do pavimento, formando depressões ou alteamentos, podendo surgir isoladamente em diferentes pontos do pavimento.	Deformação transversal localizada ao longo da zona de passagem dos rodados dos veículos pesados.	Subida à superfície do ligante betuminoso na camada de desgaste, em particular na zona de passagem dos rodados dos veículos, conferindo-lhe um aspecto negro e brilhante.	Manchas de cor esbranquiçada devido à presença de finos, provenientes das camadas granulares e do solo de fundação, inicialmente junto de fendas, evoluindo para toda a superfície da camada de desgaste.

Tabela 3.2: Descrição das anomalias Reparções, Deformações e Movimentos de materiais, em pavimentos flexíveis. Adaptado de (EP, 2008)

### 3.1.2 Rede pedonal

Para que a informação referente a Rede pedonal fosse entregue de maneira sucinta e de fácil compreensão, preferiu-se organizar os fatores da Rede pedonal em tabelas. Portanto, dentro dos subitens 3.1.2.1 (Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5) e 3.1.2.2 (Tabela 3.6) apresentam-se os fatores Infraestrutura disponível para peões, Conflitos, Elementos de conforto ao longo da via, Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo.

### 3.1.2.1 Infraestrutura disponível para peões, Conflitos e Elementos de conforto ao longo da via

<b>Infraestrutura disponível para peões</b>		
<b>Passeio livre de obstáculos e com largura efetiva mínima de 1,53 m</b>	<b>Passeio com largura efetiva maior que 1,53 m</b>	<b>Passeio isolada da via ou passeio alternativo paralelo à via</b>
<p>O passeio deve ter largura efetiva mínima de 1,53 m em toda a sua extensão. A largura efetiva é o espaço existente para caminhada, livre de qualquer obstáculo como poste, árvores, bancas de jornal, etc. A condição "livre de obstáculos" implica também na existência de rampas nas interseções para garantir a acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência física.</p>	<p>O passeio é pontuada nessa categoria quando tem largura efetiva maior que 1,53 m. Quando o passeio tem largura superior a 1,53 m, mas apresenta barreiras significativas que reduzem o espaço livre disponível para menos de 1,53 m, receberá pontuação nesse critério, mas não será pontuada no critério anterior.</p>	<p>O passeio alternativo deve estar localizada, no máximo, a 400 m da via que está sendo analisada e deve fornecer acesso aos mesmos pontos de destino servidos pela via. Enquadram-se nessa categoria trilhas que atravessam parques, calçadas, etc.</p>
<b>Tipo de infraestrutura dominante</b>		
<p>Os passeios podem ser classificados como contínuo em um dos lados, contínuo em ambos os lados, descontínuo, ou não existente. Um passeio deve ser classificado de acordo com sua característica dominante. Por exemplo, quando um passeio apresenta interrupções frequentes e faltam alguns segmentos, ele deve ser considerado descontínuo. Por outro lado, uma interrupção pequena em um trecho, não irá caracterizar o passeio como descontínuo, mas essa interrupção pode ser considerada como uma barreira ou obstáculo no passeio.</p>		

Tabela 3.3: Descrição do fator Infraestrutura disponível para peões. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

Conflitos		
<b>Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km</b>	<b>Atraso nos sinais luminosos com tempo para peões menor que 40 segundos</b>	<b>Dispositivos de redução de conflitos nas conversões</b>
Para se avaliar o trecho de via sob este aspecto, devem ser considerados todos os acessos de veículos (tanto comerciais como residenciais) e todas as vias transversais. Se em um dos lados a via exceder o limite de 22 acessos por 1,61 km, todo o segmento não será pontuado.	O atraso nos sinais luminosos para peões é calculado para os cruzamentos ao longo da via que está sendo analisada, mas não considera os movimentos de travessia da própria via. O atraso em cada sinal luminoso deve ser a metade do tempo máximo de espera do peão no horário de pico. O limite de 40 segundos foi definido após uma pesquisa que indicou que a impaciência dos peões e a disposição para correr riscos aumentam a partir desse tempo de espera. O trecho de via não será pontuado por este critério se não dispuser de sinal luminoso com tempo destinado ao peão.	Os projetos de cruzamento devem incluir travessias de peões bem localizadas que maximizem a visibilidade dos peões. Outras medidas que reduzem os conflitos entre peões e veículos nas conversões são: A proibição de conversões com sinal luminoso vermelho, sinal luminoso com fase exclusiva para peões e cruzamentos em desnível. Para receber pontos nesse critério, todas as interseções da via devem dispor de travessia para peões.
<b>Largura dos cruzamentos inferior a 18,3 m</b>	<b>Velocidade dos veículos limitada a, no máximo, 56 km/h</b>	<b>Existência de canteiro central ao longo da via</b>
Esse critério é avaliado para os cruzamentos ao longo da via que está sendo analisada. A largura da via é medida de guia a guia e, se existir uma ilha central com refúgio para peões, considera-se a largura da guia até a ilha.	Considera-se que a velocidade de 56 km/h é máxima permitida para que os peões possam caminhar com conforto. Se houver informação sobre as velocidades médias reais desenvolvidas pelos veículos no trecho de via, este valor pode ser utilizado para uma análise mais precisa.	São considerados nesse critério, os canteiros centrais ao longo das vias (não nos cruzamentos) que podem se constituir em refúgio para os peões que cruzam a via no meio da quadra.

Tabela 3.4: Descrição do fator Conflitos potenciais entre peões e veículos motorizados. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

<b>Elementos de conforto ao longo da via</b>		
<b>Faixa ajardinada junto à guia com largura mínima de 1 m</b>	<b>Bancos e iluminação adequada para peões</b>	<b>Arborização que crie sombra</b>
Para que a via seja pontuada nesse critério, a faixa deve ser contínua, excetuando-se as interseções.	A existência de bancos e a iluminação adequada para peões devem ser características dominantes na via ou, pelo menos, junto a polos geradores de tráfego de peões como zonas comerciais, escolas, pontos de ônibus, etc.	A arborização com espécies que criem sombra, deve ser uma característica dominante na via ou pelo menos, nos trechos junto a polos geradores de tráfego de peões.

Tabela 3.5: Descrição do fator Elementos de conforto ao longo da via. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

### 3.1.2.2 Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo

<b>Nível de serviço para os veículos motorizados</b>	<b>Manutenção</b>
Este critério considera que o volume e o congestionamento do tráfego, afetam o conforto e a segurança dos peões. Passeios ao longo de vias com 6 ou mais faixas de tráfego não se constituem em ambiente adequado para peões.	O critério de manutenção considera a qualidade do pavimento em termos de existência de fissuras, remendos, ondulações, buracos, intrusão de raízes de árvores, erosões, excesso de vegetação, água empoçada, etc.
<b>Acessibilidade ao transporte coletivo</b>	
A facilidade de acesso ao sistema de transporte coletivo é considerada como um incentivo às caminhadas. Para que o acesso seja facilitado, a via deve dispor de passeios em ambos os lados da rua, junto aos pontos de parada de ônibus e, ao menos um local com banco ou abrigo ao longo do segmento de estudo, mas não menos do que 1 banco a cada 1,61 km.	

Tabela 3.6: Descrição dos fatores Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

### 3.1.3 Rede ciclável

Para que a informação referente a Rede ciclável fosse entregue de maneira sucinta e de fácil compreensão preferiu-se organizar os seus fatores em tabelas. Portanto, dentro dos subitens 3.1.3.1 (Tabela 3.7), 3.1.3.2 (Tabela 3.8), 3.1.3.3 (Tabela 3.9) e 3.1.3.4 (Tabela 3.10) apresentam-se os fatores Presença de instalações para ciclistas, Diferencial de velocidade entre veículo e bicicletas, Programas específicos para melhorar o transporte ciclável, Nível de Serviço para veículos motorizados, Manutenção das vias e Conflitos.

#### 3.1.3.1 Nível de Serviço para veículos motorizados e Manutenção das vias

Nível de Serviço para veículos motorizados	Manutenção das vias
O Nível de Serviço para os veículos motorizados afeta o Nível de Serviço para bicicletas, pois o volume de veículos motorizados e o congestionamento influenciam no conforto e na segurança dos ciclistas que trafegam por uma via. Dixon acredita que, independente do NS da via, a presença de um grande número de faixas de tráfego desestimula o ciclismo. Assim, no modelo de Dixon é utilizado o modelo de Nível de Serviço para veículos motorizados da cidade de Gainesville (Dixon, 1996), combinado com o número de faixas de tráfego, resultando nas categorias de pontuação: NS = E, F (ou 6 ou mais faixas de rodagem); NS = D (e menos que 6 faixas de rodagem); NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem).	Este fator mede certas condições que refletem o abandono e a falta de manutenção da superfície da via ou deficiências construtivas que criam problemas crônicos de manutenção. Desta forma, as categorias de pontuação são: Sem problemas (0); Problemas sem muita frequência ou menores (1 problema de manutenção para cada 1,61 km ou menos, ou quando a magnitude dos problemas é considerada leve); Problemas frequentes (mais de 1 problema de manutenção por 1,61 km ou quando os problemas são considerados severos).

Tabela 3.7: Descrição dos fatores Nível de Serviço para veículos motorizados e Manutenção das vias. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

### 3.1.3.2 Presença de instalações para ciclistas

Presença de instalações para ciclistas
No caso de existirem, considera-se a presença de ciclofaixas, cuja pontuação varia de acordo com a sua largura da faixa de tráfego contendo a ciclofaixa (até 3,66 m; de 3,66 até 4,27 m; e maior que 4,27 m); ou a presença de ciclovias com medida mínima de 2,44 m e localizada à, no máximo, 0,4 km da via de tráfego veicular.

Tabela 3.8: Descrição do fator Presença de instalações para ciclistas. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

### 3.1.3.3 Diferencial de velocidade entre veículo e bicicletas e Programas específicos para melhorar o transporte ciclável

Diferencial de velocidade entre veículo e bicicletas	Programas específicos para melhorar o transporte ciclável
O diferencial de velocidade é calculado comparando a velocidade média dos ciclistas - 24 km/h, segundo Dixon (1996) - com a velocidade máxima para automóveis permitida na via. Este diferencial é classificado segundo as seguintes categorias de pontuação: 24km/h a 23 km/h (ou velocidade máxima permitida de 48 km/h a 56 km/h); 32 km/h a 48 km/h ( ou velocidade máxima permitida de 56 km/h a 72 km/h); e maior que 48 km/h ( ou velocidade máxima permitida maior que 72 km/h).	A existência ou não de programas específicos para melhorar o transporte ciclável define a pontuação deste fator. Assim, Dixon inclui na avaliação programas que podem estimular o uso do ciclismo no local, como pro exemplo, a inserção de bicicletários, programas de suporte ao usuário, construção de vestiários para ciclistas ou medidas de integração da bicicleta com o transporte coletivo.

Tabela 3.9: Descrição dos fatores Diferencial de velocidade entre veículo e bicicletas e Programas específicos para melhorar o transporte ciclável. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

### 3.1.3.4 Conflitos

<b>Conflitos</b>	
<p>Este fator mede a facilidade de ciclistas e motoristas em observarem e preverem suas ações no sistema viário, aumentando assim a segurança e o conforto dos ciclistas que utilizam as vias em questão. Desta forma, são observados os seguintes critérios:</p> <p>a) Menos de 22 entradas de garagem e cruzamentos perpendiculares de vias por 1,61 km: Assim, considera-se o número de entradas de garagem e cruzamentos perpendiculares de vias, cuja pontuação é obtida se este número for menor que 22 entradas ou cruzamentos a cada 1,61 km, para cada lado da via. Se qualquer um dos lados apresentar um número maior do que o critério apresentado, o segmento inteiro deixa de ser pontuado neste fator.</p> <p>b) Ausência de barreiras na facilidade para bicicletas: São consideradas barreiras os objetos ou instalações que provocam uma descontinuidade da facilidade para bicicletas, forçando o ciclista a invadir a via em algum momento específico do segmento.</p> <p>c) Ausência de estacionamento lateral: A existência de estacionamento lateral na via pode desencorajar o uso deste corredor pelos ciclistas, além de criar problemas de segurança. Desta forma, mesmo a existência de uma pequena faixa de estacionamento lateral na via analisada deverá ser considerada neste critério.</p> <p>d) Presença de canteiros centrais: Os canteiros centrais são considerados benéficos para o transporte cicloviário porque diminuem os conflitos causados por cruzamentos de automóveis à esquerda. Para este fator, considera-se a presença dominante de canteiros centrais no segmento analisado, ou pelo menos nos locais mais problemáticos.</p>	
<b>Distância de visibilidade não obstruída</b>	<b>Melhorias das interseções para o ciclismo</b>
<p>É a distância mínima de que necessita o condutor de um veículo que se move a uma dada velocidade, para fazê-lo parar antes de atingir um obstáculo. De acordo com o modelo de Dixon, deve ser considerada a medida padrão recomendada pela AASHTO (Associação Norte-Americana de especialistas rodoviários e de transportes), que segundo FHWA (2004) é de 38,7 m para um ciclista viajando em velocidade média recomendada de 30 km/h, em pista molhada.</p>	<p>Podem ser implantadas algumas intervenções, que incluem marcações de piso e variações de desenho, para aumentar a segurança dos ciclistas nas interseções.</p>

Tabela 3.10: Descrição do fator Conflitos. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

## 3.2 Metodologias e critérios de avaliação da qualidade

Nesta seção abordou-se os métodos e critérios utilizados no desenvolvimento da aplicação computacional para a avaliação das infraestruturas de mobilidade urbana. Portanto, pormenorizou-se a utilização do Índice de Qualidade (IQ) na Rede viária urbana e os critérios dos sistemas de pontuação criados pelos Métodos de DIXON, para a Rede pedonal e para a Rede ciclável.

### 3.2.1 Rede viária urbana

Para a etapa de avaliação dos pavimentos flexíveis utilizou-se como base a dissertação da (Sousa Luz, 2011), de onde se retirou a formulação do IQ (Índice de Qualidade) para os pavimentos flexíveis, que está em vigor desde 2007. Esta variação do IQ se relaciona com a medição sendo executada visualmente (Dividindo o IRI pela metade e Aumentando o peso que as características de superfície possuem).

