

# **ANÁLISE DE MODOS SUAVES NO PORTO: ESTUDO DE CASO EM MICROSSIMULAÇÃO**

**JOSÉ MAYCON DE ARAUJO ESTANISLAU**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM PLANEAMENTO E PROJECTO URBANO**

---

Orientador: Professor Doutor Paulo Conceição

---

Coorientador: Professor Doutor José Pedro Maia Pimental Tavares

---

Responsável na Câmara Municipal do Porto: Doutora Cristina Alexandra  
Teixeira Vilarinho

JULHO DE 2021



## **MESTRADO EM PLANEAMENTO E PROJECTO URBANO 2020/2021**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [mppu@fe.up.pt](mailto:mppu@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Planeamento e Projecto Urbano - 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Este documento foi redigido em português do Brasil de acordo com o novo acordo ortográfico em vigor, porém, para facilitar a compreensão, utilizou-se preferencialmente termos técnicos conforme grafia portuguesa.



*Regardez les oiseaux du ciel,  
voyez les lis des champs...*



## **AGRADECIMENTOS**

Um grande obrigado à minha família, que em tudo me apoia desde sempre, José Carlos, Miriam e Stephanie Estanislau.

Agradeço a engenheira Cristina Vilarinho pela grande disposição em me orientar na Câmara.

Aos meus orientadores da FEUP, professores Paulo Conceição e José Pedro Tavares.

À minha esposa, Suellen Estanislau, que me motiva todos os dias a ser uma pessoa melhor.

E a todos os meus amigos que sempre me inspiraram, apoiaram e me ajudaram de alguma forma nesta longa jornada, em especial ao Ramy e ao Cláudio.

E finalmente, ao Grande Criador, por mais essa bênção concedida.



## **RESUMO**

Durante as últimas décadas se observou a predominância da cultura do automóvel nas cidades, porém foi atingido o ponto em que a redução da utilização dos automóveis nas cidades tornou-se uma condição necessária para que a deslocação neste modo de transporte seja mais eficiente. Tendo isto em conta, é preciso admitir uma nova cultura de mobilidade urbana baseada numa boa oferta de transporte público e num grande incentivo aos modos suaves.

O monitoramento dos modos suaves é fundamental para quantificar a adesão de peões e ciclistas à infraestrutura viária e para verificar as principais direções de circulação de usuários em diferentes horários, expondo a necessidade e a importância das infraestruturas focadas nesses agentes, como espaços dedicados à peões e bicicletas para que as pessoas se sintam seguras ao utilizarem tal modo de transporte.

Neste contexto, este trabalho desenvolve uma análise dos dados de contagens de peões na cidade do Porto, em diversas campanhas de contagens coordenadas pela Câmara Municipal do Porto desde 2019 em múltiplos pontos da cidade.

A partir das informações geradas, foi selecionado um local para aplicação de um estudo pormenorizado em microsimulação, a Rua de Fernandes Tomás. Por intermédio do *software* PTV Vissim é traçado o cenário base utilizando a infraestrutura atual, juntamente com dados de contagens de peões de janeiro de 2020. Em seguida foram propostos outros quatro cenários que englobam o deslocamento de obstáculos, ampliação dos passeios e redução da passadeira. Assim, analisados seus efeitos no nível de serviço dos passeios da zona, que demonstram impacto positivo considerável.

Por fim, uma proposta de intervenção para o seguimento viário em questão é traçada e sugestões de alterações da metodologia de contagem são indicadas para aprimoramento das informações obtidas.

Palavras-chave: Modos Suaves, Transporte Pedonal, Microsimulação, PTV Vissim.



## **RESUME**

Au cours des dernières décennies, la prédominance de la culture de l'automobile dans les villes a été observée, mais le point a été atteint où la réduction de l'utilisation de l'automobile dans les villes est devenue une condition nécessaire pour que les déplacements dans ce mode de transport soient plus efficaces. Dans cette optique, il faut admettre une nouvelle culture de la mobilité urbaine fondée sur une bonne offre de transports en commun et une forte incitation aux modes doux.

La surveillance des modes doux est essentielle pour quantifier l'adhésion des piétons et des cyclistes à l'infrastructure routière et pour vérifier les principaux sens de déplacement des usagers à différents moments, exposant le besoin et l'importance d'infrastructures centrées sur ces agents, comme les espaces dédiés aux piétons et vélos afin que les personnes se sentent en sécurité dans ce mode de transport.

Dans ce contexte, ce travail développe une analyse des données sur les comptages de piétons dans la ville de Porto, dans plusieurs campagnes de comptage coordonnées par la Mairie de Porto depuis 2019 en plusieurs points de la ville.

À partir des informations générées, un lieu a été sélectionné pour l'application d'une étude détaillée en microsimulation, la Rua de Fernandes Tomás. Avec le logiciel PTV Vissim, le scénario de base est établi à partir de l'infrastructure actuelle, ainsi que des données du nombre de piétons du mois de janvier 2020. Quatre autres scénarios ont ensuite été proposés, englobent le déplacement d'obstacles, l'agrandissement des trottoirs et la réduction du passage piétons. Ainsi, ses effets sur le niveau de service d'utilisation dans la zone ont été analysés, ce qui montre un impact positif considérable.

Enfin, une proposition d'intervention pour le suivi routier en question est élaborée et des suggestions d'évolution de la méthodologie de comptage sont indiquées pour améliorer l'information obtenue.

**Key-words:** Mobilité douce, Pedestrian transportation, Microsimulation, PTV Vissim.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO .....	iii
RÉSUMÉ .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE QUADROS.....	xi
<b>1. Introdução.....</b>	<b>17</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	17
1.2. OBJETIVOS.....	19
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	19
1.4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO EM AMBIENTE INSTITUCIONAL .....	19
<b>2. Mobilidade pedonal e microsimulação .....</b>	<b>21</b>
2.1. A MOBILIDADE URBANA E A DEPENDÊNCIA DO AUTOMÓVEL .....	21
2.2. MOBILIDADE SUSTENTÁVEL .....	22
2.3. MOBILIDADE SUAVE .....	24
2.4. MOBILIDADE PEDONAL.....	ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.
2.5. VISÃO DO PORTO.....	26
2.6. MICROSIMULAÇÃO NA GESTÃO DA MOBILIDADE URBANA .....	29
2.7. SOFTWARE PTV VISSIM .....	31
2.8. MODELAÇÃO DE PEÕES .....	32
2.9. CONCEITO DE NÍVEL DE SERVIÇO .....	34
2.9.1. DETERMINAÇÃO DO DÉBITO MÉDIO, MÁXIMO E POR UNIDADE DE LARGURA.....	37
2.9.2. DETERMINAÇÃO DA LARGURA EFECTIVA .....	38
<b>3. Metodologia .....</b>	<b>41</b>
3.1. PREÂMBULO.....	41
3.2. TRATAMENTO DOS DADOS DE CONTAGENS.....	42
3.3. ANÁLISE DE DADOS E DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....	48
3.4. ESTUDO DE CASO – RUA DE FERNANDES TOMÁS.....	51
3.4.1. LOCALIZAÇÃO .....	51
3.4.2. TROÇO 1.....	52
3.4.3. TROÇO 2.....	56

3.4.4.	TROÇO 3 .....	61
3.5.	<b>RECOLHA DE DADOS ADICIONAIS EM CAMPO E PARÂMETROS DE MODELAÇÃO .....</b>	<b>62</b>
3.5.1.	INFRAESTRUTURA .....	62
3.5.2.	DADOS DA PROCURA .....	65
3.5.3.	PARÂMETROS DA SIMULAÇÃO .....	67
3.6.	<b>DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS .....</b>	<b>67</b>
<b>4.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>79</b>
4.1.	<b>ANÁLISE DOS DADOS DE CONTAGENS .....</b>	<b>79</b>
4.2.	<b>RESULTADOS DA MICROSIMULAÇÃO .....</b>	<b>88</b>
4.2.1.	CENÁRIO 1 .....	88
4.2.2.	CENÁRIO 2 .....	91
4.2.3.	CENÁRIO 3 .....	93
4.2.4.	CENÁRIO 4 .....	94
4.2.5.	CENÁRIO 5 .....	96
4.3.	<b>RECOMENDAÇÕES E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO .....</b>	<b>98</b>
4.4.	<b>RECOMENDAÇÕES QUANTO ÀS CONTAGENS .....</b>	<b>98</b>
4.5.	<b>PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA A RUA DE FERNANDES TOMÁS.....</b>	<b>102</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>107</b>
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>110</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Distribuição das deslocações por meio de transporte principal na AMP em 2017 .....	18
Figura 2.1 - Repartição modal típica em função do comprimento da viagem (Fonte: Seco, 2008) .....	25
Figura 2.2: Mapa de Zonas Pedonais Temporárias .....	27
Figura 2.3: Zona Pedonal Temporaria .....	28
Figura 2.4: Nível de detalhe dos modelos (Vilarinho, 2008) .....	29
Figura 2.5: Esquema de funcionamento do modelo de forças sociais .....	33
Figura 2.6: Relação entre velocidade e débito por unidade de largura (HCM, 2000) .....	35
Figura 2.7: Ajuste das larguras para obstáculos fixos (HCM, 2000).....	39
Figura 3.1: Metodologia de análise de desempenho usando microsimulação .....	41
Figura 3.2: Metodologia proposta .....	42
Figura 3.3: Distribuição dos postos de contagens de peões na cidade do Porto.....	43
Figura 3.4: Posto 01 contagem peões .....	44
Figura 3.5: Volume total de contagens do posto 1 (2 dias uteis e 1 sábado) por campanha .....	45
Figura 3.6: Médias de contagens diárias do Posto 1 .....	45
Figura 3.7: Média diária de contagem por horário no posto 1 e Média de contagem por horário .....	46
Figura 3.8: Picos de contagem em 15 min. no posto 1, Picos de contagem em 15 min. ....	46
Figura 3.9: Débito médio (p/min) no posto 1 por campanha.....	47
Figura 3.10: Débito (p/min) médio e pico de 15 min. observado por campanha .....	47
Figura 3.11: Débito máximo (p/min) observado em dias úteis e sábados e Débito maximo em dias úteis divididos por movimentos no posto 1.....	48
Figura 3.12: Relevância de contagem dia média por campanha .....	48
Figura 3.13: Média de contagem por campanha nos postos .....	49
Figura 3.14: Débito máximo (p/min) observado em intervalo de 15 min. ....	49

Figura 3.15: Freguesias do concelho do Porto após 2013 .....	51
Figura 3.16: Troços da Rua de Fernandes Tomás.....	52
Figura 3.17: Mapa de uso e ocupação no troço 1 da Rua de Fernandes Tomás.....	53
Figura 3.18: Rua de Fernandes Tomás com Rua de Sá da Bandeira em 2018. Fonte Google Maps ....	54
Figura 3.19: Rua de Fernandes Tomás com Rua de Sá da Bandeira em 2021. Fonte Google Maps ....	54
Figura 3.20: Rua de Fernandes Tomás com Rua da Trindade em 2015. Fonte Google Maps.....	55
Figura 3.21: Rua de Fernandes Tomás com Rua da Trindade em 2021. Fonte Google Maps.....	55
Figura 3.22: Secção típica do Troço 1.....	56
Figura 3.23: Projeto de Requalificação do Mercado do Bolhão .....	57
Figura 3.24: Mapa de uso e ocupação no troço 2 da Rua de Fernandes Tomás.....	58
Figura 3.25: Secção típica do Troço 2.....	59
Figura 3.26: Passeios do troço 2 em 2020. Fonte Google Maps .....	60
Figura 3.27: Trechos com balizas que são usados como áreas de escape no tráfego pedonal .....	60
Figura 3.28: Mapa de uso e ocupação no troço 3 da Rua de Fernandes Tomás.....	61
Figura 3.29: Secção típica do Troço 3.....	62
Figura 3.30: Infraestrutura do troço modelado.....	63
Figura 3.31: Nomenclatura dos passeios do troço modelado .....	63
Figura 3.32: Representação 3D da infraestrutura modelada .....	64
Figura 3.33: Esquema de fases.....	65
Figura 3.34: Diagrama de cores .....	65
Figura 3.35: Pontos de origem e destino .....	65
Figura 3.36: Cenário 1.....	68
Figura 3.37: Deslocamentos dos obstáculos propostos .....	69

Figura 3.38: Cenário 2.....	70
Figura 3.39: Trecho da Rua de Fernandes Tomás protegido por balizas. Fonte: Google Maps.....	71
Figura 3.40: Cenário 3.....	72
Figura 3.41: Cenário 4.....	74
Figura 3.42: Parte do passeio utilizado como área de espera para o atravessamento.....	75
Figura 3.43: Movimentos cruzados e áreas de espera .....	76
Figura 3.44: Cenário 5.....	77
Figura 4.1: Média de contagem por campanha por posto.....	80
Figura 4.2: Proporção em contagens totais entre o dia útil 1 e dia útil 2.....	81
Figura 4.3: Volume de contagens nos dias úteis no Posto 04.....	81
Figura 4.4: Volume de contagens nos dias úteis no Posto 14.....	82
Figura 4.5: Predominância quanto ao dia útil ou sábado.....	83
Figura 4.6: Evolução das contagens conforme intervalo de 15 min. no Posto 14.....	83
Figura 4.7: Débito de peões em cada posto nas diferentes campanhas .....	84
Figura 4.8: Total de peões contados por campanha no posto 14 .....	85
Figura 4.9: Débito (p/min) de peões no Posto 14 .....	86
Figura 4.10: Débito máximo (p/min) observado em intervalo de 15 min. ....	86
Figura 4.11: Fluxo máximo de peões (p/min/m) por passeio nos postos .....	87
Figura 4.12: Nível de serviço nos postos.....	87
Figura 4.13: Resultado da microsimulação – Cenário 1 .....	88
Figura 4.14: Resultado da microsimulação – Cenário 1 Lado B .....	89
Figura 4.15: trecho de via não utilizado pelos veículos que serve como área de space para os peões	90
Figura 4.16: Resultado da microsimulação – Cenário 1 Lado A.....	90

Figura 4.17: Resultado da microsimulação – Cenário 2.....	91
Figura 4.18: Resultado da microsimulação – Cenário 2 Lado A.....	92
Figura 4.19: 3D do Cenário 1 e Cenário 2 – passeio Sul-B respetivamente .....	92
Figura 4.20: Resultado da microsimulação – Cenário 2 Lado B.....	93
Figura 4.21: Resultado da microsimulação – Cenário 3.....	93
Figura 4.22: Resultado da microsimulação – Cenário 3 Lado B.....	94
Figura 4.23: Resultado da microsimulação – Cenário 4.....	95
Figura 4.24: Resultado da microsimulação – Cenário 4 Lado A.....	95
Figura 4.25: Resultado da microsimulação – Cenário 4 Lado B.....	96
Figura 4.26: Resultado da microsimulação – Cenário 5.....	97
Figura 4.27: Resultado da microsimulação – Cenário 5 Lado A.....	97
Figura 4.28: Proposta de movimentos para o Posto 01 .....	98
Figura 4.29: Proposta de movimentos para o Posto 03 .....	99
Figura 4.30:Proposta de movimentos para o Posto 05 .....	99
Figura 4.31: Proposta de movimentos para o Posto 14.....	99
Figura 4.32:Proposta de movimentos para o Posto 15 .....	100
Figura 4.33: Proposta de movimentos para o Posto 17 .....	100
Figura 4.34: Proposta de movimentos para o Posto 10.....	100
Figura 4.35:Proposta de movimentos para o Posto 11 .....	101
Figura 4.36: Resultado da microsimulação – Proposta.....	103
Figura 4.37: Resultado da microsimulação – Proposta – Lado A.....	104
Figura 4.38: Resultado da microsimulação – Proposta – Lado B.....	104
Figura 4.39: Proposta de intervenção.....	105

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Comparação dos modelos micro versus macroscópicos (Vilarinho, 2008).....	31
Quadro 2.2: Níveis de serviço dos passeios segundo o HCM (2000).....	36
Quadro 2.3: Critérios para determinação dos níveis de serviço para passeios segundo o HCM (2000)	37
Quadro 2.4: Largura perdida em passeio devido a obstáculos presentes (HCM, 2000).....	39
Quadro 2.5: Largura bruta mínima dos passeios (Seco <i>et al.</i> , 2008).....	40
Quadro 2.6: Largura bruta mínima admissível dos passeios (Seco <i>et al.</i> , 2008).....	40
Quadro 3.1: Designação dos postos de contagens de peões .....	43
Quadro 3.2: Débito máximo por unidade de largura (p/min/m) em dias uteis (DU) e sábados (SA) por passeio e níveis de serviço (LOS) para cada posto.....	50
Quadro 3.3: Percentagem de peões em cada passeio.....	50
Quadro 3.4: Obstáculos presentes na Zona simulada .....	64
Quadro 3.5: Construção da matriz O/D .....	66
Quadro 3.6: Construção da matriz O/D .....	66
Quadro 3.7: Matriz O/D .....	66
Quadro 3.8: Parâmetros de comportamento de caminhada .....	67
Quadro 4.1: Esquemas de cores para os níveis de serviço no PTV VISSIM .....	88

## **SÍMBOLOS ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

AMP – Área Metropolitana do Porto

CE – Comissão Europeia

CML – Câmara Municipal de Lisboa

CMP – Câmara Municipal do Porto

HCM – Highway Capacity Manual

INE - Instituto Nacional de Estatística

m – metros

min – minutos

O/D – Origem/Destino

ODS – Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PDM – Plano Diretor Municipal

p/min/m – peão por minuto por metro

PTV – Planung Transport Verkehr AG



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO

Na análise da mobilidade não só a identificação dos modos como a quantificação dos movimentos de pessoas nas cidades constitui uma tarefa fundamental para planejar e monitorizar a mobilidade urbana. Uma tarefa para se perceber como esses movimentos são feitos é a denominada Recolha de Dados de Tráfego que na sua forma mais simples se caracteriza pela contagem, manual ou automática, seja de ciclistas, peões ou veículos motorizados. Trata-se de uma tarefa de custo baixo, com diversas finalidades e que permite observar o uso dos modos de transporte e os efeitos resultantes de determinada política ou da implementação de novas infraestruturas em escalas temporais menores e mais adequadas do que outras formas de pesquisa (ITDP, 2018).

Dados do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2018) indicam que a maior parte das deslocações realizadas na Área Metropolitana do Porto teve o automóvel como principal meio, resultando em 67,6% das viagens no ano de 2017. Já os modos suaves (a pé, bicicleta e trotinetes) representam 18,9% das viagens, ocupando a segunda posição, como pode ser visto na figura 1.1.

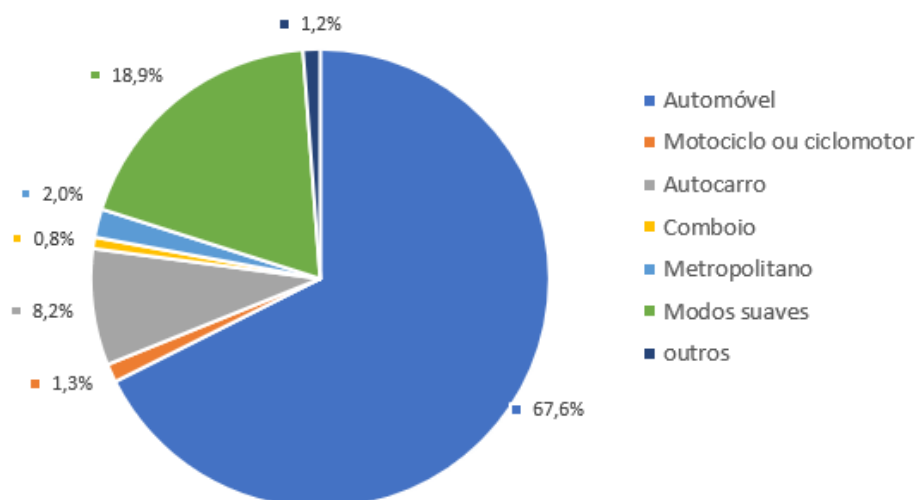


Figura 1.1: Distribuição das deslocações por meio de transporte principal na AMP em 2017 (INE, 2018)

Os dados supracitados se referem aos modos principais de transportes, porém é evidente que para a maioria da população é impossível executar uma viagem sem que parte dela seja feita de modo pedonal, pois para alcançar os transportes públicos é preciso se deslocar até uma paragem e analogamente é preciso caminhar até o estacionamento do veículo individual.

Na era atual, onde a preocupação com o impacto ambiental e as emissões de carbono são latentes, as pessoas estão cada vez mais repensando as suas escolhas quanto aos transportes. O congestionamento urbano, a melhoria do ambiente e até da própria saúde são preocupações correntes não apenas das autoridades, técnicos e investigadores, mas também da população comum, e andar a pé é um elo que pode unir todas essas problemáticas.

Atualmente a concretização de uma política de mobilidade sustentável que privilegia o transporte público e os modos suaves em detrimento do transporte individual ainda encontra certa resistência em parte da sociedade, porém de pouco em pouco as autoridades e a sociedade civil assumem o compromisso com o novo paradigma da mobilidade urbana, onde a prioridade é dada ao peão e o automóvel não comandará mais os destinos da cidade.

Trabalhar as cidades consolidadas onde o espaço disponível é muitas vezes limitado requer soluções devidamente adaptadas, que cumpram com os critérios mínimos de acessibilidade e incentive o andar a pé e de bicicleta. Fazer um melhor uso do espaço urbano, das suas infraestruturas e dos serviços de transportes existentes, promover a melhoria da rede pedonal e ciclável e eliminar as barreiras arquitetónicas e urbanísticas tornando possível a implementação de um conjunto de percursos acessíveis que liguem os diversos pontos de interesse da cidade são desafios que devem ser assumidos pelos gestores da mobilidade urbana.

## 1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem dois objetivos principais, sendo o primeiro deles tratar, organizar e processar os dados de contagens de modos suaves obtidos pela Câmara Municipal do Porto em diversas campanhas desde 2019, transformando assim dados em informações relevantes para a análise da mobilidade na cidade e a partir desta etapa será selecionado um local para estudo pormenorizado.

O segundo objetivo da dissertação é o estudo em microsimulação deste local selecionado, para o qual uma proposta de intervenção será elaborada e apresentada tendo como foco principal a melhoria das condições de circulação dos peões.

## 1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação apresenta-se organizada em 5 capítulos.

No presente capítulo 1 é feita uma breve introdução ao tema do trabalho, com seu enquadramento, motivação, objetivos e estrutura dessa dissertação.

No capítulo 2 é apresentada uma apresentação de questões relativas aos modos suaves de transporte e sua relevância para o cenário internacional. Também estão incluídas fundamentações teóricas quanto à modelação em microsimulação e os índices e parâmetros normalmente usados na engenharia de tráfego voltada para deslocamentos pedonais.

O capítulo 3 aborda sobre a metodologia utilizada no trabalho e como foi escolhido o estudo de caso, além de apresentar um breve enquadramento sobre o sítio selecionado.

O capítulo 4 discorre sobre os resultados encontrados para a análise dos dados de contagem e a microsimulação, sendo apresentadas recomendações de alterações para a metodologia de contagem e uma proposta de intervenção para a Rua de Fernandes Tomás.

Por fim, no capítulo final são apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

## 1.4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO EM AMBIENTE INSTITUCIONAL

O presente trabalho de dissertação foi desenvolvido em ambiente institucional em conjunto com a Divisão Municipal de Gestão de Mobilidade e Tráfego da Câmara Municipal do Porto (CMP) e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

A atuação da Camara Municipal do Porto nas áreas dos transportes e da mobilidade pretende consolidar a política de apoio ao crescimento sustentável e coeso da cidade por meio da adoção de um conjunto de políticas que contribuam para uma repartição modal mais equitativa.

O Plano Diretor Municipal 2021 potencializa uma melhoria das condições de acessibilidade e de mobilidade, com uma nova abordagem aos modos de transporte coletivo, uma aposta na estrutura dedicada à mobilidade suave e uma nova política de estacionamento.

Além disso, o Município do Porto tem realizado algumas intervenções na infraestrutura pedonal que passam pela realização de trabalhos de construção civil, definidos em função das necessidades de conservação e de indicadores de segurança rodoviária, acessibilidade e grau de incomodidade de circulação pedonal, que visam a pedonalização de determinados meios urbanos do município.

Tais intervenções têm como objetivo a conservação e manutenção de pavimentos, eliminando barreiras e obstáculos à circulação pedonal através de alargamentos pontuais de passeios, rebaixamento de travessias pedonais, colocação de pavimentos táteis e criação de fase própria para peão nas interseções. Elas também visam reorganizar o mobiliário urbano, como também os espaços verdes com o redimensionamento de caldeiras de árvores, tornando o espaço público mais acessível e seguro para os peões, o que se faz relevante principalmente às pessoas com mobilidade reduzida, democratizando assim o acesso ao espaço público, sempre com o propósito de manter o espaço urbano aos peões. A limitação da circulação automóvel e a criação de espaços reservados a peões são outras das medidas de incentivo à deslocação a pé.

Sendo assim, o presente trabalho está alinhado com a nova visão de mobilidade sustentável promovida pela CMP, contribuindo para a promoção dos modos suaves através do estudo de melhorias no espaço público e proposta de intervenção na infraestrutura pedonal. No final, pretende-se dessa forma melhorar a mobilidade pedonal, incrementando os percursos com maior conforto e segurança, e facilitando o esforço da caminhada, assim é possível melhorar a qualidade de vida de quem diariamente os percorre, ou abrir a perspetiva das formas de deslocação, regenerando e revitalizando as áreas onde se enquadram.

# 2

## MOBILIDADE PEDONAL E MICROSSIMULAÇÃO

### 2.1. A MOBILIDADE URBANA E A DEPENDÊNCIA DO AUTOMÓVEL

As cidades em tempos atuais passam por um processo de revitalização na maneira em que o espaço público é usado e imaginado, os automóveis deixam de ser protagonistas no processo de planeamento e conceção dos espaços urbanos, cedendo a prioridade às denominadas mobilidades suaves.

Ao longo do século XX o automóvel passou a ser enxergado como um relevante objeto familiar, principalmente nas novas áreas periféricas que emergiam. Ao longo do tempo ocorreu uma queda nos preços e estes veículos ficaram mais acessíveis financeiramente a toda a população, passando a obter um caráter de dependência (Relvas, 2014).

Este movimento para as periferias implicou na necessidade de maior mobilidade de acesso às zonas centrais para trabalho e estudo, onde os transportes individuais motorizados foram priorizados em detrimento do transporte público (Silva, 2017). Esta disparidade estimulou o uso do automóvel e gera consequências refletidas atualmente nas infraestruturas urbanas e na mentalidade da população. Cerca de 15 a 20% das deslocações na europa em 1997 correspondem a viagens com cerca de 1km, o que representa aproximadamente 10 a 15 minutos quando realizado a pé (Ramos e Alves, 2010).

Essa dependência resulta na necessidade de implementação de infraestruturas voltadas ao automóvel, como vias de comunicação, que além de consumir uma grande quantidade de recursos materiais e financeiros, também utiliza o limitado e valorizado espaço público das cidades para faixas de circulação, estacionamentos, entre outros. Para além disso, dados do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2018) indicam que a taxa média de ocupação do automóvel na AMP é de 1,56 pessoa e uma viatura quando parada ocupa entre 13 a 37 m<sup>2</sup>, representando cerca de trinta vezes do espaço ocupado por uma pessoa (Montgomery, 2013).

## 2.2. MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

Com as correntes preocupações ambientais e na forma como as cidades irão enfrentar esta problemática, soluções para uma mobilidade mais sustentável estão sendo desenvolvidas e implementadas. Nesta perspectiva, o automóvel deixa de ser uma opção única, e as relações de dependência se quebram, e outros modos de transporte podem ser explorados e priorizados, sejam eles motorizados ou não, coletivos ou individuais.