Assim, seguem as Equações 3.1 e 3.2, a primeira para demonstrar uma variação anterior da fórmula do IQ e a segunda sendo a equação utilizada na aplicação.

Fórmula do Índice de Qualidade dos Pavimentos de 2003 (Sousa Luz, 2011):

$$IQ = 5 \times e^{-0,0002598 \times (\frac{IRI}{2})} - 0,002139 \times R^2 - 0,03 \times (C + S + P)^{0,5} \quad (3.1)$$

Fórmula do Índice de Qualidade dos Pavimentos adotada, ano 2007 (Sousa Luz, 2011):

$$IQ = 5 \times e^{-0,0002598 \times (\frac{IRI}{2})} - 0,002139 \times R^2 - 0,1 \times (C + S + P)^{0,5} \quad (3.2)$$

Onde:

IRI - É o indicador da Irregularidade longitudinal do pavimento (International Roughness Index) (mm/km);

R - É a Profundidade média das rodeiras (mm);



C - É a Área com fendilhamento e pele de crocodilo ( $m^2/100m^2$ , em percentagem da área afectada);

S - É a Área com defeitos de superfície de materiais (covas e peladas) ( $m^2/100m^2$ , em percentagem da área afectada);

P - É a Área com reparações ( $m^2/100m^2$ , em percentagem da área afectada).

Como as degradações dividem-se em tipos e gravidades diferentes, criou-se a Tabela 3.11 para representar cada degradação de forma a exemplificar o seu tipo, suas gravidades e os seus valores adotados para a transformação dos dados antes de entrar na fórmula do IQ.

Degradação	Gravidade	Descrição	Valor adotado
Fendilhamento	Gravidade 1	Fenda isolada mas perceptível	$0,5m \times \text{Comprimento afetado}$
	Gravidade 2	Fendas longitudinais ou transversais abertas e/ou ramificadas	$2,0m \times \text{Comprimento afetado}$
	Gravidade 3	Pele de crocodilo	$\text{Largura do trecho} \times \text{Comprimento afetado}$
Peladas, Desagregação superficial, Exsudação de betume, Polimento dos agregados, Deformações localizadas	Gravidade 1	< 30 cm	$0,5m \times \text{Comprimento afetado}$
	Gravidade 2	$30 < \text{Largura} < 100$ cm	$2,0m \times \text{Comprimento afetado}$
	Gravidade 3	>100 cm	$\text{Largura do trecho} \times \text{Comprimento afetado}$
Covas (Ninhos)	Gravidade 1	< 2 cm	$0,5m \times \text{Comprimento afetado}$
	Gravidade 2	$2 < \text{Profundidade máx} < 4$ cm	$2,0m \times \text{Comprimento afetado}$
	Gravidade 3	>4 cm	$\text{Largura do trecho} \times \text{Comprimento afetado}$
Reparações	Gravidade 1	Reparações bem executadas	10% da largura do trecho $\times$ Comprimento afetado
	Gravidade 2	Reparações com baixa qualidade de execução ou má elaboração das juntas	50% da largura do trecho $\times$ Comprimento afetado
	Gravidade 3	Reparações mal executadas	$\text{Largura do trecho} \times \text{Comprimento afetado}$
Rodeiras	Gravidade 1	<10 mm	5mm
	Gravidade 2	$10 < \text{Profundidade máx} < 30$ mm	20mm
	Gravidade 3	>30 mm	30mm

Tabela 3.11: Valor adotado para o cálculo do índice de qualidade global baseado nos níveis de gravidade considerados. Adaptado de (Sousa Luz, 2011)

A partir da substituição das variáveis medidas em campo na equação do IQ, temos o retorno da classe e, respectivamente, da qualidade que o trecho pavimentado possui.

As classes são: Bom ( $\text{IQ} \geq 3,5$ ); Razoável ( $2,5 \leq \text{IQ} < 3,5$ ); Medíocre ( $1,5 \leq \text{IQ} < 2,5$ ); Mau ( $\text{IQ} < 1,5$ ) (EP, 2011).

Onde:

Bom: É uma rede nova. Sem necessidade de intervenção.

Razoável: É uma rede estabilizada, intervenções dependem da evolução da perda de qualidade.

Medíocre: É uma rede a atribuir prioridades de intervenção, restante a monitorizar.

Mau: É uma rede a intervir.

### 3.2.1.1 Fendilhamento, Defeitos de superfície e Reparações

Criou-se este subitem para facilitar a compreensão de como se desenvolveu o cálculo da percentagem da área afetada, para os casos de Fendilhamento, Defeitos de superfície e Reparações. Assim, a Equação 3.3 é relativa a consideração da área com Fendilhamento. Adaptado de (Sousa Luz, 2011):

$$C = \frac{0,5 \times kmG1 + 2 \times kmG2 + Larguravia \times kmG3}{Larguravia \times Comprimentovia} \times 100 \quad (3.3)$$

\*Retirou-se os valores que multiplicam cada gravidade da Tabela 3.11.

### 3.2.1.2 Rodeiras

Em relação a inserção das Rodeiras na fórmula considerou-se que existindo casos de gravidade 1, 2 ou 3, seriam adicionados os seus valores em uma média aritmética ponderada. Pois os valores obtidos estariam mais próximos da realidade do pavimento. Para exemplificar, segue um exemplo na Tabela 3.12:

Degradação	Gravidade	km contabilizado	Valor adotado caso exista degradação (mm)
Rodeiras	1	0,5	5
	2	0,1	20
	3	0	30

Tabela 3.12: Exemplo: Consideração Rodeiras (Autoria própria)

Considerando-se os dados da Tabela 3.12 e utilizando-se da média aritmética ponderada, tem-se a Equação 3.4 (Autoria própria):

$$R = \frac{kmG1 \times 5 + kmG2 \times 20 + kmG3 \times 30}{n} = \frac{0,5 \times 5 + 0,1 \times 20 + 0 \times 30}{0,5 + 0,1 + 0} = 7,5mm \quad (3.4)$$

Considerando os dados da Tabela 3.12 e utilizando média aritmética simples, tem-se a Equação 3.5 (Autoria própria):

$$R = \frac{5(CasoexistaG1) + 20(CasoexistaG2) + 30(CasoexistaG3)}{n} = \frac{5 + 20}{2} = 12,5mm \quad (3.5)$$

Cabe salientar que existem estudos para Rodeiras que consideram três grandes grupos de valores de Índice de Qualidade (Figura 3.1), já que os valores para Rodeiras seriam fixados em 5, 20 e 30 mm, sendo seu cálculo realizado através de uma média aritmética simples. Nesse contexto, é clara a diferença de precisão entre a recolha visual por este método (Figura 3.1 - Equação 3.5) e a recolha mecânica de dados (Figura 3.2 - Equação 3.4).

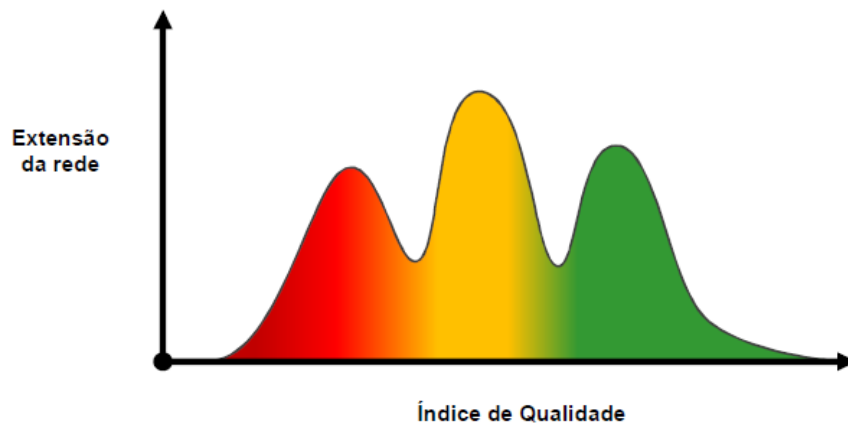


Figura 3.1: Distribuição do Índice de Qualidade devido ao cálculo das Rodeiras com recolha visual de dados (EP, 2011)

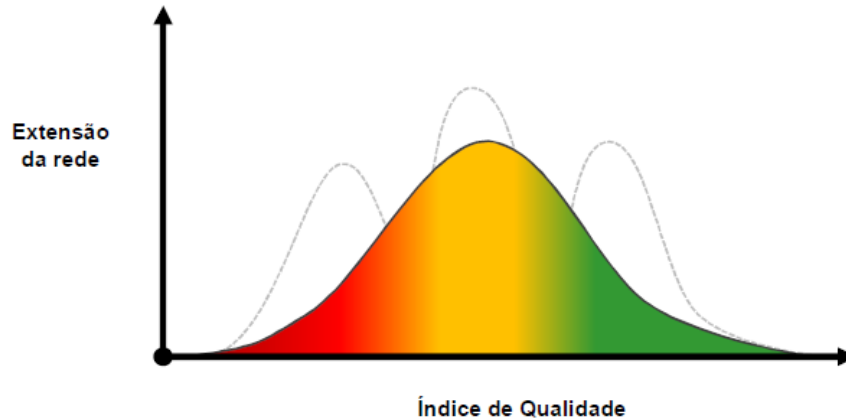


Figura 3.2: Distribuição do Índice de Qualidade devido ao cálculo das Rodeiras com recolha mecânica de dados (EP, 2011)

Entende-se recolha mecânica de dados como medições com recurso de perfilômetro laser (recolhendo automaticamente a irregularidade longitudinal e transversal).

Assim, utilizou-se da média aritmética ponderada dentro da aplicação computacional, devido a diferença entre os gráficos expostos nas Figuras 3.1 e 3.2.

### 3.2.1.3 Irregularidade longitudinal

Sendo o IRI o indicador da irregularidade longitudinal do pavimento tem-se que sua medição se realiza de forma indireta para este trabalho. Medição esta sendo realizada na consideração dos valores de cada degradação, já levando em conta suas diferenças em níveis de gravidade. Segue o exemplo na Tabela 3.13, onde tem-se o levantamento das degradações sendo realizado em um trecho com extensão de 3 km.

Para a realização dos cálculos faz-se necessário o somatório dos quilômetros levantados de cada gravidade, multiplicados pelos seus pesos em relação à gravidade, dividido pelo tamanho total da via em quilômetros.

Equações 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9 representam como este somatório deve ser feito. Adaptado de (Sousa Luz, 2011).

Degradação	Nível	km contabilizados
<b>Fendilhamento</b>	Sem degradação	1
	1	0,5
	2	1,2
	3	0,3
<b>Peladas</b>	Sem degradação	1,2
	1	0,3
	2	1,2
	3	0,3
<b>Reparações</b>	Sem degradação	2
	1	0,1
	2	0,2
	3	0,7
<b>Rodeiras</b>	Sem degradação	0,9
	1	1,1
	2	0,6
	3	0,4

Tabela 3.13: Exemplo: Cálculo do IRI. Adaptado de (Sousa Luz, 2011)

$$Fendilhamento = \frac{1 + 1 \times 0,5 + 2 \times 1,2 + 3 \times 0,3}{3} = 1,6 \quad (3.6)$$

$$Peladas = \frac{1,2 + 1 \times 0,3 + 2 \times 1,2 + 3 \times 0,3}{3} = 1,6 \quad (3.7)$$

$$Reparações = \frac{2 + 1 \times 0,1 + 2 \times 0,2 + 3 \times 0,7}{3} = 1,53 \quad (3.8)$$

$$Rodeiras = \frac{0,9 + 1 \times 1,1 + 2 \times 0,6 + 3 \times 0,4}{3} = 1,47 \quad (3.9)$$

O IRI para os dados levantados pelo exemplo retorna um valor de 2500 (mm/km), com base na Tabela 3.14. Sendo assim, o IRI deve ser calculado observando se os valores dos somatórios atendem aos critérios de cada condição abordada.

Nº Condição	Degradação	Critério	Valor	IRI (mm/km)
1.1	Fendilhamento	<	1,5	Tipo 1: 1500
		e		
	Peladas	<	1,5	
e				
	Rodeiras	<	1,25	
3.1	Reparações	>=	2,5	
		ou		
	Fendilhamento	>=	2,5	
		ou		
Peladas	>=	2,5		
	e			
	Rodeiras	>=	1,5	
3.2	Reparações	>=	2,75	
		ou		
	Fendilhamento	>=	2,75	
ou				
	Peladas	>=	2,75	
3.3	(3*Reparações + 4*Fendilhamento +3 *Peladas + 5*Rodeiras)/15	>	1,68	
<b>Caso não se verifique nenhuma das anteriores</b>				Tipo 2: 2500

Tabela 3.14: Cálculo indireto do IRI. Adaptado de (Sousa Luz, 2011)

### 3.2.2 Rede pedonal

Para a definição do método de avaliação da Rede pedonal dentro da aplicação computacional utilizou-se como base a dissertação (Oliveira Aguiar, 2003), de onde se retirou a metodologia de classificação proposta por DIXON.

Sendo assim, DIXON definiu várias formas de medição de desempenho para avaliar os espaços pedonais em Níveis de Serviço de A à F, A sendo o melhor nível possível e F sendo o pior nível possível. Segue nas Tabelas 3.15 e 3.16 os respectivos critérios utilizados, divididos em fatores já definidos anteriormente, e as pontuações necessárias para cada Nível de Serviço.

Com a disposição em tabelas, observa-se que cada fator é avaliado com pontuações baseadas nos critérios pré-definidos e, após a realização dos somatórios dessas pontuações, indica-se em que Nível de Serviço a via se encontra em relação à qualidade da sua utilização pelos utentes.