O *World Business Council for Sustainable Development* define a mobilidade urbana sustentável como “a capacidade de dar resposta às necessidades da sociedade em deslocar-se livremente, aceder, comunicar, negociar e estabelecer relações, sem sacrificar outros valores humanos e ecológicos hoje ou no futuro” (Ruxa, 2013).

Segundo a APA (2010), para que exista uma mobilidade sustentável efetiva, os três grupos seguintes devem ser satisfeitos:

- i) Social – uma mistura funcional das atividades, a equidade de acesso tanto a equipamentos com serviços e a coexistência de diferentes estratos sociais, na mesma área territorial;
- ii) Ambiental - um desenho que potencie as fontes de energia renováveis, de densidades que permitam uma maior eficácia ao transporte coletivo e da criação de novos espaços destinados à mobilidade em modos suaves; e por último
- iii) Económico - com o aproveitamento dos recursos endógenos, da reutilização dos solos urbanos e das infraestruturas preexistentes e da interiorização do balanço de custos e proveitos no âmbito dos próprios projetos de desenvolvimento.

A Comissão Europeia indicou em 1992 a necessidade de redução do impacto ambiental causado pelo sistema de mobilidade focado maioritariamente no transporte individual motorizado, que se agravou nos anos 90, com o aumento expressivo na quantidade de automóveis nas cidades desde os anos 60. Assim, os aglomerados urbanos registam elevados níveis de poluição, que tem forte impacto na saúde pública,

além dos problemas de congestionamento que acabariam por dominar o espaço disponível na cidade (Silva, 2017).

O Livro Verde: Por uma nova cultura de mobilidade urbana da Comissão Europeia (CE, 2007), estabelece um desafio às cidades de conciliar o desenvolvimento económico à acessibilidade, indicando que ao serem melhoradas as condições de acesso ocorrerá impactos económico, social, sanitário e ambiental, propondo cinco desafios essenciais:

i) Vilas e cidades descongestionadas – o incentivo de mobilidade pedonal, ciclável e do transporte público através de mudanças que os tornam mais seguros e atrativos tem potencial especial para solucionar os problemas de tráfego rodoviário advindo dos congestionamentos, sendo uma solução que não sugere a ampliação da infraestrutura viária corrente, como a antiga mentalidade dos transportes.

ii) Vilas e cidades mais verdes – ocorre o incentivo para a criação de normativas europeias quanto à poluição advinda do uso de combustíveis fósseis para os transportes, bem como a poluição sonora gerada, além de incentivar a restrição do tráfego de veículos em zonas das cidades.

iii) Transportes urbanos mais inteligentes – onde é identificado o constante aumento dos fluxos de mercadorias e passageiros a qual necessitam de desenvolvimento das infraestruturas necessárias. Porém esse desenvolvimento colide com limitações ligadas a falta de espaço e as exigências ambientais. De forma a melhorar os transportes é proposto o tratamento de dados que promovam uma gestão mais eficiente relativamente a tarifação, informação do público, gestão de tráfego entre outros.

iv) Transportes urbanos mais acessíveis – promove um fácil acesso às infraestruturas para toda a população, especialmente cidadãos com mobilidade reduzida ou condicionada – às pessoas com deficiências, aos idosos, às famílias com crianças ou às próprias crianças. Acrescentando ainda que um sistema de transporte deve ser satisfazer as necessidades dos seus utentes relativamente a qualidade, eficiência e disponibilidade.

v) Transportes urbanos mais seguros – é feito um alerta para a sensação de segurança e confiança que os cidadãos devem ter quando se deslocam, seja a pé, de bicicleta, a conduzir um veículo, para isso devem ser feitas infraestruturas que boa qualidade. O livro verde apresenta ainda números relativos ao número de pessoas que perderam a vida em acidentes na estrada na União Europeia, que em 2005 foi de 41 600 pessoas. Com o objetivo de diminuir este número para 25 mil, o livro apresenta ainda que dois terços de todos os acidentes e um terço das mortes ocorreram em zonas urbanas.

Os objetivos contidos no Livro Verde demonstram um empenho por parte da CE em tornar a Europa menos dependente de uma mobilidade baseada em veículos movidos a combustíveis poluentes. Para isso foram lançados muitos dos objetivos relacionados com a proteção ambiental, que visem a redução

do uso de combustíveis fósseis, da poluição sonora e a redução do número de veículos nos centros urbanos. Porém a CE empenha-se na criação de alternativas que passam pelos incentivos ao uso do transporte coletivo, partilha de viaturas e ao uso dos modos suaves.

Em 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) publicou 17 Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) que representam a Agenda 2030, englobando metas amplas e interdependentes. O objetivo 11 versa sobre cidades e comunidades sustentáveis, que evidencia o desafio de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Desta forma, o incentivo à utilização de transportes menos poluentes está contido nestes objetivos e o uso dos modos suaves surgem como soluções ao desafio proposto.

### **2.3. MOBILIDADE SUAVE E MOBILIDADE PEDONAL**

O conceito de mobilidade suave por vezes pode ser difuso e ela pode ser reconhecida também por outras denominações, que se aproximam deste conceito, tais como mobilidade ativa, verde, saudável, ou transportes de propulsão humana. A definição é sempre semelhante entre si baseando-se numa mobilidade que engloba todas as mobilidades não-motorizadas, a uma velocidade reduzida, sem a emissão de gases poluentes e com uma ocupação do espaço público reduzida. Sendo por isso identificados as mobilidades pedonais, cicláveis, trotinetes, skates, patins, entre outros (APA, 2010).

A mobilidade suave, de facto, pode ser definida como uma forma especial de mobilidade sustentável, capaz de otimizar a habitabilidade urbana, mantendo o direito individual de se mover. Atualmente, as cidades estão empenhadas na definição de políticas, procedimentos e intervenções para responder aos novos desafios ligados a mobilidade, tanto para aliviar o congestionamento do tráfego, como para trabalhar para a regeneração e melhorias ambientais. Isso requer uma cooperação profunda entre os diferentes níveis políticos e administrativos para alcançar objetivos comuns de desenvolvimento mais atentos às preocupações ambientais (La Rocca, 2010)

Os mais recorrentes modos de transporte suaves são as deslocações a pé e de bicicleta. Contudo, as deslocações a pé são o mais relevante para o ser humano pois este é o único modo que não necessita de veículo para o realizar. Porém esta mobilidade é relativamente lenta, com um ritmo normal de 5km/h e mais adequado para distâncias relativamente curtas (APA, 2010).

Um dos atuais desafios tem sido a integração das diversas mobilidades, tanto motorizadas como não-motorizadas, nas áreas urbanas. Uma das grandes questões é a diferença de velocidades entre as diferentes mobilidades e o tempo de reação dos condutores. Uma das soluções encontradas foi a criação

das chamadas Zona 30, célula delimitada por espaço público onde a velocidade máxima permitida é de 30km/h, que ajudam não só na segurança, mas também na redução do próprio ruído, tornando-as ruas mais calmas e seguras para os ciclistas e peões (Ruxa, 2013).

As deslocações ocorrem por conta das necessidades de mobilidade de pessoas e bens como resultado das diversas atividades humanas como sociais, económicas ou de lazer. Movimentos a pé, principalmente os de curta duração, representam uma grande parte do total de viagens, tornando-se assim necessário a implementação de um conjunto de infraestruturas que possibilitem aos peões a realização dessas deslocações de maneira segura, e com comodidade e rapidez. Essas infraestruturas são designadas por rede pedonal (Seco et al., 2008).

A rede pedonal não garante apenas circulação dos peões, mas também pretende assegurar a existência de um espaço mínimo que possibilite a realização de diversas atividades sociais e de lazer que vão além das deslocações usuais.

Anteriormente, a importância do modo pedonal foi muitas vezes desprezada e os veículos motorizados foram priorizados e suas necessidades foram mais evidenciadas, o que resultou em deficiências ao nível da segurança e comodidade dos espaços dedicados aos peões. Porém, recentemente, com o acréscimo das inquietudes face às problemáticas ambientais e de sustentabilidade advindos do aumento muitas vezes descontrolado do tráfego motorizado, o transporte à pé passou a ser tido em conta como uma verdadeira alternativa ao uso do automóvel, nomeadamente em trajetos curtos, conforme é possível observar no esquema da figura 2.1, tendo, portanto, reforçado a importância de dotar a rede pedonal de características que a tornem atrativa e segura (Seco et al., 2008).

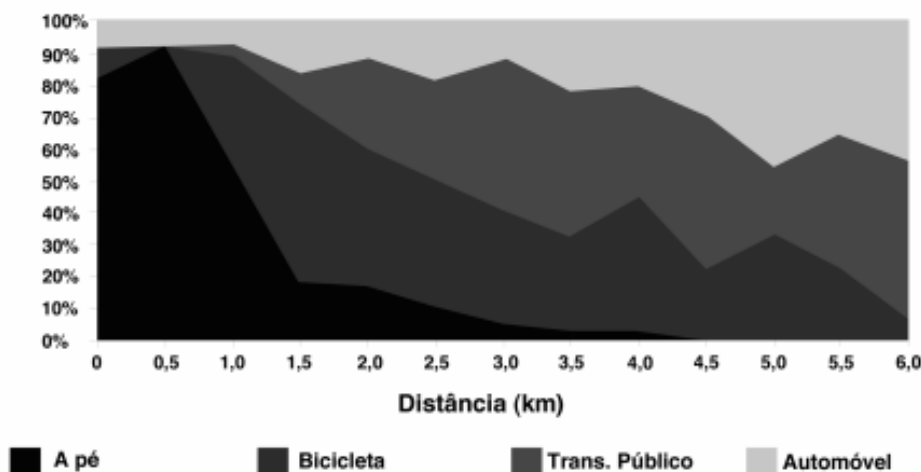


Figura 2.1 - Repartição modal típica em função do comprimento da viagem (Fonte: Seco, 2008)

A APA (2010) identifica ainda no modo pedonal que as pessoas realizam uma certa distância a pé dependendo do objetivo destas. Sendo estas: i) 100 metros para transferência de modo de transporte; ii) 300 metros para apanhar o autocarro; iii) 500 metros para o apanhar o metro; iv) 600 metros para percorrer uma rua comercial; v) 800 metros a passear por uma superfície comercial; e por último, vi) 1000 metros para visitar um museu. Acrescentando ainda que se deve ter em conta a população que estamos a servir e ter em atenção as suas necessidades

Contudo a mobilidade suave, particularmente a pedonal, deve tornar-se mais atrativa e segura para os peões. Dessa forma as Cidades Portuguesas começam a se empenhar nesta problemática. A Câmara Municipal de Lisboa (CML, 2018) elaborou um manual de ajuda ao desenho do espaço público. Neste livro é descrito que os passeios devem de ter uma largura útil mínimas, com o máximo de conforto e serem os mais atrativos possíveis.

## 2.4. VISÃO DO PORTO

O novo Plano Diretor Municipal (PDM) do Porto 2021 na componente de mobilidade e transportes, tem como objetivo melhorar a acessibilidade interna e externa, criando novas condições para a intermodalidade e a utilização dos modos de transporte suave.

Relativo aos modos suaves esta componente do plano contempla:

- A definição da estrutura fundamental da rede de circulação destinada a modos suaves;
- A criação de zonas pedonais no Centro Histórico do Porto;
- A criação das Zonas Pedonais Temporárias, pontos da cidade onde se pretende a progressiva eliminação do estacionamento em espaço público e ao longo dos arruamentos, substituído por estacionamento para residentes em garagens de recolha existentes ou a criar;
- A alteração do paradigma vigente na política de estacionamento privado, introduzindo critérios de dimensionamento máximo para usos não residenciais no Centro Histórico, na Baixa e nas zonas de influência das estações de metro, existentes e previstas.

Tem como proposta uma atuação determinada na criação de condições favoráveis à expansão das deslocações a pé e em outros modos ativos, bem como numa utilização do espaço público que permita a redução da área afeta às funções de suporte da mobilidade automóvel, assentando nas principais linhas de atuação:

- Reforço da articulação intermodal, de modo a assegurar uma repartição mais equilibrada da utilização dos diversos meios de transporte;



- ao nível da saúde e segurança, incentivando percursos pedonais, permitindo a prática de exercício físico e garantindo o necessário distanciamento social no contexto da Covid 19;
- no nível do desfrute e do lazer, promovendo uma vivência diferente da cidade e de uma nova experiência de lazer e compras;
- e ao nível da sustentabilidade, facilitando o acesso a modos suaves de transporte, com benefícios evidentes ao nível da redução de emissões de CO2 e dos constrangimentos associados ao tráfego rodoviário.

Além disso foi introduzido, nestas zonas, novo mobiliário urbano, temporário e amovível, para um usufruto mais confortável do espaço. Esse novo uso dado ao espaço público é acompanhado por marcações coloridas no pavimento como mostra a figura 2.3.