Fatores	Critério	Pontos
<b>Infra-estrutura disponível para peões (valor máximo = 10)</b>	Não contínua ou inexistente	0
	Contínua em um lado	4
	Contínua em ambos os lados	6
	Largura efetiva mínima de 1,53 m e livre de obstáculos	2
	Largura efetiva maior que 1,53 m	1
	Isolada da via, ou alternativa paralela à via	1
<b>Conflitos (Valor máximo = 4)</b>	Entradas de veículos e vias transversais	1
	Atraso nos sinais luminosos com tempo para peões inferior a 40s	0.5
	Dispositivos de redução de conflitos ou conversões	0.5
	Largura dos cruzamentos inferiores a 18,3 m	0.5
	Velocidade dos veículos limitada a, no máximo, 56 km/h	0.5
	Existência de canteiro central ao longo da via	1
<b>Elementos de conforto (Valor máximo =2)</b>	Faixa ajardinada junto à guia com largura mínima de 1 m	1
	Bancos ou iluminação adequada para peões	0.5
	Arborização que crie sombra	0.5
<b>Nível de serviço para os veículos motorizados (Valor máximo = 2)</b>	Nível de serviço E ou F e 6 faixas de tráfego	0
	Nível de serviço D e menos que 6 faixas de tráfego	1
	Nível de serviço A, B ou C e menos que 6 faixas de tráfego	2
<b>Manutenção (Valor máximo = 2)</b>	Problemas graves ou frequentes (mais de 1 problema a cada 1,61 km)	-1
	Problemas pequenos ou ocasionais (mais de 1 problema a cada 1,61 km ou menos)	0
	Sem problemas	2
<b>Acessibilidade ao transporte coletivo (Valor máximo = 1)</b>	Não existem facilidades	0
	Existem facilidades	1

Tabela 3.15: Sistema de pontuação do Nível de Serviço para estruturas pedonais. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)



Faixa de pontuação	NS	Descrição
18 - 21	A	A via tem muitas características que atraem peões. Pouco conflito com veículos motorizados.
15 - 17	B	A via tem as mesmas características de uma via Nível A, mas dispõe de um menor número de elementos de conforto. O conflito com veículos é moderado.
12 - 14	C	Via adequada para uso de peões. Provavelmente apresenta algumas deficiências de manutenção e tráfego de veículos intenso e com alta velocidade. O conflito entre peões e veículos é moderado.
8 - 11	D	Via adequada para uso dos peões, não atraente. A via apresenta deficiências nos aspectos de segurança e conforto. O conflito com veículos varia de moderado a alto.
4 - 7	E	Via inadequada para peões. Não existem passeios ou eles são estreitos, com interrupções e sem manutenção. São passeios característicos de áreas de periferia. O conflito entre veículos e peões é alto.
< 4	F	Via inadequada para peões. Via projetada para tráfego intenso de veículos motorizados. O conflito entre peões e veículos é muito alto.

Tabela 3.16: Faixa de pontuação do Nível de Serviço para estruturas pedonais. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

### 3.2.3 Rede ciclável

Para a aplicação computacional de avaliação dos espaços cicláveis utilizou-se como base o artigo (Monteiro e Campos, 2011), de onde se retirou a metodologia de classificação proposta pelo Método de DIXON.

Sendo assim, o Método de DIXON definiu várias formas de medição de desempenho para avaliar os espaços cicláveis em Níveis de Serviço de A à F, A sendo o melhor nível possível e F sendo o pior nível possível. Segue nas Tabelas 3.17 e 3.18 os respectivos critérios utilizados, divididos em fatores já definidos anteriormente e as pontuações necessárias para cada Nível de Serviço.

Com a disposição em tabelas, observa-se que cada fator é avaliada com pontuações baseadas nos critérios pré-definidos e, após a realização dos somatórios dessas pontuações, indica-se em que Nível de Serviço a via se encontra em relação a qualidade da sua utilização para ciclistas.

Fatores	Critérios	Pontos
Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 10)	Ciclofaixa - faixa externa 3,66 m	0
	Ciclofaixa - faixa externa >3,66 m - 4,27 m	5
	Ciclofaixa - faixa externa >4,27 m	6
	Ciclovia	4
Conflitos (Valor máximo = 4)	Entradas de garagem e cruzamentos	1
	Ausência de barreiras	0.5
	Ausência de estacionamento lateral	1
	Presença de canteiros centrais	0.5
	Distância de visibilidade não obstruída	0.5
	Melhorias das interseções para o ciclismo	0.5
Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2)	> 48 km/h	0
	32 a 48 km/h	1
	24 a 32 km/h	2
Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2)	NS = E, F (ou 6 ou mais faixas de rodagem)	0
	NS = D (e menos que 6 faixas de rodagem)	1
	NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem)	2
Manutenção das vias (Valor máximo = 2)	Problemas frequentes ou maiores (mais de 1 problema a cada 1,61 km)	-1
	Problemas sem muita frequência ou menores (1 problema a cada 1,61 km ou menos)	0
	Sem problemas	2
Programas específicos para melhorar o transporte ciclovário (Valor máximo = 1)	Sem programas	0
	Programas existentes	1

Tabela 3.17: Sistema de pontuação do Nível de Serviço para estruturas cicláveis. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

Pontuação	Nível de Serviço	Descrição das vias
17 a 21	A	Vias seguras e atrativas; crianças podem usufruir sem a necessidade da supervisão de um adulto. Baixo índice de interação com veículos motorizados em facilidades para ciclistas contíguas à via ou segregadas. Bom nível de estrutura funcional e ótimas condições de pavimento.
14 a 17	B	Adequadas para qualquer classe de ciclistas; crianças podem usufruir sem a necessidade da supervisão de um adulto. Baixo índice de interação com veículos motorizados em facilidades para ciclistas contíguas à via ou segregadas. Bom nível de estrutura funcional e boas condições de conservação.
11 a 14	C	Adequadas para a maioria dos ciclistas. Nível moderado de interação com veículos motorizados. Presença de facilidades para ciclistas, na maioria das vezes, contíguas à via, sendo que em locais menos amigáveis para ciclistas, ao longo do corredor, podem existir facilidades segregadas para ciclistas. A via é normalmente caracterizada pela combinação de baixa velocidade, baixo volume de tráfego motorizado, rara ocorrência de conflitos e boas condições de superfície.
7 a 11	D	Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de estruturas funcionais voltadas ao ciclismo. Interação com veículos motorizados considerada de moderada a alta. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar cinco ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Se houver uma facilidade para ciclistas contígua à via, a via apresentará características que tornam esta via inadequada para ciclistas do grupo B, como alto volume e alta velocidade de veículos motorizados e conflitos frequentes.
3 a 7	E	Requer cuidado redobrado até para ciclistas do grupo A. Alto índice de interação com veículos motorizados. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar duas ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Conservação regular. Inadequadas para ciclistas do grupo B e níveis menos experientes.
<3	F	Inadequada para o ciclismo, de maneira geral. Alto índice de tráfego de automóveis. Oferece risco iminente para todos os grupos de ciclistas.

Tabela 3.18: Faixa de pontuação do Nível de Serviço para estruturas cicláveis. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

# Capítulo 4

## Trabalho proposto

Neste capítulo explicitou-se o funcionamento da aplicação computacional, como valores de entrada e saída de dados, demonstração do seu design e utilidade dos botões e caixas de texto, com detalhes sobre a linguagem de programação escolhida e o software utilizado. Também desenvolveu-se três tipos de Boletins de Inspeção, um para cada rede abordada (Rede viária urbana, Rede pedonal e Rede ciclável), com o intuito de facilitar a organização dos dados ainda em campo. Perante a necessidade de retirar o caráter subjetivo da coleta dos dados durante as medições, criou-se também um Guião de Inspeção.

### 4.1 Aplicação computacional

A aplicação computacional foi criada com o intuito de simplificar o tratamento de dados obtidos em campo em sistemas de avaliação da qualidade preexistentes. Sendo assim, para a utilização da aplicação, basta que após a coleta de dados os mesmos sejam repassados para ela. Dessa forma, cada aba da aplicação, representando uma das infraestruturas abordadas, vai requisitar os dados referentes a sua rede para retornar valores representativos da qualidade das suas respectivas infraestruturas de mobilidade.

Dessa forma, realizou-se a escrita do código na linguagem de programação Visual Basic, pela aplicação Visual Studio Community 2019 da Microsoft.

De acordo com o demonstrado nas páginas anteriores, em sua fase final, dividiu-se a

aplicação em três redes específicas, sendo elas: Rede viária urbana (Foco nos pavimentos flexíveis), Rede pedonal e Rede ciclável.

### 4.1.1 Rede viária urbana

Figura 4.1: Aplicação computacional: Rede viária urbana (Autoria própria)

Interface da aplicação:

1. **Abas** - Mudar o tipo de Infraestrutura de mobilidade avaliada.
2. **Quadro com texto** - Quadro com informações das classes avaliativas e das suas respectivas descrições.
3. **Quadro branco** - Quadro a ser preenchido pelo utilizador.
4. **Quadro cinza** - Quadro a ser preenchido pela aplicação.
5. **Quadro com cor** - Legenda dos sistemas avaliativos.
6. **Botão de Limpar** - Limpar todos os dados preenchidos nos Quadros.
7. **Botão de Salvar** - Salvar os dados preenchidos e os valores obtidos, em .csv ou .txt.

8. **Botão de Carregar** - Carregar os dados anteriormente salvos pela aplicação, em .csv ou .txt.

9. **Botão de Avaliar** - Executar a programação, avaliando a rede baseado nos dados preenchidos.

\*Obs: Os dados devem ser inseridos utilizando o ponto "." como separador de decimais. Por exemplo: "5,4" deve ser inserido como 5.4.

\*\*Obs: Para a aplicação funcionar corretamente faz-se necessário que o sistema operacional do computador esteja definido para utilizar o ponto "." como decimal ao invés da virgula ",".

Assim, tem-se na Figura 4.1:

- **Dados de entrada:**

Extensão da via (km); Largura da via (m); Fendilhamento (km); Peladas (km); Covas (km); Reparações (km); Rodeiras (km).

- **Dados de saída:**

IRI (mm/km); Avaliação (Valor numérico e classe do pavimento).

\*Obs: Todas as gravidades devem ter seus campos preenchidos.

Portanto, o trecho estudado poderá ter sua qualidade avaliada de Bom ( $IQ \geq 3,5$ ) até Mau ( $IQ < 1,5$ ).

## 4.1.2 Rede pedonal

Fatores	Pontos
Infra-estrutura disponível para peões ( Valor Máximo = 10)	<input type="text"/>
Conflitos (Valor Máximo = 4)	<input type="text"/>
Elementos de conforto (Valor Máximo = 2)	<input type="text"/>
Nível de Serviço para os veículos motorizados (Valor Máximo = 2)	<input type="text"/>
Manutenção (Valor Máximo = 2)	<input type="text"/>
Acessibilidade ao transporte coletivo (Valor Máximo = 1)	<input type="text"/>

NS	Descrição dos Níveis de Serviço
A	A via tem muitas características que atraem peões. Pouco conflito com
B	A via tem as mesmas características de uma via Nível A, mas dispõe de um
C	Via adequada para uso dos peões. Provavelmente apresenta algumas
D	Via adequada para uso dos peões, mas não atraente. A via apresenta deficiências
E	Via inadequada para peões. Não existem passeios ou eles são estreitos, com
F	Via inadequada para peões. Via projetada para tráfego intenso de veículos

Figura 4.2: Aplicação computacional: Rede pedonal (Autoria própria)

A estrutura base da interface da aplicação para a Rede pedonal será a mesma da Rede viária urbana, pode-se observá-la no ponto 4.1.1.

Assim, tem-se Figura 4.2:

- **Dados de entrada:**

Pontos avaliados para Infra-estrutura disponível para peões (unit); Conflitos (unit); Elementos de conforto (unit); Nível de Serviço para os veículos motorizados (unit); Manutenção (unit); Acessibilidade ao transporte coletivo (unit).

- **Dados de saída:**

Nível de Serviço da via (Valor Alfabético).

\*Obs: Todos os fatores tem valores máximos próprios e devem ter seus campos preenchidos.

Portanto, o trecho estudado poderá ter sua qualidade avaliada entre os Níveis de Serviço A até F, A sendo a melhor classificação possível e F sendo a pior classificação possível.



### 4.1.3 Rede ciclável

Fatores	Pontos	NS	Descrição dos Níveis de Serviço
Facilidades para bicicletas (Valor Máximo = 10)	<input type="text"/>	A	Vias seguras e atrativas; crianças podem usufruir sem a necessidade da ...
Conflitos (Valor máximo = 4)	<input type="text"/>	B	Adequadas para qualquer classe de ciclistas; crianças podem usufruir sem a ...
Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor Máximo = 2)	<input type="text"/>	C	Adequadas para a maioria dos ciclistas. Nível moderado de interação com ...
Nível de Serviço para os veículos motorizados (Valor Máximo = 2)	<input type="text"/>	D	Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de ...
Manutenção das vias (Valor Máximo = 2)	<input type="text"/>	E	Requer cuidado redobrado até para ciclistas do grupo A. Alto índice de interação ...
Programas específicos para melhorar o transporte ciclável (Valor Máximo = 1)	<input type="text"/>	F	Inadequada para o ciclismo, de maneira geral. Alto índice de tráfego de ...

Figura 4.3: Aplicação computacional: Rede ciclável (Autoria própria)

A estrutura base da interface da aplicação para a Rede ciclável será a mesma da Rede viária urbana, pode-se observá-la no ponto 4.1.1.

Assim, tem-se na Figura 4.3:

- **Dados de entrada:**

Facilidades para bicicletas (unit); Conflitos (unit); Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (unit); Nível de Serviço para os veículos motorizados (unit); Manutenção das vias (unit); Programas específicos para melhorar o transporte ciclável (unit).

- **Dados de saída:**

Nível de Serviço da via (Valor alfabético).

\*Obs: Todas os fatores tem valores máximos próprios e devem ter seus campos preenchidos.

Portanto, o trecho estudado poderá ter sua qualidade avaliada entre os Níveis de Serviço A até F, A sendo a melhor classificação possível e F sendo a pior classificação possível.

## **4.2 Boletim de inspeção**

Os boletins de inspeção foram elaborados com o intuito de auxiliar a organização dos dados recolhidos durante o trabalho de campo, que consiste na medição in loco de degradações e fatores anteriormente definidos para a Rede viária urbana, Rede pedonal e Rede ciclável, permitindo melhor controle sobre as informações obtidas no local estudado. Assim, desenvolveram-se os boletins pensando na facilidade para realizar os registros das medições, sendo possível levá-lo para o campo em formato digital, em arquivos do tipo Excel, Word, PDF,....

Os boletins criados seguem nos itens 4.2.1 (Tabela 4.1), 4.2.2 (Tabela 4.2) e 4.2.3 (Tabela 4.3).

## 4.2.1 Rede viária urbana

Seção de estudo:	Informações adicionais:						
	Tipos de degradação	Gravidade	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 5
Fendilhamento	1						
	2						
	3						
Degradação Superficial	1						
	2						
	3						
Covas (Ninhos)	1						
	2						
	3						
Reparações	1						
	2						
	3						
Rodeiras	1						
	2						
	3						
Observações							

Tabela 4.1: Boletim de inspeção para a Rede viária urbana (Autoria própria)

## 4.2.2 Rede pedonal

Seção de estudo:	Informações adicionais:		
Fatores considerados	Critérios	Trecho contabilizado (m)	Pontuação
Infraestrutura disponível para pedestres	Tipo de infraestrutura dominante.		
	Passeio livre de obstáculos e com largura efetiva mínima de 1,53 m.		
	Passeio com largura efetiva maior que 1,53 m.		
	Passeio isolado da via ou passeio alternativo paralelo à via.		
Conflitos	Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km.		
	Atraso nos sinais luminosos com tempo para pedestres menor que 40 segundos.		
	Dispositivos de redução de conflitos nas conversões.		
	Largura dos cruzamentos inferior a 18,3 m.		
	Velocidade dos veículos limitada a, no máximo, 56 km/h.		
	Existência de canteiro central ao longo da via.		
Elementos de conforto ao longo da via	Faixa ajardinada junto à guia com largura mínima de 1 m.		
	Bancos e iluminação adequada para pedestres.		
	Arborização que crie sombra.		
Nível de serviço para os veículos motorizados	Volume e o congestionamento do tráfego.		
Manutenção	Qualidade do pavimento.		
Acessibilidade ao transporte coletivo	A facilidade do acesso ao sistema de transporte coletivo.		
Observações		Total	

Tabela 4.2: Boletim de inspeção para Rede pedonal (Autoria própria)

### 4.2.3 Rede ciclável

Seção de estudo:	Informações adicionais:		
Fatores considerados	Crítérios	Trecho contabilizado (m)	Pontuação
Presença de instalações para ciclistas	Presença de ciclofaixas ou Presença de ciclovias.		
Conflitos	Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km.		
	Ausência de barreiras		
	Ausência de estacionamento lateral		
	Distância de visibilidade não obstruída		
	Melhoria das interseções para o ciclismo		
	Existência de canteiro central ao longo da via.		
Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas	O diferencial de velocidade é calculado comparando a velocidade média dos ciclistas e a velocidade máxima para automóveis permitida na via.		
Nível de Serviço para veículos motorizados	Volume e o congestionamento do tráfego.		
Manutenção	Qualidade do pavimento.		
Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário	Existência ou não de programas específicos para melhorar o transporte cicloviário		
Observações		<b>Total</b>	

Tabela 4.3: Boletim de inspeção para Rede ciclável (Autoria própria)

### 4.3 Guião de inspeção

Criou-se o guião de inspeção com a finalidade de estabelecer um modelo para futuras pesquisas de campo, pois torna-se necessário padronizar o método de levantamento de dados para que os valores obtidos não difiram entre si quando comparados entre trechos iguais.

Por exemplo, usa-se a aplicação para medir um mesmo Trecho X duas vezes, porém recolheu-se os dados de forma distinta nas duas ocasiões, seja pela mudança no técnico que está colhendo as informações ou pela mudança nos equipamentos utilizados. Dessa forma, não se pode afirmar que os valores obtidos na aplicação serão iguais, como deveriam ser, já que o mesmo padrão de coleta não foi adotado nas duas situações.

Sendo assim, mesmo sabendo que não se pode eliminar completamente a parcialidade das medições, este ponto tem o intuito de reduzir ao máximo a subjetividade encontrada na fase de levantamento de dados através da padronização da mesma.

Seguem nos itens 4.3.1 (Tabelas 4.4 e 4.5), 4.3.2 (Tabelas 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9) e 4.3.3 (Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12) os Guiões de inspeção desenvolvidos para cada infraestrutura de mobilidade.

## 4.3.1 Rede viária urbana

### 4.3.1.1 Fendilhamento e Defeitos de superfície







Quantificação		Classificação	
Fendilhamento	Defeitos de superfície	Fendilhamento	Defeitos de superfície
O grupo do fendilhamento engloba todo o tipo de fendas e pele de crocodilo.	Tendo em conta a semelhante contribuição de cada uma das degradações mencionadas dentro do termo defeitos de superfície, para o índice de qualidade global, optou-se por as agrupar.	<b>Gravidade 1</b>	
			
		Fenda isolada mas perceptível.	Anomalia com largura inferior a 30 cm.
<b>Localização</b>		<b>Gravidade 2</b>	
Extensão linear do trecho afectado (início e fim), em metros.			
Dados a observar		Fendas longitudinais ou transversais abertas e/ou ramificadas.	Anomalia com largura entre 30 a 100 cm.
Estado das fendas (largura e desagregação dos bordos).	Largura da anomalia.	<b>Gravidade 3</b>	
<b>Procedimento de medição</b>			
Medição feita visualmente em campo, e dados tratados dentro da aplicação desenvolvida no próprio estudo.		Pele de crocodilo.	Anomalia com largura superior a 100 cm.

Tabela 4.4: Como proceder para a análise visual das anomalias Fendilhamento e Defeitos de superfície. Adaptado de (EP, 2008)

#### 4.3.1.2 Reparções, Deformações e Movimentos de materiais

Quantificação			Classificação		
Covas	Rodeiras	Reparações	Covas	Rodeiras	Reparações
<p>Cavidades de forma arredondada localizadas na camada de desgaste, podendo progredir para as camadas inferiores, resultantes da evolução de outras degradações do pavimento.</p>			<p><b>Gravidade 1</b></p> 		
<p>Deformação transversal localizada ao longo da zona de passagem dos rodados dos veículos pesados.</p>			<p>Máxima profundidade da rodeira: &lt; 10 mm.</p>		
<p>Neste grupo pretende-se que o observador classifique as reparações observáveis na camada de desgaste.</p>			<p>Reparações bem executadas.</p>		
Localização			Gravidade 2		
<p>Localização do ponto afectado, no caso de cova isolada ou muito próximas.</p>					
<p>Extensão linear do trecho afectado (início e fim), em metros.</p>			<p>Máxima profundidade da rodeira: 10 a 30 mm.</p>		
<p>Reparações com baixa qualidade de execução ou má elaboração das juntas.</p>			<p><b>Gravidade 3</b></p> 		
Dados a observar			<p>Máxima profundidade da cova: entre 2 e 4 cm.</p>		
Profundidade das covas.	Profundidade máxima da rodeira em milímetros.	Estado de reparação.	<p>Máxima profundidade da rodeira: &gt; 30 mm.</p>		
Procedimento de medição			<p>Reparações mal executadas.</p>		
<p>Medição feita visualmente em campo, e dados tratados dentro da aplicação desenvolvida no próprio estudo.</p>			<p>Máxima profundidade da cova superior a 4 cm.</p>		

Tabela 4.5: Como proceder para a análise visual das anomalias Covas, Rodeiras e Reparções. Adaptado de (EP, 2008)



## 4.3.2 Rede pedonal

### 4.3.2.1 Infraestrutura disponível para peões, Conflitos e Elementos de conforto ao longo da via

<b>Infraestrutura disponível para peões</b>			
<b>Critérios considerados</b>			
Tipo de infraestrutura dominante.	Passeio livre de obstáculos e com largura efetiva mínima de 1,53 m.	Passeio com largura efetiva maior que 1,53 m.	Passeio isolado da via ou passeio alternativo paralelo à via.
<b>Dados a observar</b>			
Tipos de passeios existentes.	Largura efetiva do passeio, em metros.	Presença de passeio isolado ou alternativa paralela à via.	
<b>Tipificação dos dados a observar</b>		<b>Tipificação dos dados a observar</b>	
Passeio contínuo em um dos lados; contínuo em ambos os lados; descontínuo; não existente.		Distância do passeio de no máximo 400 m da via.	
<b>Procedimentos de medição</b>			
Medição feita visualmente em campo, e dados tratados dentro da aplicação desenvolvida no próprio estudo.			

Tabela 4.6: Como proceder para a análise visual do fator Infraestrutura disponível para peões. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

<b>Conflitos</b>					
<b>Critérios considerados</b>					
Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km.	Atraso nos sinais luminosos com tempo para peões menor que 40 segundos.	Dispositivos de redução de conflitos nas conversões.	Largura dos cruzamentos inferior a 18,3 m.	Velocidade dos veículos limitada a, no máximo, 56 km/h.	Existência de canteiro central ao longo da via.
<b>Dados a observar</b>					
Quantidade de entradas de veículos e vias transversais.	Tempo de espera do peão no horário de pico.	Presença de travessia de peões.	Largura da via, em metros.	Velocidade máxima dos veículos.	Presença de canteiros centrais ao longo da via (Desconsiderar cruzamentos).
<b>Tipificação dos dados a observar</b>					
A cada 1,61 km.					
<b>Procedimentos de medição</b>					
Medição feita visualmente em campo, e dados tratados dentro da aplicação desenvolvida no próprio estudo.					

Tabela 4.7: Como proceder para a análise visual do fator Conflitos para a Rede pedonal. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

<b>Elementos de conforto ao longo da via</b>		
<b>Critérios considerados</b>		
Faixa ajardinada junto à guia com largura mínima de 1 m.	Bancos e iluminação adequada para pedestres.	Arborização que crie sombra.
<b>Dados a observar</b>		
Presença de faixa ajardinada (Desconsiderar faixas com interseções).	Presença de bancos e iluminação para pedestres.	Presença de árvores que produzam sombra.
<b>Procedimentos de medição</b>		
Medição feita visualmente, em campo, e dados tratados dentro dos programas desenvolvidos no próprio estudo.		

Tabela 4.8: Como proceder para a análise visual do fator Elementos de conforto ao longo da via para a Rede pedonal. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

#### 4.3.2.2 Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo

<b>Nível de serviço para os veículos motorizados</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Acessibilidade ao transporte coletivo</b>
<b>Critérios considerados</b>		
Volume e o congestionamento do tráfego.	Qualidade do pavimento.	A facilidade do acesso ao sistema de transporte coletivo.
<b>Dados a observar</b>		
Quantidade de faixas de tráfego na via.	Presença de fissuras, remendos, ondulações,...	Presença de passeios em ambos os lados da rua, juntos aos pontos de parada de ônibus;
		Presença de local com banco ou abrigo ao longo do segmento de estudo.
		<b>Tipificação dos dados a observar</b>
Ao menos 1 banco a cada 1,61 km.		
<b>Procedimentos de medição</b>		
Medição feita visualmente em campo, e dados tratados dentro da aplicação desenvolvida no próprio estudo.		

Tabela 4.9: Como proceder para a análise visual dos fatores Nível de Serviço para os veículos motorizados, Manutenção e Acessibilidade ao transporte coletivo para a Rede pedonal. Adaptado de (Oliveira Aguiar, 2003)

### 4.3.3 Rede ciclável

#### 4.3.3.1 Presença de instalações para ciclistas e Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas

Presença de instalações para ciclistas	Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas
<b>Critérios considerados</b>	
Presença de ciclofaixas ou Presença de ciclovias.	O diferencial de velocidade é calculado comparando a velocidade média dos ciclistas e a velocidade máxima para automóveis permitida na via.
<b>Dados a observar</b>	
Largura da faixa de tráfego, contendo a ciclofaixa ou largura mínima da ciclovia de 2,44 m e localizada à, no máximo, 0,4 km da via de tráfego veicular.	Velocidade média dos ciclistas e Velocidade média permitida na via.
<b>Procedimentos de medição</b>	
Medição feita visualmente, em campo, e dados tratados dentro dos programas desenvolvidos no próprio estudo.	

Tabela 4.10: Como proceder para a análise visual dos fatores Presença de instalações para ciclistas e Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

#### 4.3.3.2 Nível de Serviço para veículos motorizados, Manutenção das vias e Programas específicos para melhorar o transporte ciclável

<b>Nível de Serviço para veículos motorizados</b>	<b>Manutenção das vias</b>	<b>Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário</b>
<b>Critérios considerados</b>		
Volume de veículos motorizados e o Congestionamento.	Condições que refletem o abandono e a falta de manutenção da superfície da via ou deficiências construtivas que criam problemas crônicos de manutenção.	Existência ou não de programas específicos para melhorar o transporte cicloviário.
<b>Dados a observar</b>		
Quantidade de faixas de tráfego para veículos.	Presença, frequência e magnitude de problemas.	Presença de programas de apoio do transporte cicloviário.
<b>Procedimentos de medição</b>		
Medição feita visualmente em campo, e dados tratados dentro da aplicação desenvolvida no próprio estudo.		

Tabela 4.11: Como proceder para a análise visual dos fatores Nível de Serviço para veículos motorizados, Manutenção das vias e Programas específicos para melhorar o transporte ciclável. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

### 4.3.3.3 Conflitos

<b>Conflitos</b>					
<b>Critérios considerados</b>					
Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km.	Ausência de barreira na facilidade para bicicletas.	Ausência de estacionamento lateral.	Presença de canteiros centrais.	Distância de visibilidade não obstruída.	Melhorias das interseções para o ciclismo.
<b>Dados a observar</b>					
Quantidade de entradas de veículos e vias transversais.	Presença de obstáculos que provocam uma descontinuidade da facilidade para bicicletas.	Presença de estacionamento lateral.	Presença de canteiros centrais.	Velocidade média dos ciclistas.	Presença de intervenções exteriores a via.
<b>Tipificação dos dados a observar</b>					<b>Tipificação dos dados a observar</b>
A cada 1,61 km.					Marcações de piso e variações de desenho.
<b>Procedimentos de medição</b>					
Medição feita visualmente em campo, e dados tratados dentro da aplicação desenvolvida no próprio estudo.					