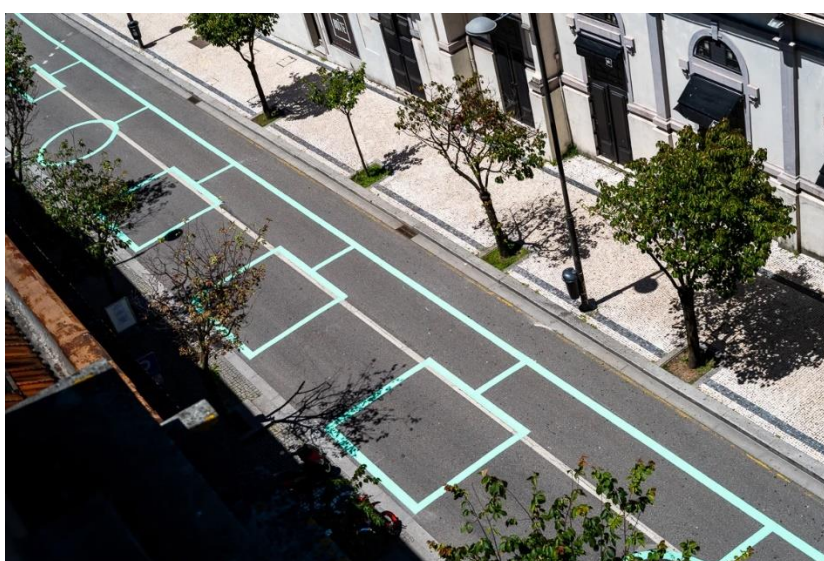


Figura 2.3: Zona Pedonal Temporaria

Outra iniciativa da CMP foi a elaboração do projeto dos pontos de partilha, espaços reservados para trotinetes e bicicletas em regime de partilha com o uso de espaços que anteriormente eram dedicados a vagas de estacionamento público de rua. Ao acompanhar o plano municipal de resgate do espaço público, tal projeto implantou 210 pontos de partilha de modos suaves, que funcionam entre 6 horas e 1 hora da manhã. Em toda a cidade já são um total de 2.100 velocípedes ou equiparados para deslocções dentro do Porto e por períodos de curta duração, estando disponível para utilizar através de aplicações disponibilizadas pelos operadores nos pontos de partilha.



Os modelos do tipo microscópico representam sistemas de nível de detalhe elevado e os veículos ou peões são tidos em conta individualmente. Neste caso, modelos são caracterizados de maneira especial e temporal a partir do comportamento dos condutores ou peões e das características dos veículos e pode ser considerado uma visão mais realista dos movimentos realizados na rede, embora necessitem de maior quantidade de dados e tempo de processamento (Costa, 2017).

No nível microscópico encontra-se uma avaliação em tempo real dos tempos de viagens, assim, ele é mais preciso para estimação dos comprimentos de filas de espera, estimação de atrasos, dentre outros, porém apresentam maior complexidade e tomam mais tempo nos processos de calibração e validação (Costa, 2017).

A maioria das ferramentas existentes para analisar a eficácia das redes de transporte urbano não pressupõe a análise do impacto da caminhada e da bicicleta na eficiência dos sistemas de transporte. Portanto, é necessário desenvolver soluções que, por um lado, reduzam o congestionamento e, por outro, melhorem a segurança e a qualidade das viagens dos usuários vulneráveis e determinar a relação entre o tráfego de peões e veículos por exemplo. Ferramentas de microssimulações podem ser úteis para alcançar este propósito (Oskarbski e Gumińska, 2018).

Os modelos macroscópicos representam de forma simplificada a realidade. Assim, as entidades e interações são descritas a um nível de baixo detalhamento, onde ocorre uma análise integrada das correntes de tráfego e a individualidade dos veículos não é levada em consideração, tendo como foco principal o comportamento agregado da corrente que se desloca pelas vias (Vasconcelos, 2004).

Modelos macroscópicos possuem relevante aplicabilidade quando são analisadas características macroscópicas, como o volume de tráfego. Em comparação aos modelos de microsimulação, eles apresentam menor complexidade e exigem menor grau de processamento de dados.

Os modelos mesoscópicos contemplam aspectos dos modelos macro e microscópicos, englobando as entidades em um nível de detalhes elevado, porém representando interações de um baixo nível de detalhes, onde as entidades são representadas por pelotões de veículos com características semelhantes (Costa, 2017).

O Quadro abaixo apresenta um resumo comparativo entre os modelos macro e microscópicos.

Quadro 2.1: Comparação dos modelos micro versus macroscópicos (Vilarinho, 2008)

Modelo	Macroscópico	Microscópico
Global	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Os veículos e as viagens são modelados em grupos;</li> <li>▪ Os volumes de tráfego são reproduzidos em modelos estáticos, sendo o resultado representado por um valor médio;</li> <li>▪ Tempos de simulação curtos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Os veículos e as viagens são modelados individualmente;</li> <li>▪ Simulação dinâmica em tempo real;</li> <li>▪ Usualmente, tempos de simulação longos;</li> </ul>
Velocidade Capacidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todas as viagens partilham a mesma velocidade em determinado elemento da rede;</li> <li>▪ A capacidade do modelo é um dado de entrada;</li> <li>▪ O congestionamento é inexplicável, a velocidade é uma função estritamente dependente do volume;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cada viagem/veículo possui uma velocidade individual em reacção aos veículos e aos sinais de controlo;</li> <li>▪ Capacidade não é um dado de entrada mas o resultado da geometria e do comportamento do condutor;</li> <li>▪ Pode reproduzir pontos de congestionamento e a geração de filas de espera;</li> </ul>
Nível de Detalhe	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simplificadamente modela a intersecção como um ponto sem geometria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cada intersecção é representada ao detalhe por vários elementos.</li> </ul>

## 2.6. SOFTWARE PTV VISSIM

O Software de microsimulação Vissim foi desenvolvido pela empresa alemã *Planung Transport Verkehr AG* (PTV), que para além desta ferramenta, vem desenvolvendo diversas soluções para o planeamento do tráfego, engenharia de tráfego, mobilidade e logística que são amplamente utilizados ao redor do mundo.

Um estudo de simulação pode ser eficaz para ajudar a melhorar a infraestrutura atual em cidades onde os volumes de peões são significativamente grandes. Em um nível mais pormenorizado, pode ser útil quando se trata de planejar a localização de novas travessias pedonais ou a largura de passeios (Friis e Svensson, 2013).

Além disso, peões podem ser simulados em termos de cenários de espera, escolhas de rotas e embarque e desembarque de transporte público. Isso torna o programa útil para a determinação da quadro de horários para transporte público, uma vez que os tempos de permanência podem ser estimados com precisão e levados em consideração para permitir um sistema de transporte público mais eficiente.

## 2.7. MODELAÇÃO DE PEÕES

Para a modelação de peões é necessário *inputs* gerais relacionados a esse tipo de movimento, tais como volume, e também é possível indicar o comportamento dos peões ajustando parâmetros específicos, tais como *React to n*, *noise*, entre outros. O movimento de peões no PTV Vissim pode ser baseado em dois modelos de comportamento diferentes, o modelo de Wiedemann (semelhante aos veículos) e o modelo de Força Social. Devido a uma diferença na configuração do modelo em relação ao comportamento dos peões, as possibilidades de ajuste dos parâmetros diferem nos dois modelos.

Quanto aos modelos microscópicos aplicados ao transporte pedonal, Helbing e Molnár (1995) propuseram o modelo de força social. Apesar de sua relativa simplicidade, esse modelo reproduz com bastante precisão a dinâmica dos peões e corrige várias deficiências de outros modelos. De acordo com este modelo, a velocidade desejada dos peões é semelhante a uma “força social”, que representa o efeito do ambiente circundante, como outros pedestres ou obstáculos.

Caminhar sempre foi e continua sendo o meio de transporte mais comum. Mas, ao contrário dos veículos, os peões não seguem regras rígidas e os princípios pelos quais funciona o sistema pedonal diferem daqueles que compõem o sistema de tráfego. De facto, os peões podem parar espontaneamente, mudar de direção ou fazer curvas repentinas.

Através da microsimulação obtém-se uma solução que leva em consideração a psicologia do comportamento do caminhar humano, neste caso a abordagem sugere um comportamento baseado em forças sociais, isto é, o agente, neste caso a pessoa, é influenciado por “forças” que não são somente definidas pelo ambiente que o rodeia, mas também por motivações interiores que concernem a cada indivíduo na realização dos movimentos, como é esquematizado na figura 2.5 (Fernandes et al., 2013).

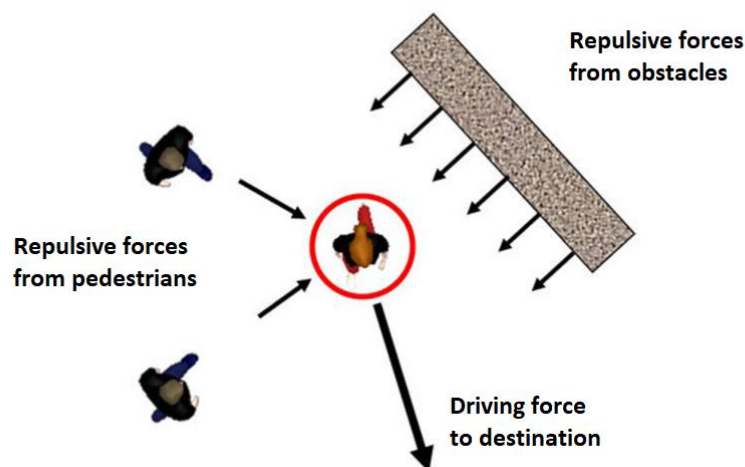


Figura 2.5: Esquema de funcionamento do modelo de forças sociais.

Segundo Teknomo et al., (2016) um modelo microscópico de simulação de peões pode ser definido como um modelo de simulação computacional do movimento pedonal em que cada peão no modelo é tratado como um indivíduo. Ainda segundo os autores, a maioria das pesquisas de peões foi desenvolvida em nível macroscópico, que não considera as interações entre peões e não é adequado para prever o desempenho do fluxo deles em áreas pedonais ou edifício com alguns objetos que reduzem a largura efetiva de circulação. Por outro lado, o nível microscópico tem uso mais específico e considera os detalhes do projeto. Embora o modelo analítico para o modelo microscópico de peões exista, a solução numérica do modelo é muito difícil e a simulação é favorável. Os modelos possuem diversas aplicações práticas, como a simulação de evacuação de edifício, projeto de área de pedonais e ferramenta de projeto experimental e de otimização.

O Software PTV Vissim pode ser aplicado nas seguintes soluções:

- Movimento em edifícios de vários andares
- Travessia de ruas (com ou sem sinalização)
- Embarque e desembarque de comboios
- Fila de espera em sistemas elaborados
- Movimento bidirecional em corredores estreito

Existem muitos parâmetros que podem ser ajustados no Vissim, que calibram o modelo de forças sociais. Esta calibração pode ser complexa, portanto é necessário a utilização do manual fornecido pela empresa PTV e os principais parâmetros serão listados abaixo:

*Tau* ( $\tau$ ) –pode ser interpretado como o tempo de reação dos peões. Ao diminuir o tau, a força que leva ao destino (*driving force to destination*, ver imagem acima) aumenta, portanto, a aceleração aumenta.

Como consequência, o tempo de processamento pode ser reduzido diminuindo o tau em passagens estreitas.

*React to n* – Determina o número máximo de peões que são levados em consideração no cálculo da força social.

*Lambda mean* – Pretende levar em consideração o quanto que as pessoas e eventos atrás de um peão influenciam seu movimento em relação às pessoas e eventos à frente do peão.

*A soc isotropic* e *B soc isotropic* – Juntamente com *lambda mean*, esses dois parâmetros governam a força dependente da direção entre os peões.

*VD* – Leva em consideração as velocidades relativas dos peões. Ao aumentar o *VD*, os peões em sentidos opostos desviam a trajetória mais cedo ao se encontrarem.

*A soc mean* e *B soc mean* – Controla a intensidade e o alcance da força social dependente da velocidade entre dois peões.

Noise – Determina a intensidade da força aleatória. O termo de força aleatória é adicionado após todas as outras forças terem sido calculadas apenas se um pedestre for mais lento do que sua velocidade desejada.

## 2.8. CONCEITO DE NÍVEL DE SERVIÇO

Com a finalidade de caracterizar a qualidade do serviço oferecido para a circulação de peões, o *Highway Capacity Manual* (HCM, 2000) propõem a classificação em diversos níveis a partir de parâmetros de caracterização, sendo eles a liberdade de escolha da velocidade de circulação, a facilidade de ultrapassar e o grau de ocorrência de conflitos com os outros peões, que variam de acordo com os débitos e concentração do tráfego pedonal (Seco et al., 2008).

A figura 2.6 demonstra a relação entre velocidade de circulação de peões e o débito, nota-se que quando existem poucos peões a circular, pode-se alcançar uma alta velocidade de caminhada, porém a medida que o débito aumenta a velocidade diminui pois há maior proximidade entre os peões e depois de um ponto crítico, ambos, o débito e a velocidade começam a cair, comportamento similar observado no tráfego de veículos.

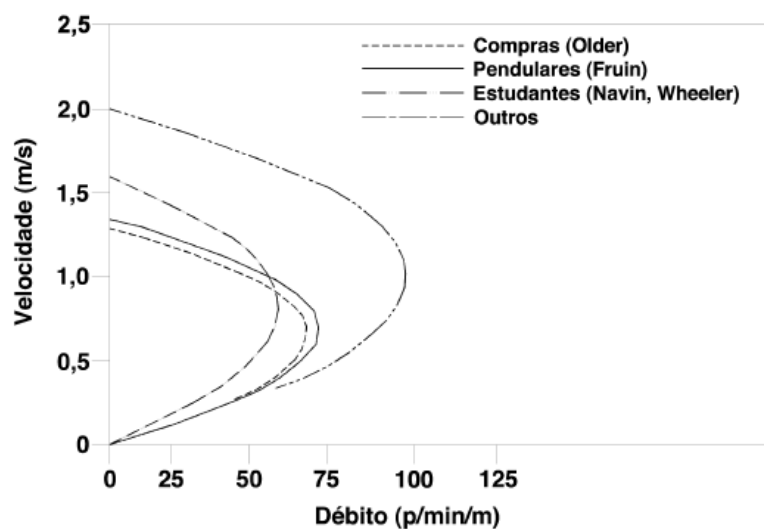



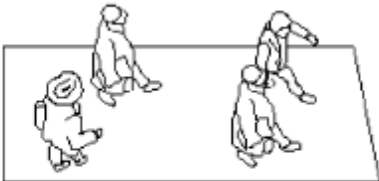




Figura 2.6: Relação entre velocidade e débito por unidade de largura (HCM, 2000)

Para qualificar os movimentos dos pedestres, o HCM (2000) propõe a escala presente no quadro abaixo, considerando seis níveis de serviço, de A até F, representando o nível A uma circulação sem restrições e o nível F um funcionamento muito deficiente e não desejável.