Tabela 4.12: Como proceder para a análise visual do fator Conflitos para a Rede ciclável. Adaptado de (Monteiro e Campos, 2011)

# Capítulo 5

## Estudo de caso

Tendo como objetivo validar a aplicação computacional criada durante o desenvolvimento desta dissertação realizou-se um estudo de caso em dois Trechos localizados na Avenida Circular Interior de Bragança (Entre a Rotunda da Rua da Nogueira e a Rotunda da Av. Abade de Baçal). Este estudo baseou-se em medições em campo das patologias e dos fatores já abordados em capítulos anteriores, que podem ser utilizados para determinar a qualidade das Redes viárias urbanas, das Redes pedonais e das Redes cicláveis.

Sendo assim, realizaram-se as medições em campo através da utilização dos seguintes itens:

1. Fita métrica com 5 metros de extensão.
2. Roda de medição com limite de 10000 metros.
3. Réguas de 30 e 50 centímetros.
4. Telefone celular com câmera fotográfica, leitor de arquivos .pdf e bloco de notas.

Para descobrir o comprimento, largura e profundidade necessários para a determinação das gravidades e áreas de atuação das anomalias no pavimento flexível, alternou-se o uso da fita métrica, da roda de medição e das réguas de 30 e 50 cm. Tudo dependendo da situação mais adequada para o uso de cada uma das ferramentas disponíveis.

As composições e espessuras de projeto dos pavimentos foram disponibilizados pela Câmara Municipal de Bragança (CMB) e estão descritos como retirados das anotações de obra nas Figuras 5.1, 5.2 e 5.3:

- Estratificação da Rede viária urbana: Camada de desgaste em betuminoso com 0,05 m de espessura + Camada de regularização em betuminoso com 0,06 m de espessura + Base com 15 cm de Tout-Venant + Sub-base com 15 cm de Tout-Venant.

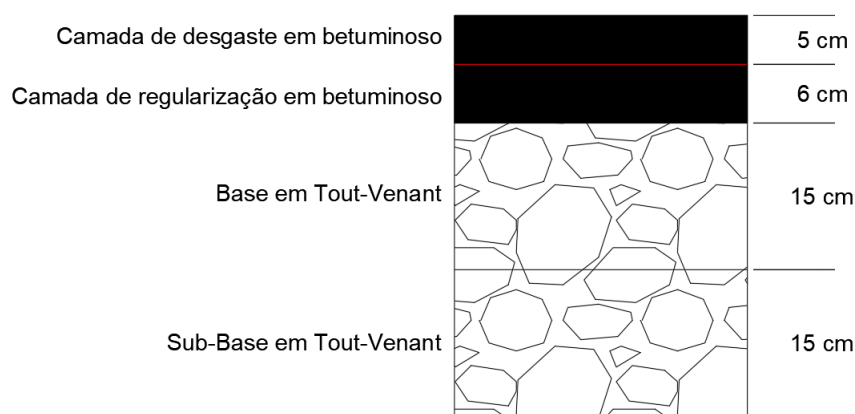


Figura 5.1: Esquema para a estratificação da Rede viária urbana. Adaptado de (CMB, 2011)

- Estratificação da Rede pedonal: Pavê retangular de betão cinza com 20x10x6 cm + Argamassa de areia e cimento ao traço de 4:1 com 10 cm de espessura + Base com 20 cm de Tout-Venant.

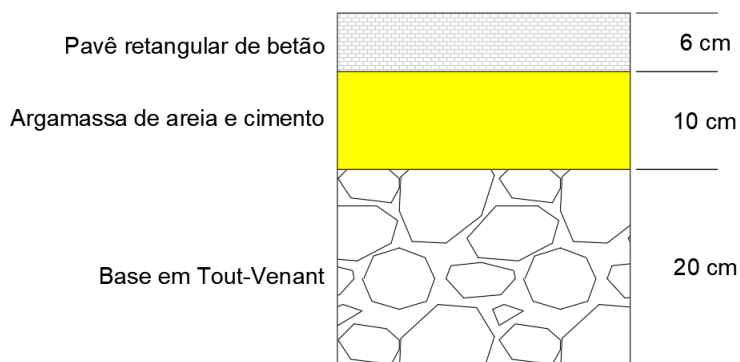


Figura 5.2: Esquema para a Estratificação da Rede pedonal. Adaptado de (CMB, 2011)



- Estratificação da Rede ciclável: Camada de desgaste em argamassa sintética, cor vermelha, com acabamento em areia, com 0,02 m de espessura + Camada de regularização betuminosa com 8 cm de espessura + Base com 20 cm de Tout-Venant.

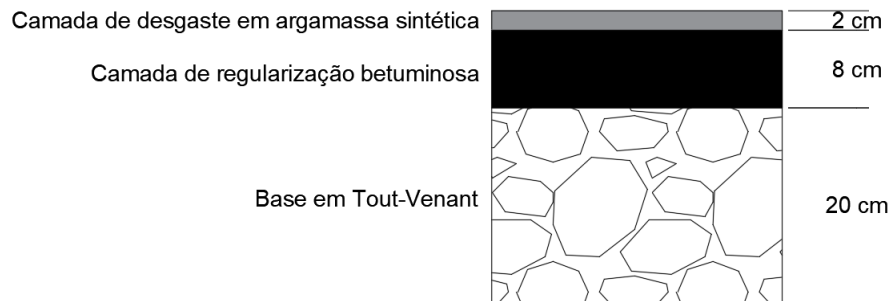


Figura 5.3: Esquema para a Estratificação da Rede ciclável. Adaptado de (CMB, 2011)

Cabe também expor que realizaram-se as medições de forma individual pelo autor da dissertação. Sendo assim, utilizou-se do bloco de notas do telefone celular em vez dos boletins de inspeção pela maior usabilidade em manusear a roda de medição, a fita métrica e as réguas, enquanto se mantinha registo fotográfico e descritivo das degradações. Portanto, dispensou-se o uso dos boletins de inspeção durante a etapa de coleta de dados, preenchendo-os apenas após o término das medições.

## 5.1 Trecho 1: Entre a Rotunda da Avenida Luciano Cordeiro e a Rotunda da Rua da Nogueira



Figura 5.4: Vista superior do Trecho 1. Adaptado de (GOOGLE, 2020)

Mediu-se a distância deste Trecho (Figura 5.4) entre o começo da ciclovia, na Rua Luciano Cordeiro, até a divisão entre o passeio e a ciclovia através do aparecimento da área gramada. Assim, contabilizaram-se 770 metros de comprimento, medindo-se com a roda de medição, na faixa da direita da ciclovia, no sentido do seu começo até a sua separação.

Destes 770 m, dividiu-se o Trecho em 2 SubTremos (o primeiro até 193 metros e o segundo dos 193 m até os 770 m) para melhor observância da variação qualitativa que a aplicação pode proporcionar em variados casos, e se, na prática, percebe-se esta variação. Desse modo, existe uma clara divisão no pavimento flexível que demarca, mesmo visualmente, 2 SubTremos distintos, como é possível observar na Figura 5.5. Portanto,

este foi o ponto utilizado para diferenciar os SubTrechos.

Também pode-se observar na Figura 5.6 que o projeto disponibilizado pela Câmara engloba apenas o SubTrecho 2 do Trecho 1. O que corrobora com a ideia de que os SubTrechos do Trecho 1 foram executados em épocas distintas.



Figura 5.5: Divisão entre os Subtrechos do Trecho 1 (Autoria própria)

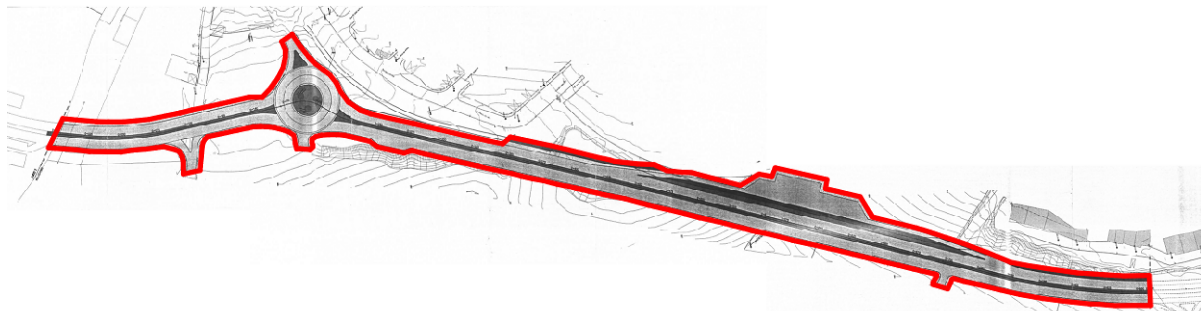


Figura 5.6: Traçado do Trecho 1: SubTrecho 2. Adaptado de (CMB, 2011)

Nesse contexto, necessitou-se de cinco dias para a análise completa do Trecho 1, sendo um deles destinado a ciclovia e passeio, e os outros focados no pavimento flexível. Dessa forma, o primeiro passo, junto com a medição do comprimento da via e a sua divisão, foi

a medição das larguras do trajeto, que são:

1. Ciclovia com 3 metros de largura e duas vias de trânsito, as duas seguindo sentidos opostos.
2. Passeio com variações na sua largura, porém com 2,7 metros na maior parte de sua extensão.
3. Arruamento com 7 metros de largura e duas vias de trânsito, as duas vias seguindo o mesmo sentido.
4. Separador central com 3 metros de largura.

Assim, a Figura 5.7 representa o perfil da via no Trecho 1.

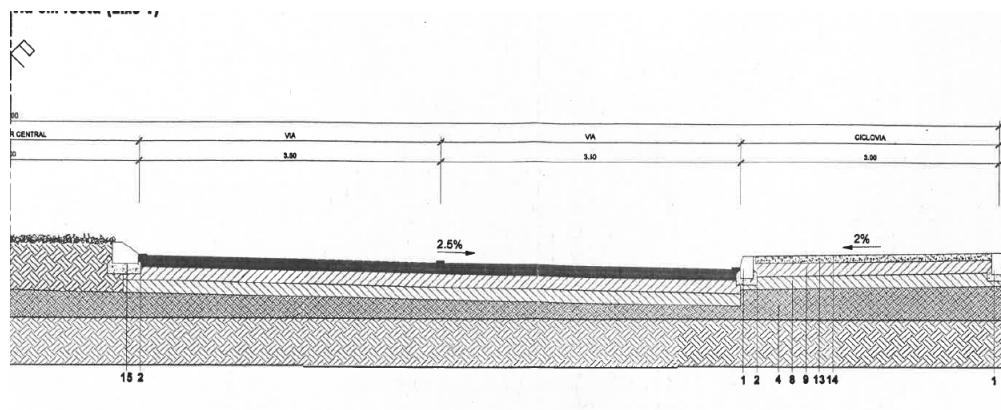


Figura 5.7: Perfil Transversal do Trecho 1. Adaptado de (CMB, 2011)

Vale salientar que mediu-se o Trecho no sentido Avenida Luciano Cordeiro à Rua da Nogueira. Portanto, analisou-se apenas a faixa de rodagem que segue este sentido, pois o objetivo era medir os 3 modais propostos (Arruamento, Passeio e Ciclovia) em apenas um trecho.

Após estes passos iniciais, realizaram-se as medições de cada modal proposto.

### 5.1.1 Rede viária urbana

Dividiu-se as medições das anomalias relacionadas ao pavimento flexível em quatro dias distintos. Separando-se da seguinte forma:

- Dia 1: Dados iniciais (largura da via e observação visual) e Início do Fendilhamento.
- Dia 2: Conclusão do Fendilhamento.
- Dia 3: Covas e Reparações.
- Dia 4: Defeitos de superfície e Rodeiras.

Desta maneira, a Figura 5.8 representa a situação das anomalias do Trecho 1.



Figura 5.8: Anomalias encontradas na Rede viária urbana do Trecho 1 - Fendilhamento, Covas, Reparações e Def. sup., em sentido horário (Autoria própria)

Portanto, ao final das medições no Trecho 1, obtiveram-se os resultados representados nos subitens 5.1.1.1 (Tabela 5.1), 5.1.1.2 (Tabela 5.2) e 5.1.1.3:



### 5.1.1.1 Covas e Defeitos de superfície

<b>Covas</b>			<b>Deg. Superficial</b>		
<b>Trecho total (km)</b>			<b>Trecho total (km)</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
0,045	0,008	0	0,152	0,384	0,018
<b>SubTrecho 1 (0 a 193)</b>			<b>SubTrecho 1 (0 a 193)</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
0,015	0,001	0	0,020	0,001	0,014
<b>SubTrecho 2 (193 a 770)</b>			<b>SubTrecho 2 (193 a 770)</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
0,030	0,007	0	0,132	0,383	0

Tabela 5.1: Covas e Defeitos de superfície no Trecho 1 (Autoria própria)

### 5.1.1.2 Fendilhamento e Reparações

<b>Fendilhamento</b>			<b>Reparações</b>		
<b>Trecho total (km)</b>			<b>Trecho total (km)</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
0,031	0,205	0,063	0	0,0071	0
<b>SubTrecho 1 (0 a 193)</b>			<b>SubTrecho 1 (0 a 193)</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
0,001	0,017	0,022	0	0	0
<b>SubTrecho 2 (193 a 770)</b>			<b>SubTrecho 2 (193 a 770)</b>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
0,030	0,188	0,041	0	0,0071	0

Tabela 5.2: Fendilhamento e Reparações no Trecho 1 (Autoria própria)

### 5.1.1.3 Rodeiras

Não foram encontradas Rodeiras no Trecho auscultado. Porém, realizaram-se as medições com réguas de 30 e 50 cm, o que, muito provavelmente, afetou os resultados para as Rodeiras, já que réguas maiores e mais especializadas (ao menos com a adição de um nível) teriam maior capacidade em medi-las.

A partir da disposição dos dados dos subitens 5.1.1.1, 5.1.1.2 e 5.1.1.3 na aplicação, obtiveram-se os resultados representados nas Figuras 5.9, 5.10 e 5.11:

The screenshot shows the 'Form1' application window with the following data and layout:

- Inputs:**
  - Extensão da via (km): 0.77
  - IRI (mm/km): 2500
  - Largura da via (m): 7
  - Sem degradação (km): 0.471
  - Gravidade 1 (km): 0.031
  - Gravidade 2 (km): 0.205
  - Gravidade 3 (km): 0.063
  - Avaliação: 3.02
- Table of Classes:**

Classes	Descrição das Classes
Bom	Rede nova. Sem necessidade de intervenção.
Razoável	Rede estabilizada. intervenções dependem da
Mediocre	Rede a atribuir prioridades de intervenção.
Mau	Rede a intervir.
- Buttons:** Avaliar, Limpar, Salvar, Carregar

Figura 5.9: Saída dos dados para o Trecho 1: Total (Autoria própria)

The screenshot shows the 'Form1' application window with the following data and layout:

- Inputs:**
  - Extensão da via (km): 0.193
  - IRI (mm/km): 1500
  - Largura da via (m): 7
  - Sem degradação (km): 0.153
  - Gravidade 1 (km): 0.001
  - Gravidade 2 (km): 0.017
  - Gravidade 3 (km): 0.022
  - Avaliação: 3.64
- Table of Classes:**

Classes	Descrição das Classes
Bom	Rede nova. Sem necessidade de intervenção.
Razoável	Rede estabilizada. intervenções dependem da
Mediocre	Rede a atribuir prioridades de intervenção.
Mau	Rede a intervir.
- Buttons:** Avaliar, Limpar, Salvar, Carregar

Figura 5.10: Saída dos dados para o Trecho 1: SubTrecho 1 (Autoria própria)

Extensão da via (km)	IRI (mm/km)	Largura da via (m)	Classes					Descrição das Classes	
0.577	2500	7	Bom						Rede nova. Sem necessidade de intervenção.
			Razoável						Rede estabilizada, intervenções dependem da
			Medíocre						Rede a atribuir prioridades de intervenção.
			Mau						Rede a intervir.

Figura 5.11: Saída dos dados para o Trecho 1: SubTrecho 2 (Autoria própria)

Sendo assim, observou-se que o SubTrecho 1 apresenta qualidade superior ao SubTrecho 2, onde existe variação da classe de Bom, no primeiro, para Razoável, no segundo. Ainda, como já explicitado em capítulos anteriores, tem-se que Bom significa "Uma rede nova. Sem necessidade de intervenção." e Razoável significa "Uma rede estabilizada, intervenções dependem da evolução da perda de qualidade".

Nesse contexto, percebeu-se em campo que existe diferença palpável na qualidade dos SubTremos estudados, o que comprovou-se através da inserção dos dados medidos dentro da aplicação. Cabe salientar que o SubTrecho 2 teve sua execução finalizada em meados de 2012, tendo cerca de 8 anos atualmente. Infelizmente, não se soube a idade do Subtrecho 1, porém, muito provavelmente, teve sua execução ao mesmo tempo da Rotunda que o interliga, sendo mais antigo que o SubTrecho 2.

Assim, constatou-se que mesmo se tratando de um Trecho único, onde a quantidade de veículos por dia é igual para ambos os SubTremos, o desgaste do pavimento é variante não apenas deste fator, sendo, neste caso, a qualidade da execução da via impactante direta na sua vida útil.

Também verificou-se que o Trecho 1 tem qualidade mais próxima ao do Subtrecho 2, pois este Subtrecho é responsável por cerca de 75% do Trecho estudado. Portanto, o



Trecho 1 é classificado como Razoável, com nota pouco acima do SubTrecho 2.

### 5.1.2 Rede pedonal e Rede ciclável

Dividiram-se as medições dos fatores relacionadas ao passeio e a ciclovia em apenas um dia. Assim, seguem fotos do local na Figura 5.12, demonstrando a qualidade atual da Infraestrutura.



Figura 5.12: Fotografias do estado das Redes pedonal e ciclável do Trecho 1 (Autoria própria)

Cabe ressaltar que os métodos utilizados para a avaliação do passeio e da ciclovia foram ambos criados por DIXON (Oliveira Aguiar, 2003) e (Monteiro e Campos, 2011), e envolvem uma avaliação mais qualitativa do que a da Rede viária urbana.

Assim, ao final das medições, obtiveram-se os seguintes resultados para o Trecho 1:

Seção de estudo:		Informações adicionais:	
Fatores considerados	Critérios	Trecho contabilizado (m) - 770 m	Pontuação
Infraestrutua disponível para peões	Tipo de infraestrutura dominante.	Passeio contínuo em um dos lados	4
	Passeio livre de obstáculos e com largura efetiva mínima de 1,53 m.	Inexistente	0
	Passeio com largura efetiva maior que 1,53 m.	Existente	1
	Passeio isolado da via ou passio alternativo paralelo à via.	Existente na área de estacionamento	1
Conflitos	Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km.	Apenas duas entradas de veículos em 770 metros	1
	Atraso nos sinais luminosos com tempo para peões menor que 40 segundos.	Não existem sinais de tráfego na região	0
	Dispositivos de redução de conflitos nas conversões.	Existem travessias de pedestres nas interseções	0,5
	Largura dos cruzamentos inferior a 18,3 m.	São 7 metros para fazer o cruzamento da via até o canteiro central	0,5
	Velocidade dos veículos limitada a, no máximo, 56 km/h.	A média de velocidade dos veículos em campo foi de 51,29 km/h	0,5
	Existência de canteiro central ao longo da via.	Existe canteiro central ao longo da via	1
Elementos de conforto ao longo da via	Faixa ajardinada junto à guia com largura mínima de 1 m.	Inexistente	0
	Bancos e iluminação adequada para peões.	Inexistente	0
	Arborização que crie sombra.	Existe ao longo do passeio	0,5
Nível de serviço para os veículos motorizados	Volume e o congestionamento do tráfego.	A, B ou C	2
Manutenção	Qualidade do pavimento.	Sem problemas	2
Acessibilidade ao transporte coletivo	A facilidade do acesso ao sistema de transporte coletivo.	Inexistente	0
Observações		<b>Total</b>	<b>14</b>

Tabela 5.3: Boletim de inspeção preenchido para a Rede pedonal do Trecho 1 (Autoria própria)

A partir do Boletim de inspeção representado pela Tabela 5.3, preencheu-se a aplicação, que retornou o valor de Nível de Serviço representado na Figura 5.13:

Fatores	Pontos
Infra-estrutura disponível para peões ( Valor Máximo = 10)	6
Conflitos (Valor Máximo = 4)	3.5
Elementos de conforto (Valor Máximo = 2)	0.5
Nível de Serviço para os veículos motorizados (Valor Máximo = 2)	2
Manutenção (Valor Máximo = 2)	2
Acessibilidade ao transporte coletivo (Valor Máximo = 1)	0

NS	Descrição dos Níveis de Serviço
A	A via tem muitas características que atraem peões. Pouco conflito com
B	A via tem as mesmas características de uma via Nível A, mas dispõe de um
C	Via adequada para uso dos peões. Provavelmente apresenta algumas
D	Via adequada para uso dos peões, mas não atraente. A via apresenta deficiências
E	Via inadequada para peões. Não existem passeios ou eles são estreitos, com
F	Via inadequada para peões. Via projetada para tráfego intenso de veículos

Figura 5.13: Saída dos dados para a Rede pedonal do Trecho 1 (Autoria própria)

Nesse contexto, observa-se que o Nível de Serviço do passeio ao longo do Trecho 1 é designado como Nível "C", que indica uma via "Adequada para uso de peões. Provavelmente apresenta algumas deficiências de manutenção e tráfego de veículos intenso e com alta velocidade. O conflito entre peões e veículos é moderado."

Seção de estudo:	Informações adicionais:		
Fatores considerados	Critérios	Trecho contabilizado (m) - 770 m	Pontuação
<b>Presença de instalações para ciclistas</b>	Presença de ciclofaixas ou Presença de ciclovias.	Presença de ciclovia com 3 metros de largura	4
<b>Conflitos</b>	Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km.	Apenas duas entradas de veículos em 770 metros	1
	Ausência de barreiras	Ausente	0,5
	Ausência de estacionamento lateral	Existe estacionamento lateral em trechos da ciclovia	0
	Distância de visibilidade não obstruída	Distância de visibilidade não obstruída devido a suavidade das curvas	0,5
	Melhoria das interseções para o ciclismo	Inexistente	0
	Existência de canteiro central ao longo da via.	Existe canteiro central ao longo da via	0,5
<b>Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas</b>	O diferencial de velocidade é calculado comparando a velocidade média dos ciclistas e a velocidade máxima para automóveis permitida na via.	26	2
<b>Nível de Serviço para veículos motorizados</b>	Volume e o congestionamento do tráfego.	A, B ou C	2
<b>Manutenção</b>	Qualidade do pavimento.	Problemas frequentes ou maiores	-1
<b>Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário</b>	Existência ou não de programas específicos para melhorar o transporte cicloviário	Existem bicicletários próximo ao trecho analisado	1
<b>Observações</b>		<b>Total</b>	<b>10,5</b>

Tabela 5.4: Boletim de inspeção preenchido para a Rede ciclável do Trecho 1 (Autoria própria)

A partir do Boletim de inspeção representado pela Tabela 5.4, preencheu-se a aplicação, que retornou o valor de Nível de serviço representado na Figura 5.14:

Fatores	Pontos	NS	Descrição dos Níveis de Serviço
Facilidades para bicicletas (Valor Máximo = 10)	4	A	Vias seguras e atrativas; crianças podem usufruir sem a necessidade da ...
Conflitos (Valor máximo = 4)	2.5	B	Adequadas para qualquer classe de ciclistas; crianças podem usufruir sem a ...
Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor Máximo = 2)	2	C	Adequadas para a maioria dos ciclistas. Nível moderado de interação com ...
Nível de Serviço para os veículos motorizados (Valor Máximo = 2)	2	D	Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de ...
Manutenção das vias (Valor Máximo = 2)	-1	E	Requer cuidado redobrado até para ciclistas do grupo A. Alto índice de interação ...
Programas específicos para melhorar o transporte ciclável (Valor Máximo = 1)	1	F	Inadequada para o ciclismo, de maneira geral. Alto índice de tráfego de ...

Nível de Serviço: D

Botões: Avaliar, Limpar, Salvar, Carregar

Figura 5.14: Saída dos dados para a Rede ciclável do Trecho 1 (Autoria própria)

Neste caso, constata-se que o Nível de Serviço da ciclovia ao longo do Trecho 1 é designado como Nível "D", que indica uma via "Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de estruturas funcionais voltadas ao ciclismo. Interação com veículos motorizados considerada de moderada a alta. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar cinco ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Se houver uma facilidade para ciclistas contígua à via, a via apresentará características que tornam esta via inadequada para ciclistas do grupo B, como alto volume e alta velocidade de veículos motorizados e conflitos frequentes."

## 5.2 Trecho 2: Entre a Rotunda da Avenida Abade de Baçal e a Rotunda da Avenida Luciano Cordeiro



Figura 5.15: Vista superior do Trecho 2. Adaptado de (GOOGLE, 2020)

Mediu-se a distância deste Trecho (Figura 5.15) entre o começo da ciclovia, próxima a Avenida Abade de Baçal, até a linha de paragem da última travessia pedonal antes da rotunda. Assim, contabilizaram-se 406 metros de comprimento, medindo-se com a roda de medição, na faixa da esquerda da ciclovia, no sentido do seu começo até o seu final.

Destes 406 m, dividiu-se o Trecho em 2 SubTremos (o primeiro até 329 metros e o segundo dos 329 m até 406 m) para melhor observância da variação qualitativa que a aplicação pode proporcionar em variados casos, e se, na prática, percebe-se esta variação. Desse modo, existe uma clara divisão no pavimento flexível que demarca, mesmo visualmente, 2 SubTremos distintos, como é possível observar na Figura 5.16. Portanto, este foi o ponto utilizado para diferenciar os SubTremos.



Também pode-se observar na Figura 5.17 que o projeto disponibilizado pela CMB engloba apenas o SubTrecho 2 do Trecho 2. O que comprova que os SubTrecos do Trecho 2 foram executados em épocas diferentes.



Figura 5.16: Divisão entre os SubTrecos do Trecho 2 (Autoria própria)

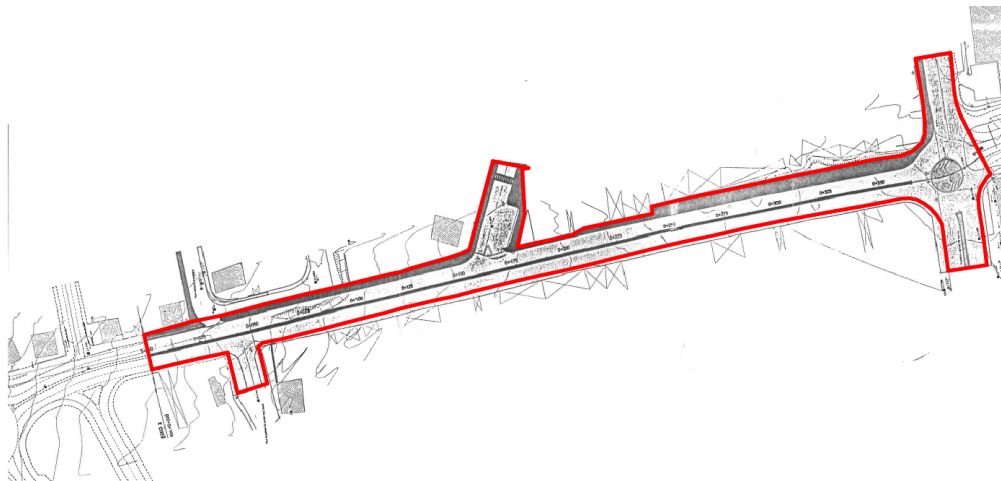


Figura 5.17: Traçado do Trecho 2: SubTrecho 2. Adaptado de (CMB, 2011)

Dessa maneira, o primeiro passo, junto com a medição do comprimento da via e a sua divisão foi a medição das larguras do trajeto, que são:

1. Ciclovia com 2,8 metros de largura e duas vias de trânsito, as duas seguindo sentidos opostos.
2. Inexistência de passeio, sendo a ciclovia responsável por ser a infraestrutura de transporte utilizada para locomoção dos peões por este lado da via.
3. Arruamento com 6 metros de largura e duas vias de trânsito, as duas vias seguindo o mesmo sentido.
4. Separador Central com 1,2 metros de largura.