Quadro 2.2: Níveis de serviço dos passeios segundo o HCM (2000)

Nível de Serviço	Característica	
A	<p>Os peões seguem o trajeto desejado sem alterar seus movimentos em decorrência de outros peões. A velocidade de caminhada é livremente escolhida e conflitos entre peões são improváveis.</p>	
B	<p>Há espaço suficiente para escolha de velocidade de caminhada, ultrapassagem de outros peões e para evitar conflitos na travessia. O peão começa a notar outros peões e a reagir à presença desses selecionando trajetos de caminhada.</p>	
C	<p>O espaço é suficiente para a caminhada em velocidade normal e para ultrapassagem de outros peões que transitam no mesmo sentido. Movimentos em sentido oposto ou de travessia podem causar pequenos conflitos. Velocidades e taxa de fluxo são um pouco menores.</p>	
D	<p>A liberdade de escolha da velocidade de caminhada e de ultrapassagem de outros peões é limitada. Travessias e movimentos em sentido oposto apresentam alta probabilidade de conflitos, requerendo frequentes mudanças de velocidade e posição. O fluxo é fluido, mas o atrito e a interação entre os peões é provável.</p>	
E	<p>Praticamente todos os peões têm limitação de velocidade, frequentemente tendo a necessidade de ajuste à sua marcha. Desvios em movimentos lineares são observáveis. O espaço não é suficiente para peões lentos. Travessias e movimentos em sentido oposto são possíveis somente com muita dificuldade.</p>	
F	<p>A velocidade de caminhada é bastante limitada e os movimentos lineares ocorrem de forma truncada. Há inevitáveis contatos entre peões. Travessias e movimentos em sentido oposto são praticamente impossíveis. A fluidez é rara e instável.</p>	

O indicador utilizado para a definição dos níveis de serviço acima é o espaço disponível por peão, porém essas fronteiras delimitam condições de funcionamento com características próprias que podem ser determinadas a partir de um conjunto de parâmetros de referência, como o débito, facilidade da escolha velocidade pretendida de circulação, grau de conflito entre o movimento principal e secundário, ente outros (Seco et al., 2008).

É usual a utilização do débito em peões/min/m para caracterizar os níveis de serviço, e o HCM detalha os valores de referência para cada nível conforme o quadro 2.3:

Quadro 2.3: Critérios para determinação dos níveis de serviço para passeios segundo o HCM (2000)

Nível de Serviço	Espaço m <sup>2</sup> /peão	Débito peões/min/m	Velocidade m/s	Proporção vol/capacidade
<b>A</b>	5,6 ou mais	16 ou menos	1,3 ou mais	0,21 ou menos
<b>B</b>	3,7 a 5,6	16 a 23	1,27 a 1,30	0,21 a 0,31
<b>C</b>	2,2 a 3,7	23 a 33	1,22 a 1,27	0,31 a 0,44
<b>D</b>	1,4 a 2,2	33 a 49	1,14 a 1,22	0,44 a 0,65
<b>E</b>	0,75 a 1,4	49 a 75	0,75 a 1,14	0,65 a 1,00
<b>F</b>	0,75 ou menos	variável	0,75 ou menor	variável

### 2.8.1. Determinação do débito médio, máximo e por unidade de largura

O débito pretende medir o fluxo de peões durante um intervalo de tempo a passar por uma secção, portanto o débito médio, é determinado pela quantidade de peões observada, ou seja, o volume total contado, dividido pela quantidade de tempo da observação, conforme equação abaixo:

$$V_m = \frac{V}{t}$$

Onde:

$V_m$  – Débito médio (p/min)

$V$  – Volume de peões (p)

$t$  – tempo de observação (min)

Já o débito máximo, ou débito de ponta, é determinado pela divisão entre o volume de contagem máxima em 15 minutos por este tempo, dado pela fórmula abaixo:

$$V_{\max} = \frac{V_{15}}{15}$$

Onde:

$V_{\max}$  – Débito máximo (p/min)

$V_{15}$  – Volume de peões na ponta de 15 minutos (p)

O débito por unidade de largura é obtido a partir de volume de peões na ponta de 15 min e da largura efetiva, seguindo a equação abaixo:

$$V_p = \frac{V_{15}}{15 * W_E}$$

Onde:

$V_p$  – Débito por unidade de largura (p/min/m)

$V_{15}$  – Volume de peões na ponta de 15 minutos (p)

$W_E$  – Largura efectiva (m)

Nota-se a especial importância da ponta de peões estar contido no intervalo de observações, para que o volume de peões na ponta de 15 minutos seja o correto é importante a sensibilidade dos planeadores da campanha de contagem, a fim de identificar o horário médio em que esse valor máximo será alcançado.

### 2.8.2. Determinação da largura efectiva

Para determinação da largura útil ou efetiva, é preciso descontar os diversos obstáculos que possam ocupar os passeios, tais como elementos de mobiliário urbano, vegetação, semáforos, entre outros, correspondendo assim ao espaço realmente disponível à realização de atividades dos peões. Portanto, a largura efetiva é obtida através da equação abaixo:

$$W_E = W_T - W_O$$

Onde:

$W_E$  – Largura efectiva

$W_T$  – Largura total do passeio (ou largura bruta)

$W_O$  – Somatória das larguras dos obstáculos sobre o passeio

A figura 2.7 esquematiza obstruções típicas para a obtenção da largura efectiva dos passeios.

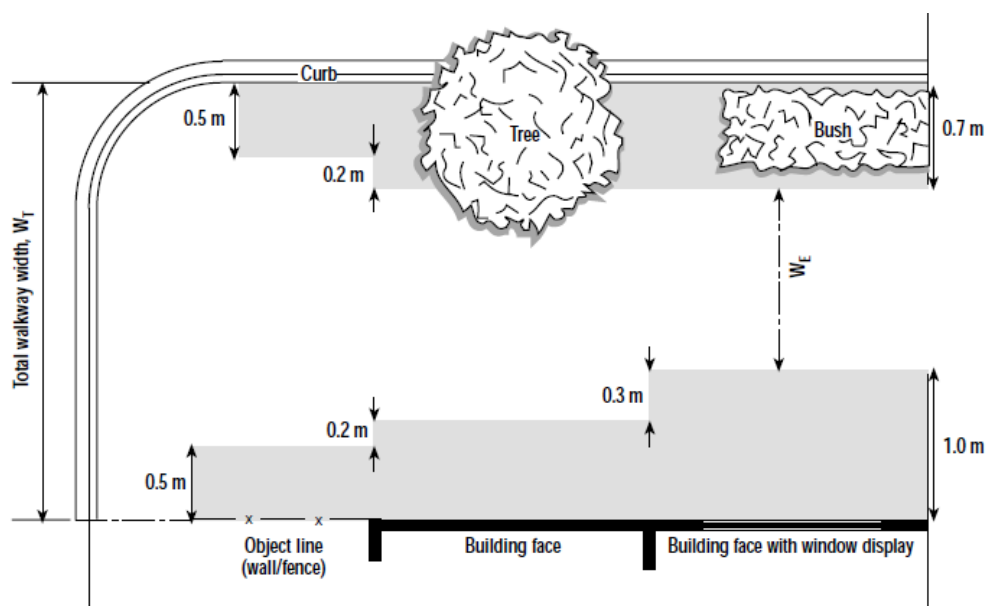


Figura 2.7: Ajuste das larguras para obstáculos fixos (HCM, 2000)

No quadro 2.4 estão presentes alguns valores de referência para a largura perdida devido a presença de obstáculos fixos nos passeios.

Quadro 2.4: Largura perdida em passeio devido a obstáculos presentes (HCM, 2000)

Obstáculo	Descrição	Largura perdida (m)
Distância de Segurança	Berma do passeio	0,30 - 0,50
	Muro, sebe	0,30 - 0,50
	Fachada de edifício	0,70
	Montra	1,00
Mobiliário Urbano	Postes de iluminação	0,80 - 1,10
	Postes de semáforo	0,90 - 1,20
	Hidrantes	0,80 - 0,90
	Sinalização vertical	0,60 - 0,80
	Parquímetros	0,60
	Cabines telefónicas	1,20
	Caixotes do lixo	0,90
	Marcos de incêndio	0,80 - 0,90
	Marcos do correio	1,00 - 1,10
	Bancos	1,50
Vegetação	Árvores	0,60 - 1,20
	Pontos de vegetação/arbustos	1,50
Acessos subterrâneos	Escadas de metro	1,70 - 2,10

A *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 2011) recomenda que a largura de passeios comuns seja de no mínimo 1,5 m. Tratando-se de áreas comerciais, esta instituição recomenda larguras mínimas 2,4 m, e se houver a presença de obstáculos adjacente à berma do passeio a largura adicional é necessária para garantir a largura efetiva livre.

O HCM (2000) indica que para evitar conflitos quando dois peões se cruzam, cada um deve ter pelo menos 0,8 m de largura de passagem. Quando peões se conhecem caminham juntos, cada um ocupa uma largura de 0,7 m, permitindo considerável probabilidade de contato devido à oscilação corporal e espaçamentos laterais menores que estes ocorrem apenas na situação de maior aglomeração.

O Decreto-Lei nº 123/97, de 22 de maio, versa sobre a eliminação de barreiras urbanísticas de arquitetónicas que permita às pessoas com mobilidade reduzida o acesso a todos os sistemas e serviços da comunidade indica em seu anexo I que a largura mínima dos passeios deve ser de 2,25 m. Porém o Decreto-Lei nº 163/2006 que aprova o regime da acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais e revoga o Decreto-Lei n.º 123/97, indica que em termos livres os passeios adjacentes a vias principais e distribuidoras devem ter largura livre mínima de 1,50 m, enquanto pequenos acessos pedonais de comprimentos inferiores a 7m tenham largura livre mínima de 0,90 m.

Seco *et al.* (2008) definem um conjunto de valores de referência para a largura dos passeios, conforme indicado no quadro abaixo:

Quadro 2.5: Largura bruta mínima dos passeios (Seco *et al.*, 2008)

<b>Tipo de passeio</b>	<b>Largura desejável (m)</b>	<b>Largura aceitável (m)</b>
Passeio sem mobiliário urbano, árvores ou montras	2,00	1,50
Passeio com fila de árvores ou montras	3,00	2,50
Passeio com árvores e montras	4,00	3,50

Porém os autores indicam ainda que nas cidades portuguesas por vezes não é possível garantir esses valores ao passar por processos de requalificação de espaços urbanos já consolidados, eles estabelecem assim novos valores mínimos, uma vez que poderá ser necessário reforçar a segurança do peão em zonas perigosas frente a necessidade de estacionamento de veículos, onde os passeios acabam por ceder espaço para a implementação dos mesmos. Nestes casos, os valores mínimos são indicados abaixo:

Quadro 2.6: Largura bruta mínima admissível dos passeios (Seco *et al.*, 2008)

<b>Tipo de passeio</b>	<b>Largura desejável (m)</b>	<b>Largura aceitável (m)</b>
Passeio sem obstrução	1,20	1,00
Troço <10m junto a obstrução	-	0,80

# 3

## METODOLOGIA

### 3.1. PREÂMBULO

A metodologia de análise de desempenho usando microsimulação sugerida por Galiza et al. (2009) é composta por quatro etapas principais, conforme indicado na figura 3.1. Primeiro, a definição correta do objetivo do trabalho; em segundo lugar, a recolha de todos os dados necessários à correta caracterização do cenário base, em terceiro lugar, a modelação desse cenário, e, finalmente, modelar cenários alternativos, quer de procura quer de oferta, e avaliar os impactos.

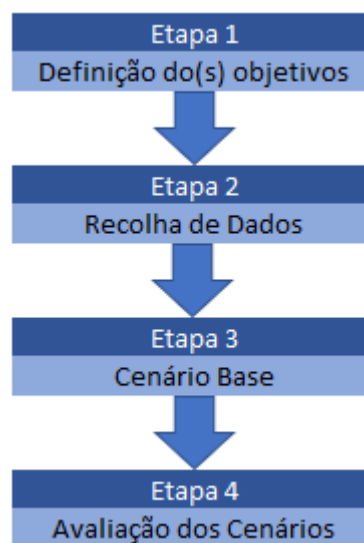


Figura 3.1: Metodologia de análise de desempenho usando microsimulação

Neste estudo esta metodologia foi adaptada, uma vez que o ponto de partida foi o tratamento e análise de dados existentes relativos a contagens de peões, a fim de se definir o estudo de caso com recurso a microsimulação, conforme esquema apresentado na figura 3.2:

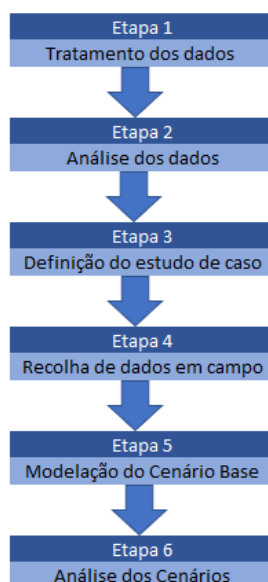


Figura 3.2: Metodologia proposta

### 3.2. TRATAMENTO DOS DADOS DE CONTAGENS

Esta fase do estudo consistiu no tratamento de dados existentes e resultantes de campanhas de recolha realizadas pela CMP, nomeadamente contagens em secção de vias de circulação de peões e velocípedes realizadas em diversos pontos da cidade a partir do verão de 2019. Tais contagens são de elevada importância para a compreensão da procura e dão suporte para a tomada de decisões de intervenções no espaço público.

Por meio do levantamento desses dados é possível perceber como o espaço é utilizado entre os diferentes modos de transportes (observe-se a existência de dados no que se refere a tráfego rodoviário), bem como, através da análise dos volumes nos diferentes períodos temporais (hora do dia e dia de semana), determinar os de maior ou menor utilização, identificar direções preferenciais de fluxo e calcular diversos índices que são relevantes para a avaliação, determinando, por exemplo, os níveis de serviço que avaliam as condições de circulação.