Assim, a Figura 5.18 representa o perfil da via no Trecho 2.

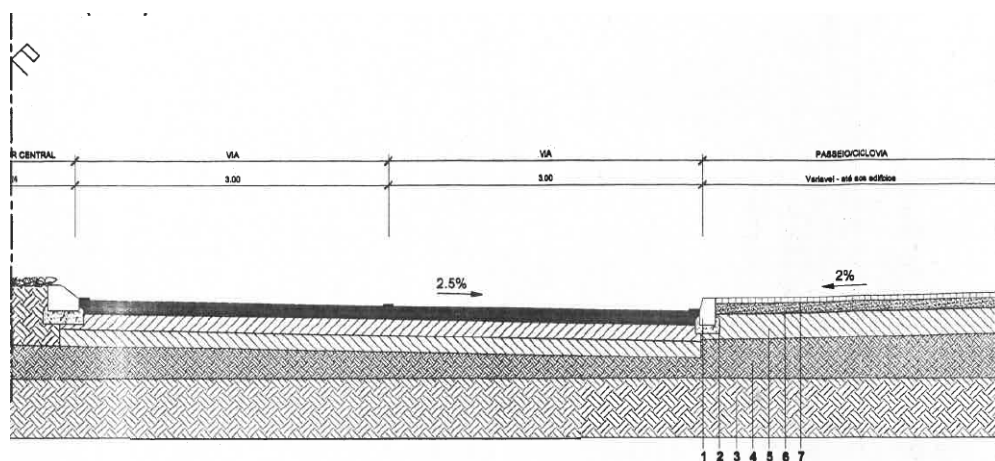


Figura 5.18: Perfil Transversal do Trecho 2. Adaptado de (CMB, 2011)

Necessitou-se de quatro dias para a análise completa do Trecho 2, sendo parte de um deles destinado a ciclovia e passeio, e o restante focado no pavimento flexível.

Vale ressaltar que mediu-se o Trecho no sentido Avenida Abade de Baçal à Avenida Luciano Cordeiro. Portanto, analisou-se apenas a faixa de rodagem que segue este sentido, pois o objetivo era medir os 3 modais propostos (Arruamento, Passeio e Ciclovia) em apenas um trecho.

Após estes passos iniciais, realizaram-se as medições de cada modal proposto.



### 5.2.1 Rede viária urbana

Dividiu-se as medições das anomalias relacionadas ao pavimento flexível em quatro dias distintos. Separando-se da seguinte forma:

- Dia 1: Dados iniciais (largura da via e observação visual) e Início das Reparações.
- Dia 2: Fendilhamento.
- Dia 3: Covas e Rodeiras.
- Dia 4: Defeitos de superfície e Conclusão das Reparações.

Desta maneira, a Figura 5.19 representa a situação das anomalias do Trecho 2.



Figura 5.19: Anomalias encontradas na Rede viária urbana do Trecho 2 - Fendilhamento, Covas e Reparações, em sentido horário (Autoria própria)

Assim, ao final das medições no Trecho 2, obtiveram-se os resultados nos subitens 5.2.1.1 (Tabela 5.5), 5.2.1.2 (Tabela 5.6) e 5.2.1.3:

### 5.2.1.1 Covas e Defeitos de superfície

Covas			Deg. Superficial		
Trecho total (km)			Trecho total (km)		
1	2	3	1	2	3
0,059	0,007	0,000	0	0	0
SubTrecho 1 (0 a 329)			SubTrecho 1 (0 a 329)		
1	2	3	1	2	3
0,051	0,005	0,000	0	0	0
SubTrecho 2 (329 a 406)			SubTrecho 2 (329 a 406)		
1	2	3	1	2	3
0,008	0,002	0,000	0	0	0

Tabela 5.5: Covas e Defeitos de superfície no Trecho 2 (Autoria própria)

### 5.2.1.2 Fendilhamento e Reparações

Fendilhamento			Reparações		
Trecho total (km)			Trecho total (km)		
1	2	3	1	2	3
0,016	0,338	0,205	0	0,7558	0
SubTrecho 1 (0 a 329)			SubTrecho 1 (0 a 329)		
1	2	3	1	2	3
0,016	0,302	0,186	0	0,7546	0
SubTrecho 2 (329 a 406)			SubTrecho 2 (329 a 406)		
1	2	3	1	2	3
0,000	0,036	0,019	0	0,0013	0

Tabela 5.6: Fendilhamento e Reparações no Trecho 2 (Autoria própria)

### 5.2.1.3 Rodeiras

Não foram encontradas Rodeiras no Trecho auscultado. Porém, realizarem-se as medições com réguas de 30 e 50 cm, o que, muito provavelmente, afetou os resultados para as Rodeiras, já que réguas maiores e mais especializadas (ao menos com a adição de um nível) teriam maior capacidade em medi-las.

A partir da disposição dos dados dos itens 5.2.1.1, 5.2.1.2 e 5.2.1.3 na aplicação, obtiveram-se os resultados representados nas Figuras 5.20, 5.21 e 5.22:

The screenshot shows the 'Form1' application window with the following data and layout:

Extensão da via (km)	IRI (mm/km)	Largura da via (m)
0.406	3500	6

	Fendilhamento	Peladas, etc...	Covas	Reparações	Rodeiras
Sem degradação (km)	0	0.406	0.34	0	0.406
Gravidade 1 (km)	0.016	0	0.059	0	0
Gravidade 2 (km)	0.338	0	0.007	0.7558	0
Gravidade 3 (km)	0.205	0	0	0	0

Classes	Descrição das Classes
Bom	Rede nova. Sem necessidade de intervenção.
Razoável	Rede estabilizada, intervenções dependem da
Mediocre	Rede a atribuir prioridades de intervenção.
Mau	Rede a intervir.

**Avaliação:** 1.86 (Mediocre)

Buttons: Avaliar, Limpar, Salvar, Carregar

Figura 5.20: Saída dos dados para o Trecho 2: Total (Autoria própria)

The screenshot shows the 'Form1' application window with the following data and layout:

Extensão da via (km)	IRI (mm/km)	Largura da via (m)
0.329	3500	6

	Fendilhamento	Peladas, etc...	Covas	Reparações	Rodeiras
Sem degradação (km)	0	0.329	0.273	0	0.329
Gravidade 1 (km)	0.016	0	0.051	0	0
Gravidade 2 (km)	0.302	0	0.005	0.7546	0
Gravidade 3 (km)	0.186	0	0	0	0

Classes	Descrição das Classes
Bom	Rede nova. Sem necessidade de intervenção.
Razoável	Rede estabilizada, intervenções dependem da
Mediocre	Rede a atribuir prioridades de intervenção.
Mau	Rede a intervir.

**Avaliação:** 1.75 (Mediocre)

Buttons: Avaliar, Limpar, Salvar, Carregar

Figura 5.21: Saída dos dados para o Trecho 2: SubTrecho 1 (Autoria própria)

The screenshot shows a software interface for pavement data entry and evaluation. The window title is 'Form1'. It has three tabs: 'Pavimentos Flexíveis', 'Pedonais', and 'Ciclovias'. The 'Pavimentos Flexíveis' tab is active. The interface includes several input fields and a table of pavement classes.

Extensão da via (km)		IRI (mm/km)		Largura da via (m)		Classes		Descrição das Classes	
0.077		2500		6		Bom	<input type="checkbox"/>	Rede nova. Sem necessidade de intervenção.	
Sem degradação (km)		Fendilhamento	Peladas, etc...	Covas	Reparações	Rodeiras			
0.022		0.077	0.067	0.0757	0.077				
Gravidade 1 (km)		0	0	0.008	0	0	Razoável	<input type="checkbox"/>	Rede estabilizada, intervenções dependem da
Gravidade 2 (km)		0.036	0	0.002	0.0013	0	Medíocre	<input type="checkbox"/>	Rede a atribuir prioridades de intervenção.
Gravidade 3 (km)		0.019	0	0	0	0	Mau	<input type="checkbox"/>	Rede a intervir.
Avaliação		2.96		Razoável		<input type="checkbox"/>			

Buttons at the bottom: Avaliar, Limpar, Salvar, Carregar.

Figura 5.22: Saída dos dados para o Trecho 2: SubTrecho 2 (Autoria própria)

Sendo assim, reparou-se que o SubTrecho 2 apresenta qualidade superior ao SubTrecho 1, onde existe variação da classe de Razoável, no primeiro, para Medíocre, no segundo. Assim, como já explicitado em capítulos anteriores, temos que Razoável significa "Rede estabilizada, intervenções dependem da evolução da perda de qualidade." e Medíocre significa "Rede a atribuir prioridades de intervenção, restante a monitorizar".

Nesse contexto, percebe-se em campo que existe diferença palpável na qualidade dos SubTremos estudados, o que comprovou-se através da inserção dos dados medidos dentro da aplicação. Cabe salientar que o SubTrecho 1 teve sua execução finalizada em meados de 2012, tendo cerca de 8 anos atualmente. Infelizmente, não se soube a idade do Subtrecho 1, porém, muito provavelmente, teve sua execução ao mesmo tempo da Rotunda que o interliga, sendo mais antigo que o SubTrecho 1.

Assim, observou-se que mesmo se tratando de um Trecho único, onde a quantidade de veículos por dia é próxima (temos alguns cruzamentos ao longo deste Trecho) para ambos os SubTremos, o desgaste do pavimento é variante não apenas deste fator, sendo, neste caso, a qualidade da execução da via impactante direta na sua vida útil.

Também verificou-se que o Trecho 2 como um todo tem qualidade mais próxima ao do Subtrecho 1, até por este Subtrecho ser responsável por cerca de 81% do Trecho estudado.

Portanto, o Trecho 2 é classificado como Medíocre, com nota pouco acima do SubTrecho 1.

### 5.2.2 Rede pedonal e Rede ciclável

Dividiram-se as medições dos fatores relacionados ao passeio e a ciclovia em apenas um dia. Desse modo, seguem fotos do local na Figura 5.23, demonstrando a qualidade atual das Infraestruturas.



Figura 5.23: Fotografias do estado das Redes pedonal e ciclável do Trecho 2 (Autoria própria)

Cabe ressaltar que os métodos utilizados para a avaliação do passeio e da ciclovia foram ambos criados por DIXON (Oliveira Aguiar, 2003) e (Monteiro e Campos, 2011), e envolvem uma avaliação mais qualitativa do que a da Rede viária urbana.

Assim, ao final das medições, obtiveram-se os seguintes resultados para o Trecho 2:

Seção de estudo:		Informações adicionais:	
Fatores considerados	Critérios	Trecho contabilizado (m) - 406 m	Pontuação
Infraestrutua disponível para peões	Tipo de infraestrutura dominante.	Não contínua ou inexistente	0
	Passeio livre de obstáculos e com largura efetiva mínima de 1,53 m.	Inexistente	0
	Passeio com largura efetiva maior que 1,53 m.	Inexistente	0
	Passeio isolado da via ou passeio alternativo paralelo à via.	Inexistente	0
Conflitos	Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km.	Doze entradas de veículos em 406 metros	0
	Atraso nos sinais luminosos com tempo para peões menor que 40 segundos.	Não existem sinais de tráfego na região	0
	Dispositivos de redução de conflitos nas conversões.	Existem travessias de peões nas interseções	0,5
	Largura dos cruzamentos inferior a 18,3 m.	São 6 metros para fazer o cruzamento da via até o canteiro central	0,5
	Velocidade dos veículos limitada a, no máximo, 56 km/h.	A média de velocidade dos veículos em campo foi de 51,29 km/h	0,5
	Existência de canteiro central ao longo da via.	Existente	1
Elementos de conforto ao longo da via	Faixa ajardinada junto à guia com largura mínima de 1 m.	Inexistente	0
	Bancos e iluminação adequada para peões.	Inexistente	0
	Arborização que crie sombra.	Inexistente	0
Nível de serviço para os veículos motorizados	Volume e o congestionamento do tráfego.	A, B ou C	2
Manutenção	Qualidade do pavimento.	Problemas graves ou frequentes	-1
Acessibilidade ao transporte coletivo	A facilidade do acesso ao sistema de transporte coletivo.	Inexistente	0
Observações		<b>Total</b>	<b>3,5</b>

Tabela 5.7: Boletim de inspeção preenchido para a Rede pedonal do Trecho 2 (Autoria própria)



A partir do Boletim de inspeção representado pela Tabela 5.7, preencheu-se a aplicação, que retornou o valor de Nível de Serviço representado na Figura 5.24:

Fatores	Pontos
Infra-estrutura disponível para peões (Valor Máximo = 10)	0
Conflitos (Valor Máximo = 4)	2.5
Elementos de conforto (Valor Máximo = 2)	0
Nível de Serviço para os veículos motorizados (Valor Máximo = 2)	2
Manutenção (Valor Máximo = 2)	-1
Acessibilidade ao transporte coletivo (Valor Máximo = 1)	0

NS	Descrição dos Níveis de Serviço
A	A via tem muitas características que atraem peões. Pouco conflito com
B	A via tem as mesmas características de uma via Nível A, mas dispõe de um
C	Via adequada para uso dos peões. Provavelmente apresenta algumas
D	Via adequada para uso dos peões, mas não atraente. A via apresenta deficiências
E	Via inadequada para peões. Não existem passeios ou eles são estreitos, com
F	Via inadequada para peões. Via projetada para tráfego intenso de veículos

Figura 5.24: Saída dos dados na Rede pedonal do Trecho 2 (Autoria própria)

Nesse contexto observou-se que o Nível de Serviço do passeio ao longo do Trecho 2 é designado como Nível "F", que indica uma via "Inadequada para peões. Via projetada para tráfego intenso de veículos motorizados. O conflito entre peões e veículos é muito alto.".

Seção de estudo:	Informações adicionais:		
Fatores considerados	Critérios	Trecho contabilizado (m) - 406 m	Pontuação
Presença de instalações para ciclistas	Presença de ciclofaixas ou Presença de ciclovias.	Presença de ciclovia com 2,8 metros de largura	4
Conflitos	Menos que 22 entradas de veículos e vias transversais a cada 1,61 km.	Doze entradas de veículos em 406 metros	0
	Ausência de barreiras	Ausente	0,5
	Ausência de estacionamento lateral	Ausente	1
	Distância de visibilidade não obstruída	Distância de visibilidade não obstruída devido a suavidade das curvas	0,5
	Melhoria das interseções para o ciclismo	Inexistente	0
	Existência de canteiro central ao longo da via.	Existe canteiro central ao longo da via	0,5
Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas	O diferencial de velocidade é calculado comparando a velocidade média dos ciclistas e a velocidade máxima para automóveis permitida na via.	26	2
Nível de Serviço para veículos motorizados	Volume e o congestionamento do tráfego.	A, B ou C	2
Manutenção	Qualidade do pavimento.	Problemas frequentes ou maiores	-1
Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário	Existencia ou não de programas específicos para melhorar o transporte cicloviário	Inexistente	0
Observações		<b>Total</b>	<b>9,5</b>

Tabela 5.8: Boletim de inspeção preenchido para a Rede ciclável do Trecho 2 (Autoria própria)



Portanto, a partir do Boletim de inspeção representado pela Tabela 5.8, preencheu-se a aplicação, que retornou o valor de Nível de serviço representado na Figura 5.25:

Fatores	Pontos	NS	Descrição dos Níveis de Serviço
Facilidades para bicicletas (Valor Máximo = 10)	4	A	Vias seguras e atrativas; crianças podem usufruir sem a necessidade da...
Conflitos (Valor máximo = 4)	2.5	B	Adequadas para qualquer classe de ciclistas; crianças podem usufruir sem a...
Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor Máximo = 2)	2	C	Adequadas para a maioria dos ciclistas. Nível moderado de interação com...
Nível de Serviço para os veículos motorizados (Valor Máximo = 2)	2	D	Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de...
Manutenção das vias (Valor Máximo = 2)	-1	E	Requer cuidado redobrado até para ciclistas do grupo A. Alto índice de interação...
Programas específicos para melhorar o transporte ciclável (Valor Máximo = 1)	0	F	Inadequada para o ciclismo, de maneira geral. Alto índice de tráfego de...

Nível de Serviço: D

Botões: Avaliar, Limpar, Salvar, Carregar

Figura 5.25: Saída dos dados na Rede ciclável do Trecho 2 (Autoria própria)

Neste caso constata-se que o Nível de Serviço da ciclovia ao longo do Trecho 2 é designado como Nível "D", que indica uma via "Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de estruturas funcionais voltadas ao ciclismo. Interação com veículos motorizados considerada de moderada a alta. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar cinco ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Se houver uma facilidade para ciclistas contígua à via, a via apresentará características que tornam esta via inadequada para ciclistas do grupo B, como alto volume e alta velocidade de veículos motorizados e conflitos frequentes."

## 5.3 Resultados finais

Nesta seção pretende-se demonstrar os resultados obtidos de forma gráfica, de maneira a facilitar o entendimento do estado em que se encontram os Trechos e SubTrechos estudados. Portanto, criou-se legendas para reproduzir a qualidade avaliada em cores e aplicou-se estas cores nas imagens dos Trechos auscultados.

Seguem nos itens 5.3.1 (Tabela 5.9 e Figuras 5.26 e 5.27) e 5.3.2 (Tabela 5.10 e Figuras 5.28 e 5.29) as legendas e as imagens editadas.

### 5.3.1 Rede viária urbana

Qualidade	Cor
Bom	Azul
Razoável	Amarelo
Medíocre	Laranja
Mau	Vermelho

Tabela 5.9: Legenda para a Rede viária urbana (Autoria própria)



Figura 5.26: Avaliação da qualidade relativa aos Trechos 1 e 2 da Rede viária urbana. Adaptado de (GOOGLE, 2020)



Figura 5.27: Avaliação da qualidade relativa aos Subtrechos dos Trechos 1 e 2 da Rede viária urbana. Adaptado de (GOOGLE, 2020)

### 5.3.2 Rede pedonal e Rede ciclável

N.S	Cor
A	Azul
B	Cinza
C	Roxo
D	Amarelo
E	Laranja
F	Vermelho

Tabela 5.10: Legenda para os Passeios e Ciclovias (Autoria própria)





Figura 5.28: Avaliação da qualidade relativa aos Trechos 1 e 2 da Rede pedonal. Adaptado de (GOOGLE, 2020)



Figura 5.29: Avaliação da qualidade relativa aos Trechos 1 e 2 da Rede ciclável. Adaptado de (GOOGLE, 2020)

# Capítulo 6

## Conclusões

### 6.1 Considerações gerais

No contexto de tudo que foi dito ao longo desta dissertação, retratou-se a participação da avaliação da qualidade no âmbito da gestão rodoviária urbana, criou-se um manual de auscultação para a definição das degradações abordadas, produziu-se um guião de inspeção para orientar como devem ser realizadas as medições em campo, desenvolveu-se uma aplicação com a capacidade de avaliar o estado de conservação das Redes viárias (Pavimentos flexíveis), Redes pedonais e Redes cicláveis, em um ambiente urbano, e testou-se a mesma em campo, para comprovar sua capacidade de avaliar trechos qualitativamente.

Dessa forma, desenvolveu-se uma pequena aplicação com intuito de auxiliar a gestão rodoviária urbana na agilização do processo de avaliação da qualidade de trechos de vias urbanas, com enfoque em adiantar a chegada ao resultado final, que informa se a via está ou não com qualidade suficiente para funcionar sem manutenções e reparos, ou se está melhor ou pior em relação a outro trecho analisado.

Vale ressaltar que a aplicação é de fácil utilização por ser um ficheiro .exe, e pode ser carregada em computadores com sistema operacional Windows, sendo necessário definir o símbolo decimal do sistema de virgula (,) para ponto (.). Para a sua utilização de forma correta faz-se necessário seguir os Capítulos 2, 3 e 4 deste texto, onde se encontram

explicações dos sistemas avaliativos abordados, da interface da aplicação e de como devem ser realizadas as medições em campo.

Conclui-se que a aplicação desenvolvida é uma boa ferramenta para avaliar as Infraestruturas de mobilidade abordadas. Pois os dados levantados em medições nos Trechos 1 e 2, ao serem relacionados com o que se observou durante as medições, demonstrou uma clara diferenciação entre os dois Trechos com pavimento flexível, principalmente entre as divisões realizadas em SubTrechos, como é possível observar nas Figuras 5.26 e 5.27.

Também observa-se na Figura 5.28 uma diferenciação clara no Nível de Serviço entre os Trechos pedonais, já que um deles não possui passeio focado nos peões, obrigando o uso da ciclovias como passeio.

Ainda, percebe-se que não houve diferenciação no Nível de Serviço entre os Trechos cicláveis, já que as ciclovias foram construídas na mesma época, porém observa-se necessidade de manutenção próxima nos dois Trechos, Figuras 5.12 e 5.23.

Portanto, a aplicação pode vir a atender a necessidade de programar intervenções no ato da gestão urbana, pois faz-se necessário conhecer quais as piores vias e redes em termos de qualidade para que realizem-se reparações e manutenções adequadas nas regiões mais degradadas.

Então, mesmo que sejam discutíveis as metodologias de avaliação de qualidade abordadas na aplicação, denota-se que trechos urbanos avaliados com o mesmo sistema podem ser comparados entre si. Assim, produzem-se resultados que podem ser levados em consideração em tomadas de decisão de curto e longo prazo.

## 6.2 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, recomenda-se que:

- Com o sucessivo uso, acrescentem-se melhorias aos sistemas avaliativos escolhidos e aplicação. Desenvolvendo-se o sistema de avaliação com enfoque no meio urbano.
- Com o intuito de avançar ainda mais no quesito da modernidade tecnológica, seria

importantíssimo a importação da aplicação computacional dentro de aparelhos eletrônicos móveis, como telefones e tablets. O que facilitaria o transporte e a utilização da aplicação.

- Amplie-se estudos na área da mobilidade pedonal e cicloviária. Pois, os dados encontram-se esparsos e, por vezes, de difícil acesso.
- Estude-se a possibilidade de correlacionar os três métodos avaliativos escolhidos para encontrar um valor global em uma via com os três modais.

Deixa-se claro que todos os dados utilizados para a realização deste trabalho estarão disponíveis com o autor e o orientador desta tese, e a vontade do autor é que estes sejam utilizados livremente em trabalhos futuros.





# Bibliografia

- [1] R. Oldenziel e A. A. de la Bruhèze, “Contested Spaces: Bicycle Lanes in Urban Europe, 1900 - 1995”, *Transfers*, 2011.
- [2] J. Gehl, *Cidades para pessoas*. 2010.
- [3] S. S. Christmann e D. R. Librelotto, “Levantamento e estudo da infraestrutura, mobiliário e mobilidade urbana de um quarteirão no bairro Centro da Cidade de Panambi - RS”, *Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto - GEDECON*, 2014.
- [4] Lello, “Dicionário Priberam da Língua Portuguesa”, 2020.
- [5] H. Andrade, “O clima urbano - Natureza, escalas de análise e aplicabilidade”, 2005.
- [6] C. M. Cruz, “Desafios do planejamento e gestão urbanístico em Portugal para melhorar a qualidade do ambiente urbano”, 2005.
- [7] P. W. G. Newman, “Sustainability and cities: Extending the metabolism model”, *Landscape and Urban Planning*, 1998-1999.
- [8] J. M. R. da Costa Veiga, “Modelos de previsão de deformação permanente de pavimentos rodoviários”, *Universidade Nova de Lisboa*, 2013.
- [9] C. E. de Petróleos, “Manual de pavimentação”, *CEPSA*, 2014.
- [10] M. I. M. Brás, “Validação estrutural dos pavimentos flexíveis indicados no "Manual de conceção de pavimentos para a rede rodoviária nacional"”, *Universidade do Porto*, 2012.

- [11] M. J. da Costa Minhoto, “Consideração da temperatura no comportamento à reflexão de fendas dos reforços de pavimentos rodoviários flexíveis”, *Universidade do Minho*, 2005.
- [12] P. L. de Oliveira, “Projeto estrutural de pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto”, *Universidade de São Paulo*, 2000.
- [13] L. G. de Oliveira Maganinho, “Desenvolvimento de uma base de dados de patologias para a avaliação da qualidade de pavimentos rodoviários com recurso a GPS, imagem, vídeo e SIG”, *Universidade da Beira Interior*, 2013.
- [14] R. K. Gregorio, “Análise mecanicista comparativa de estruturas de pavimentos para uso em corredores de autocarros”, *Instituto Superior de Engenharia do Porto*, 2016.
- [15] A. P. S. Francisco, “Comportamento Estrutural de Pavimentos Rodoviários Flexíveis”, *Instituto Politécnico de Bragança*, 2012.
- [16] I. M. C. Maia, “Caracterização de patologias em pavimentos rodoviários”, *Universidade do Porto*, 2012.
- [17] EP, *Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários Vol. 1*, Estradas de Portugal, 2008.
- [18] L. A. Curado, “Estudo sobre reabilitação de pavimentos flexíveis por meio de técnicas de reciclagem”, *Instituto Politécnico de Bragança*, 2019.
- [19] I. M. T. Landim, “Critérios de Implementação de uma Rede de Percursos Pedonais de Qualidade: O caso de Centro Histórico de Faro”, *Universidade de Évora*, 2014.
- [20] F. de Oliveira Aguiar, “Análise de métodos para avaliação da qualidade de calçadas”, *Universidade Federal de São Carlos*, p. 124, 2003.
- [21] J. Kirner, “Proposta de um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas”, *Universidade Federal de São Carlos*, 2006.
- [22] F. B. Monteiro e V. B. G. Campos, “Métodos de avaliação da qualidade dos espaços para ciclistas”, *Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, p. 12, nov. de 2011.

- [23] M. J. da Costa Minhoto, “Desenvolvimento de um sistema de gestão da conservação de pavimentos rodoviários municipais”, *Universidade do Minho*, 1996.
- [24] L. Picado-Santos e A. Ferreira, “Estruturação de um Sistema de Gestão de Pavimentos para uma Rede Rodoviária de Carácter Nacional”, 2006.
- [25] C. S. Horta, F. C. Pereira, S. Lopes e J. Morgado, “O sistema de gestão de conservação de pavimentos da Estradas de Portugal, S.A. - Balanço de uma implementação consolidada”, 2013.
- [26] A. Ferreira e L. Picado-Santos, “A gestão da qualidade das redes rodoviárias: O estado da arte e os desenvolvimentos futuros”, *Dossier Comunicações*, 2007.
- [27] A. S. F. de Sousa Luz, “Contribuição para a modelação do índice de qualidade na caracterização da rede rodoviária nacional”, *Universidade Técnica de Lisboa*, p. 135, out. de 2011.
- [28] EP, “Qualidade dos pavimentos da rede rodoviária”, *Estradas de Portugal*, 2011.
- [29] CMB, “Projecto de execução: Circular Interior do Troço da Mãe de Água á Avénida Abade de Baçal”, *Câmara Municipal de Bragança*, 2011.
- [30] GOOGLE, *Google Earth website*, <https://earth.google.com>, 2020.