No que se refere a campanha de recolha de dados de peões, as contagens foram efetuadas no intervalo de duas horas, entre 13:00 às 15:00, em dois dias uteis e num sábado num total de 17 postos (Figura 3.3 com descrição dos mesmos no Quadro 3.1), tendo os postos 16 e 17 introduzidos a partir da segunda



Cada posto foi dividido em dois movimentos, que representam os movimentos direcionais, independentemente do passeio pelo qual o peão está a se deslocar. Desta forma, em postos que possuem dois passeios, as contagens foram agrupadas de acordo com os movimentos. Na Figura 3.4 observa-se o esquema da metodologia de contagem dos movimentos no Posto 01 de acordo com os sentidos.

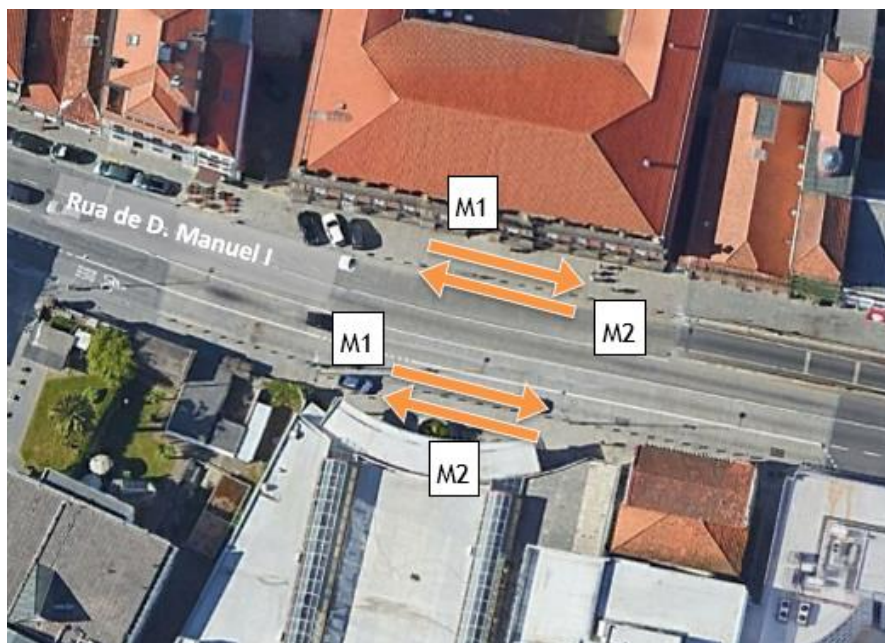


Figura 3.4: Posto 01 contagem peões

Para cada campanha de contagem foram calculados diversos índices, cuja análise será realizada no capítulo seguinte, apresentando-se nas figuras 3.5 e 3.6, a título exemplificativo, os valores encontrados para o Posto 01, nomeadamente o volume total de contagens de forma global e segregadas por dia de contagem (dias úteis ou sábados), comparação em volume de contagem entre os dois dias úteis e as médias de contagens diárias para cada posto por campanha. A partir destas informações, foi possível ter indicações sobre a relevância do posto face ao volume de peões, além de se comparar, de forma global, o uso quanto aos fins de semana e dias úteis, onde espera-se encontrar maiores valores para os fins de semana de zonas que contenham equipamentos de lazer e cultura e enquanto em zonas mais comerciais, espera-se a preferência em dias úteis.

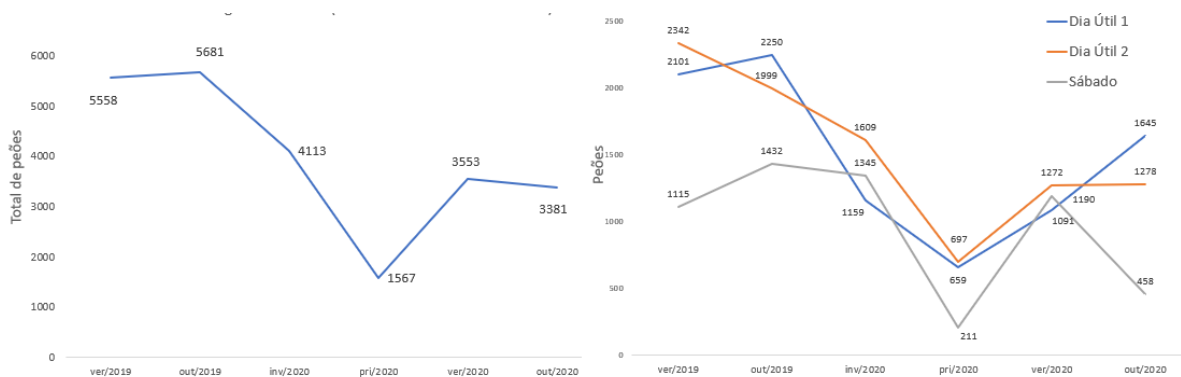


Figura 3.5: Volume total de contagens do posto 1 (2 dias uteis e 1 sábado) por campanha e Volume total de contagens do posto 01

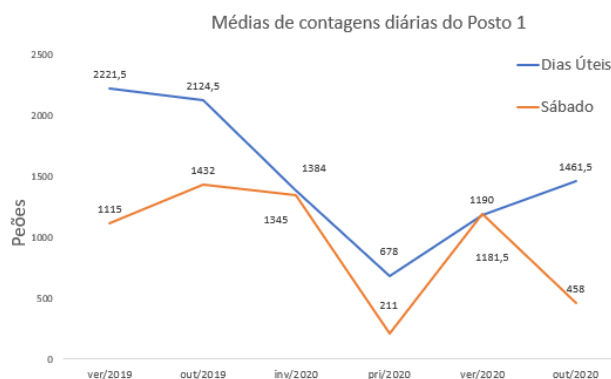


Figura 3.6: Médias de contagens diárias do Posto 1

A evolução horária das contagens de acordo com os intervalos de observação também foi levada em conta, a fim de se perceber o uso em intervalos de 15 minutos e tentar aproximar uma tendência de pico. Essa informação é relevante, visto que alguns sítios são mais frequentados em alguns períodos do dia, de acordo com suas funções e proximidades, e é de interesse que os picos máximos de uso estejam englobados nos cálculos.

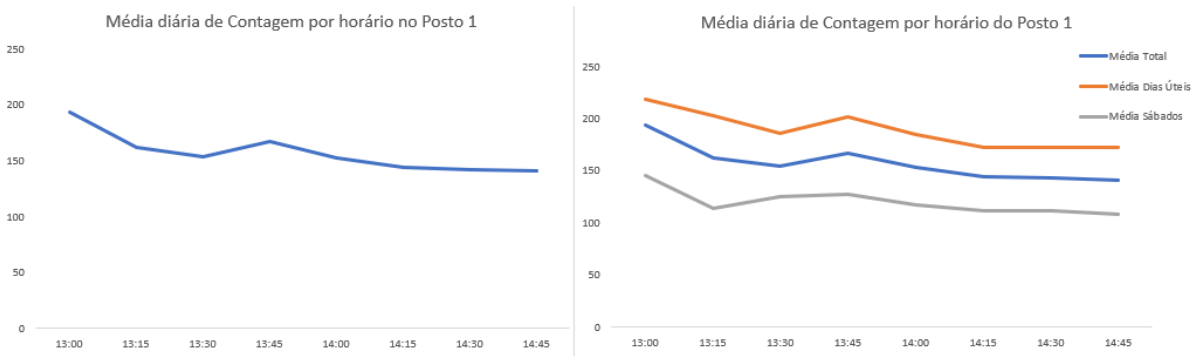


Figura 3.7: Média diária de contagem por horário no posto 1 e Média de contagem por horário do posto 1

Em seguida foram avaliados os picos de contagem máxima em 15 minutos para cada campanha de observação de forma global e segregadas por movimento, assim foi possível avaliar os valores de pico e comparar com as diferentes estações do ano. Neste caso são esperadas quedas na contagem de peões durante as estações que apresentam condições climáticas mais desfavoráveis, como o inverno, porém esta análise é ainda mais relevante e delicada na atualidade, uma vez que por conta da quarentena provocada pela pandemia de covid-19, restrições de circulação foram impostas durante alguns meses, e foi recomendado pelas autoridades que as pessoas evitem circular ao máximo possível, e em casos de necessidades, que sejam evitadas aglomerações e espaços com maior movimento de pessoas.

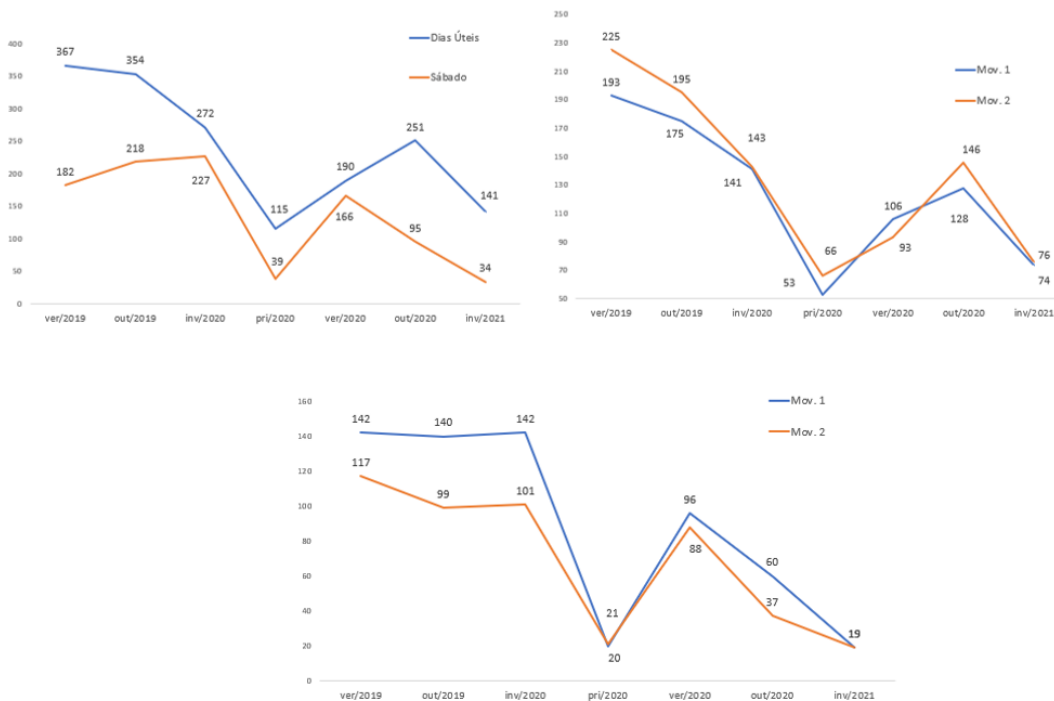


Figura 3.8: Picos de contagem em 15 min. no posto 1, Picos de contagem em 15 min. por movimento em dias úteis do posto 1 e Picos de contagem em 15 min. por movimento em sábados do posto 1

Os débitos médios foram calculados, e assim pode-se determinar a quantidade de peões passando por cada secção de passeio por unidade de minuto;

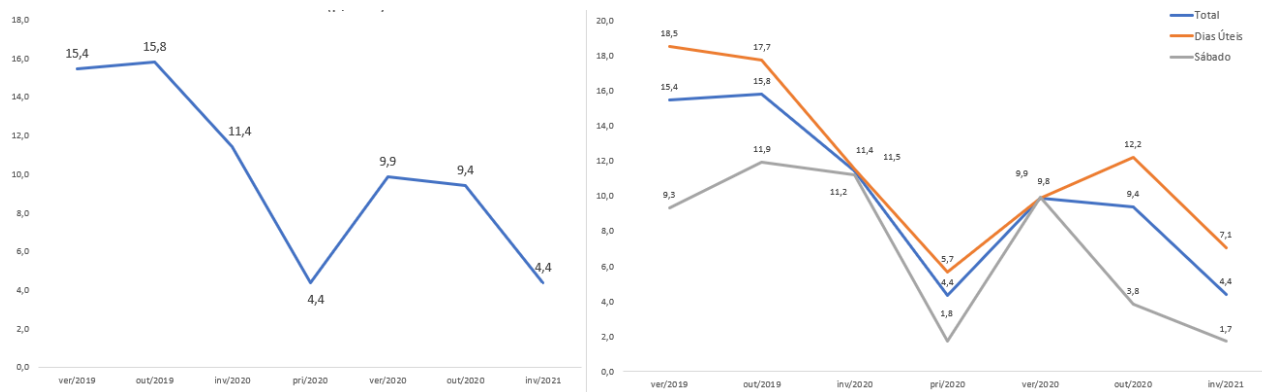


Figura 3.9: Débito médio (p/min) no posto 1 por campanha

Ressalve-se que este valor é relevante para se perceber de maneira global o comportamento médio dos peões nos postos por campanha, embora, quando analisado os picos máximos, é perceptível uma grande diferença no valor observado, sendo o valor máximo mais adequado para análises de nível de serviço, uma vez que representa os valores mais solicitados, conforme é possível perceber na figura 3.10, onde o débito máximo, é, por vezes, superior ao dobro do valor médio no Posto 01.

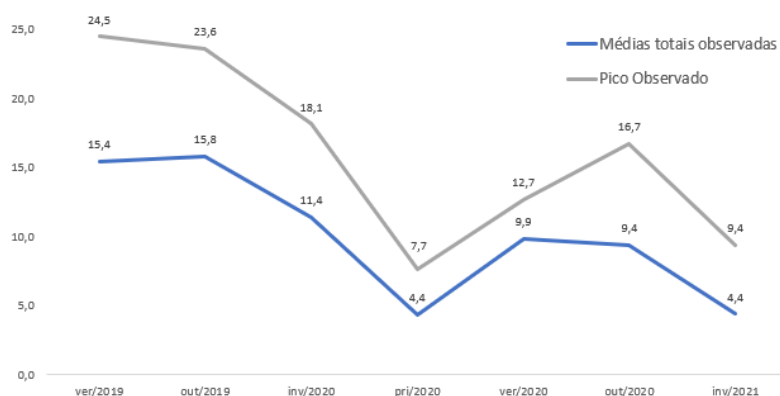


Figura 3.10: Débito (p/min) médio e pico de 15 min. observado por campanha

É possível então obter o débito máximo observado para cada posto. Esta análise foi dividida entre sábados e dias úteis.

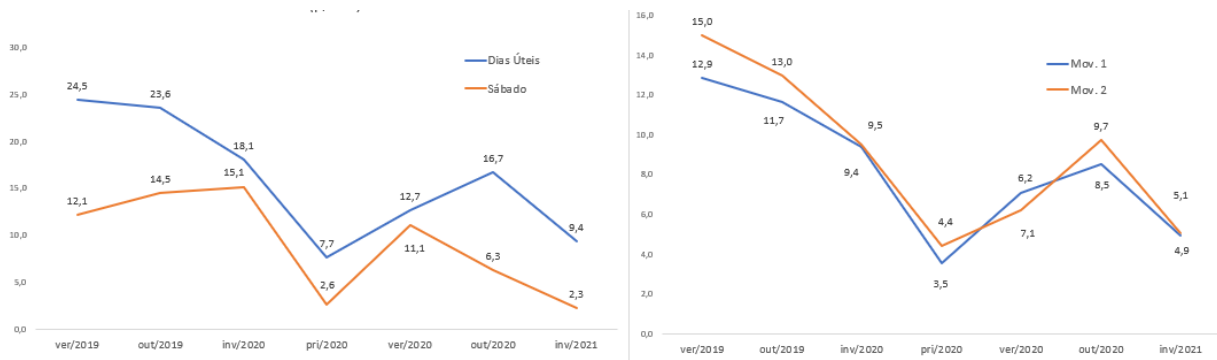


Figura 3.11: Débito máximo (p/min) observado em dias úteis e sábados e Débito máximo em dias úteis dividido por movimentos no posto 1

### 3.3. ANÁLISE DE DADOS E DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Neste ponto será apresentada parte da análise que fundamentou a escolha do estudo de caso, que foi realizada a partir da comparação da procura nos diferentes postos de acordo com o volume total de contagens obtido em cada um dos postos, conforme a distribuição apresentada na Figura 3.12. Pela observação da mesma é possível perceber que os postos 13, 14, 17, 06, 02, 05 e 10 são os mais relevantes no que se refere ao volume total observado.

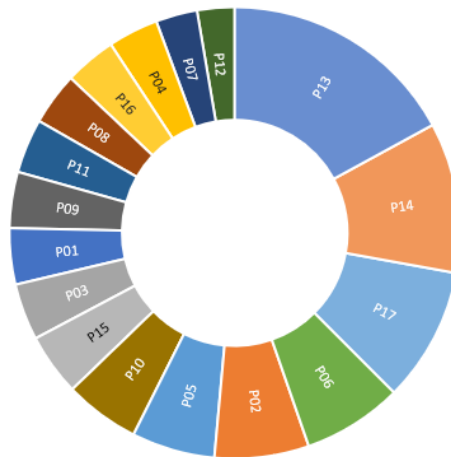


Figura 3.12: Relevância de contagem dia média por campanha

Na Figura 3.13 observa-se os valores médios de peões contados para cada posto.

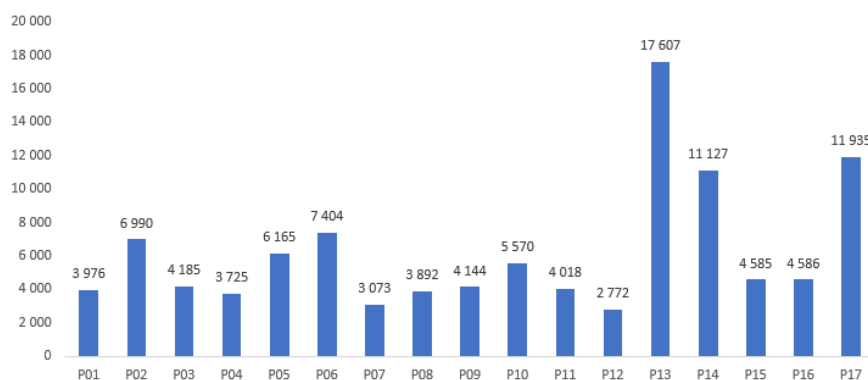


Figura 3.13: Média de contagem por campanha nos postos

Os débitos máximos foram calculados para períodos de observação de 15 minutos e são apresentados na Figura 3.14 em ordem decrescente para cada posto.

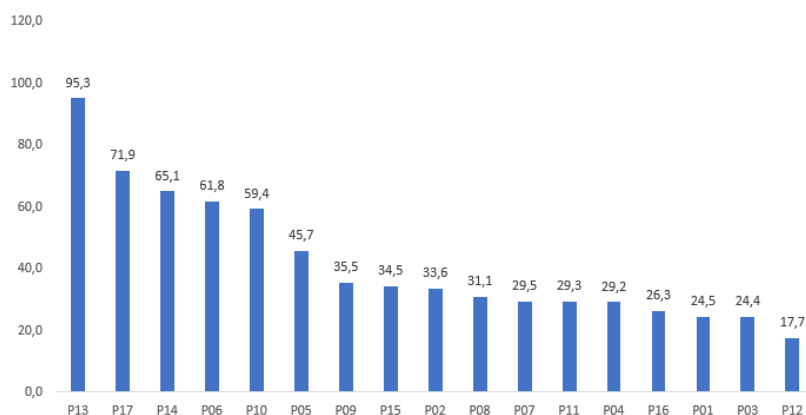


Figura 3.14: Débito máximo (p/min) observado em intervalo de 15 min.

De acordo com a metodologia estabelecida pelo HCM foram calculados os débitos “corrigidos” pela largura efetiva de circulação (p/min/m) para cada posto com o objetivo de se determinar os níveis serviço para cada passeio, ao comparar os valores calculados com os presentes na metodologia do HCM. Como as contagens foram agrupadas por tipo de movimento, e desejava-se obter o valor de peões passando por cada passeio de maneira segregada, foi proposto um novo método de contagem, conforme será exposto no capítulo 6, a partir desta nova contagem obteve-se a proporção média de circulação dos peões em cada passeio, para as secções que possuem passeios dos dois lados da via, e desta forma, foi possível estimar o valor médio do débito por unidade de largura para cada passeio, conforme pode ser visto no Quadro 3.2. Observe-se que para determinação do nível de serviço foi utilizado o caso mais desfavorável de casa posto, ou seja, a secção de passeio com menor largura efetiva.

Quadro 3.2: Débito máximo por unidade de largura (p/min/m) em dias uteis (DU) e sábados (SA) por passeio e níveis de serviço (LOS) para cada posto

	DU P1	DU P2	SA P1	SA P2	LOS
P01	3,92	8,7	2,43	5,38	A
P02	7,03	-	5,72	-	A
P03	1,93	7,43	2,36	9,06	A
P04	5,03	-	4,45	-	A
P05	7,8	2,17	10,45	2,9	A
P06	17,66	-	13,33	-	B
P07	3,75	-	3,91	-	A
P08	4,2	-	4,1	-	A
P09	3,33	-	3,61	-	A
P10	26,07	24,54	26,95	25,36	C
P11	8,57	10,65	9,02	11,21	A
P12	4,86	-	5,7	-	A
P13	8,17	-	6,71	-	A
P14	32,08	19,04	27,22	16,15	C
P15	5,67	11,41	5,69	11,45	A
P16	4,21	-	3,84	-	A
P17	10,95	23,14	9,55	20,18	C

Saliente-se que os valores observados para as proporções entre os peões em cada passeio apresentam diferença considerável em alguns postos, como é o caso do P01, onde aproximadamente 75% do volume de peões está contido em apenas um dos passeios.

Quadro 3.3: Percentagem de peões em cada passeio

Posto	Percentagem de peões no Passeio 1	Percentagem de peões no Passeio 2
P01	25,30%	74,70%
P03	40,60%	59,40%
P05	69,70%	30,30%
P10	52,20%	47,80%
P11	44,60%	55,40%
P14	64,60%	35,40%
P15	26,90%	73,10%
P17	45,30%	54,70%

Tendo em conta os dados apresentados, nota-se que o posto que apresenta o pior desempenho quanto ao nível de serviço de utilização dos peões é o posto 14, localizado na Rua de Fernandes Tomás, com débito

máximo por unidade de largura encontrado no passeio 1 (passeio norte) com o valor de 32 p/min/m, valor que está no limiar entre os níveis de serviço C e D. Observa-se também que este posto é relevante em volume total de contagem, localizando-se numa zona central de uso comercial, residencial e turístico. Portanto, este sítio foi escolhido para ser objeto deste estudo de forma pormenorizada.

### 3.4. ESTUDO DE CASO – RUA DE FERNANDES TOMÁS

#### 3.4.1. Localização

A Rua de Fernandes Tomás está localizada maioritariamente na antiga freguesia de Santo Ildefonso do Concelho do Porto, que foi integrada na União das Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória em 2013. Constam na referida freguesia um vasto património edificado e cultural da história da cidade do Porto, principalmente quanto à memória religiosa, como a Igreja Matriz de Santo Ildefonso, situada na Praça da Batalha, que retoma das primeiras décadas de 1700 (Bessa, 2018).

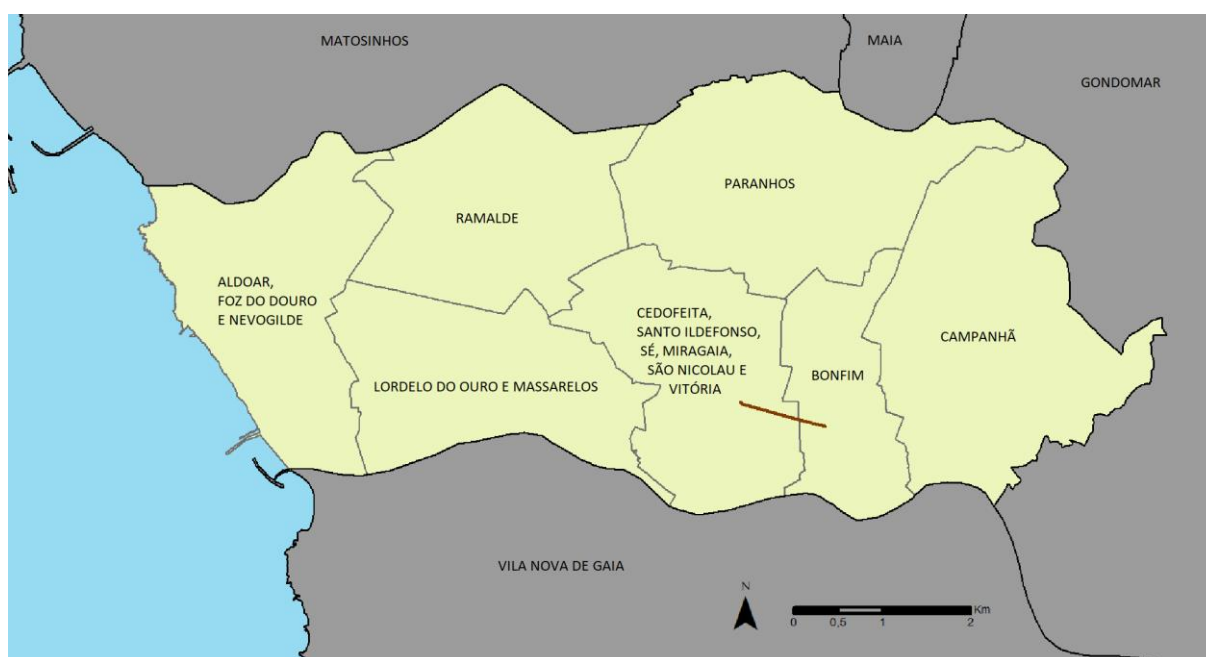


Figura 3.15: Freguesias do concelho do Porto após 2013

Para facilitar a exposição do enquadramento da rua em questão, ela foi dividida em três trechos que preservam características semelhantes (Figura 3.16), nomeadamente o troço 1 (azul), compreendido entre a Rua da Trindade e Rua de Sá da Bandeira, o troço 2 (vermelho) compreendido entre a Rua de Sá da Bandeira e a Rua Dr. Alves da Veiga e por fim, o troço 3 (amarelo) entre a Rua Dr. Alves da Veiga e o Campo 24 de Agosto.

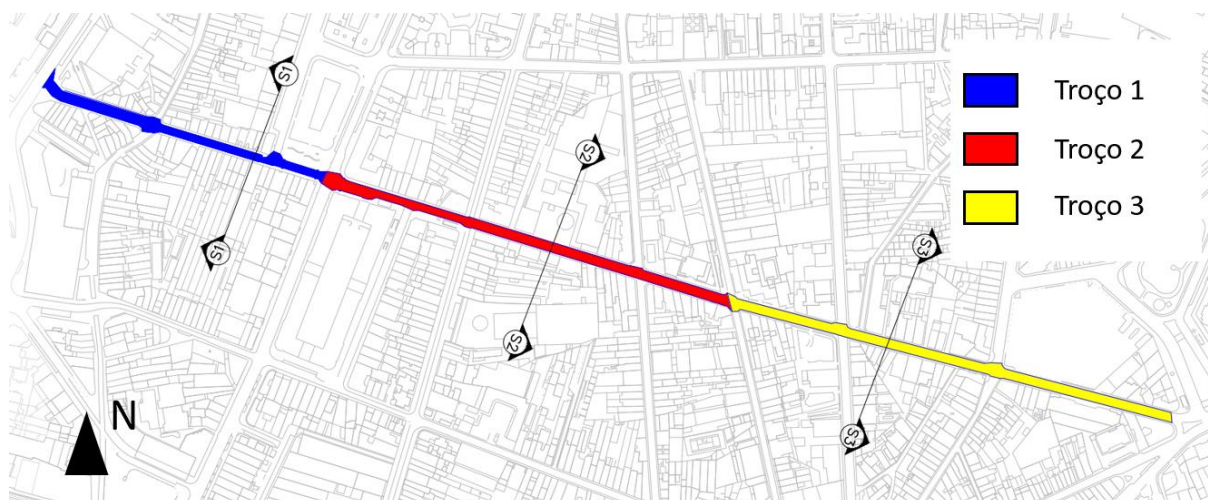


Figura 3.16: Troços da Rua de Fernandes Tomás

### 3.4.2. Troço 1

O troço 1 é marcado pela proximidade a diversos pontos de interesse da cidade do Porto, como a Avenida dos Aliados, o Edifício Paços do Concelho, onde situa-se a Câmara Municipal do Porto, a estação de metro da Trindade, importante interface de transportes da cidade e a Igreja da Trindade. Portanto, é uma zona de intensa circulação de pessoas e veículos, pelos pontos de atração que a circundam e que estão contidos nela.

O comércio tem importante relevância para o troço em questão, sendo os edifícios nele instaurados maioritariamente destinados a este fim no andar de rés-do-chão, e com finalidade habitacional nos outros andares, conforme é possível ver no mapa de uso e ocupação na Figura 3.17. Tais construções possuem em média 3 a 4 andares e abrigam comércios tradicionais da cidade em diversos segmentos.

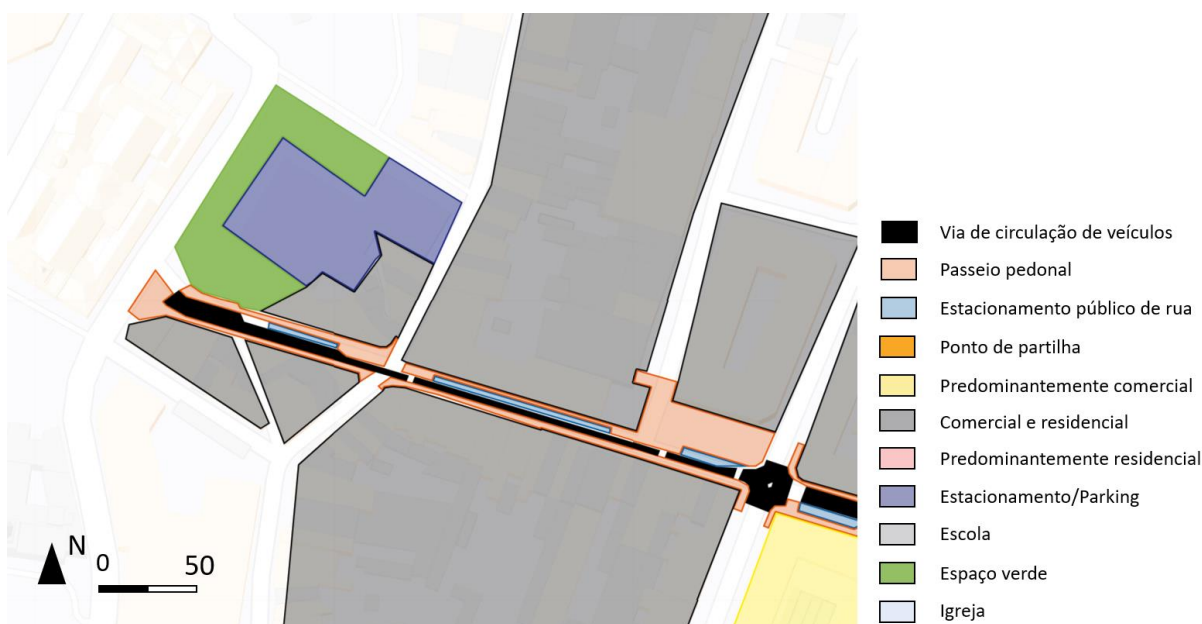


Figura 3.17: Mapa de uso e ocupação no troço 1 da Rua de Fernandes Tomás

Quanto à oferta de transportes públicos, diversas linhas de autocarro passam pela Zona em questão, além das estações de metro da Trindade e Aliados que estão nas imediações do troço.

Um grande parque de estacionamento gerido pela CMP está presente no local, além da possibilidade de estacionamento em via pública, que constam com 12 lugares para carga e descarga e 10 lugares para estacionamento condicionado, contido na zona de maior tarifação da cidade (Zona I).

O troço 1 foi objeto de uma requalificação em 2019, no trecho compreendido entre a Rua da Trindade e a Rua de Sá da Bandeira houve a substituição dos pavimentos da faixa de rodagem, redefinição e pavimentação de estacionamentos e passeios.

A redução da secção transversal da via de circulação de veículos tem a capacidade de induzir a menores velocidades, pois cria uma sensação de confinamento nos condutores e como consequência um maior cuidado ao conduzir, o que corrobora para a redução de casos de acidentes envolvendo peões e veículos. A criação de áreas de carga e descarga de mercadorias também é fundamental para o abastecimento do comércio local e evita a paragem em locais proibidos ou passeios, bloqueando o acesso e circulação de peões nas vias a eles destinadas.

As alterações do desenho urbano deste troço podem ser visualizadas nas figuras 3.18 (“antes”) e 3.19 (“depois”), a primeira de 2018 e a segunda de 2021.



Figura 3.18: Rua de Fernandes Tomás com Rua de Sá da Bandeira em 2018. Fonte Google Maps



Figura 3.19: Rua de Fernandes Tomás com Rua de Sá da Bandeira em 2021. Fonte Google Maps

Nas proximidades da Rua da Trindade foi suprimido o estacionamento de rua, conforme é possível observar na lateral direita das Figuras 3.20 e 3.21, além da redução da secção transversal das vias de circulação, tal intervenção proporcionou o aumento do passeio e maior conforto dos peões nas viagens, sejam elas de travessia para alcançar o sítio desejado ou o trânsito com finalidade de compras ou lazer.

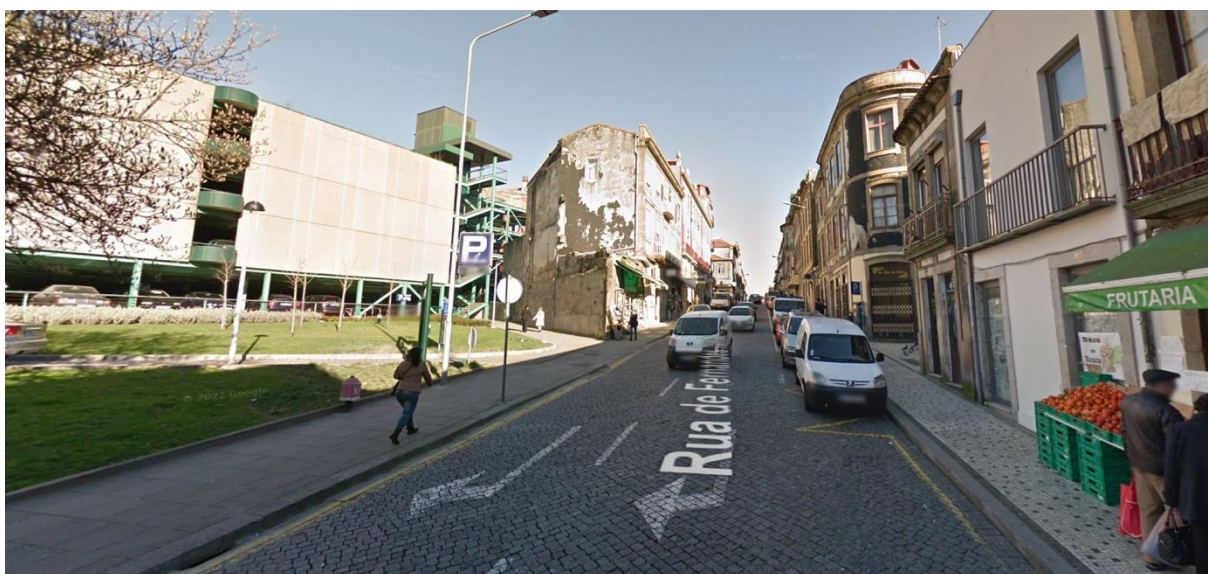


Figura 3.20: Rua de Fernandes Tomás com Rua da Trindade em 2015. Fonte Google Maps



Figura 3.21: Rua de Fernandes Tomás com Rua da Trindade em 2021. Fonte Google Maps

A seguir encontra-se o esquema da secção transversal do troço 1, com as medidas atuais das vias de circulação e de estacionamento, cuja secção representada pode ser localizada na Figura 3.16, marcação S1.



Figura 3.22: Secção típica do Troço 1

### 3.4.3. Troço 2

O troço 2 da Rua de Fernandes Tomás contém diversos marcos culturais e comerciais, o mercado do Bolhão é, sem dúvidas, um grande atrativo para turistas e locais que fazem compras e também se interessam pela edificação histórica. Atualmente, o mercado está em obras de requalificação para melhor atender à população. Esta intervenção implicou mudanças nas orientações de circulação dos veículos nos troços 2 e 3, que somente tinham sentido de circulação este-oeste, e passaram a ter sentido duplo de circulação a partir de 2018.

No projeto de requalificação consta a criação de um túnel entre a Rua do Ateneu Comercial do Porto e a Rua de Alexandre Braga, passando sob a Rua Formosa. Ele vai possibilitar o acesso direto ao piso subterrâneo de logística do mercado, que absorverá o trânsito de veículos para abastecimento dos comerciantes, protegendo assim a mobilidade na envolvente do mercado. Isso evitará que caminhões e carrinhas ocupem passeios e bloqueiam as passagens pedonais, além de que atrapalhem o trânsito de veículos.



Figura 3.23: Projeto de Requalificação do Mercado do Bolhão

A Capela das Almas, também denominada Capela de Santa Catarina, remonta do século XVIII e faz parte do património arquitetónico da cidade. Externamente ela é revestida por azulejos, que são um marco e legado da cultura portuguesa, que atraem turistas e locais à rua para contemplação desta obra arquitetónica.

A proximidade com a Rua de Santa Catarina, também tem grande impacto da rua de Fernandes Tomás, devido a sua importância comercial e cultural para a cidade do Porto, que é outro fator que enriquece a zona de estudo. Este arruamento é vedado ao trânsito de veículos e reservado apenas a peões e é uma importante zona de comércio da cidade, onde encontram-se lojas de roupas, calçados, restaurantes e produtos locais, entre outros.

Enquanto o troço 1 está bem dividido entre uso comercial e habitacional, o troço 2 tem predominância comercial, principalmente pela presença de dois grandes centros comerciais, são esses o La Vie Porto Baixa Shopping Center e o Via Catarina Centro Comercial, além do já referido Mercado do Bolhão.

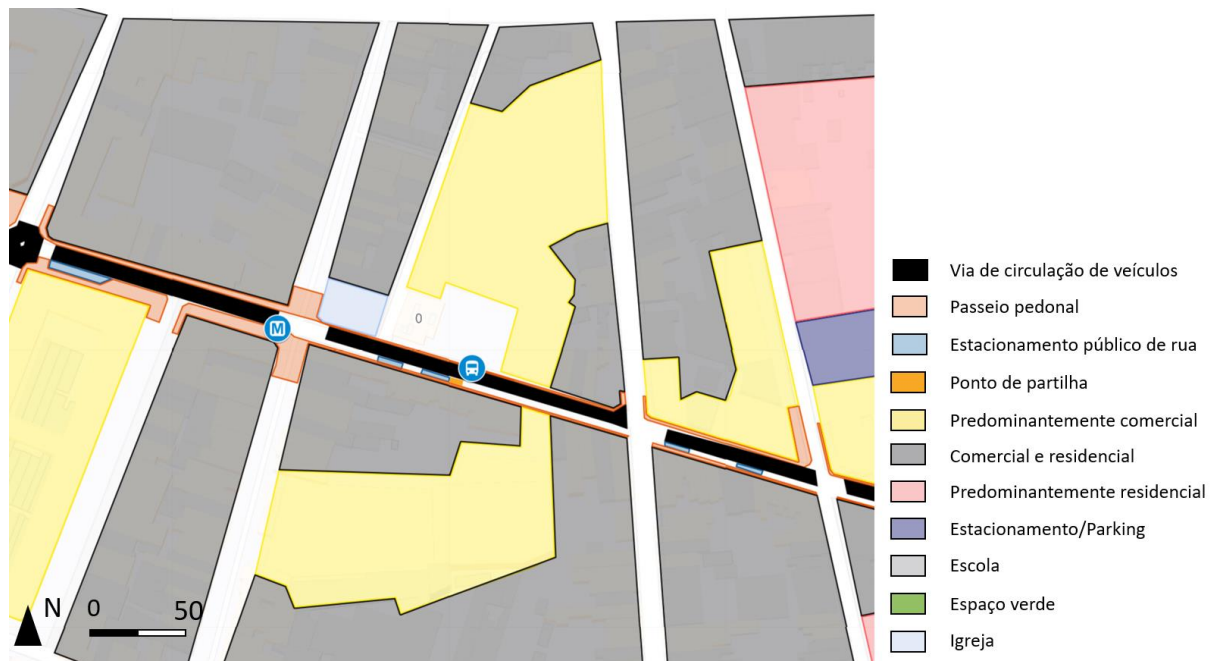


Figura 3.24: Mapa de uso e ocupação no trecho 2 da Rua de Fernandes Tomás

A zona é servida pela estação de metro do Bolhão, quem tem saída nos dois passeios da Rua Fernandes Tomás e diversas linhas de autocarro que passam na via em questão e nas circunvizinhas.

Atualmente neste trecho a via é de circulação em duplo sentido, onde o movimento este-oeste é composto por uma faixa bus que também pode ser usada por motas, enquanto o movimento contrário é de circulação comum de veículos, tendo cada sentido apenas uma faixa de circulação, como evidenciado no esquema da secção típica na Figura 3.25. Esta secção pode ser localizada na Figura 3.16, marcação S2. Porém, esta configuração foi estabelecida em 2018 por conta das obras do mercado do Bolhão, e interdição de outras vias nas proximidades da edificação. Anteriormente, essa via constava apenas com um sentido de circulação, sendo ele o este-oeste.

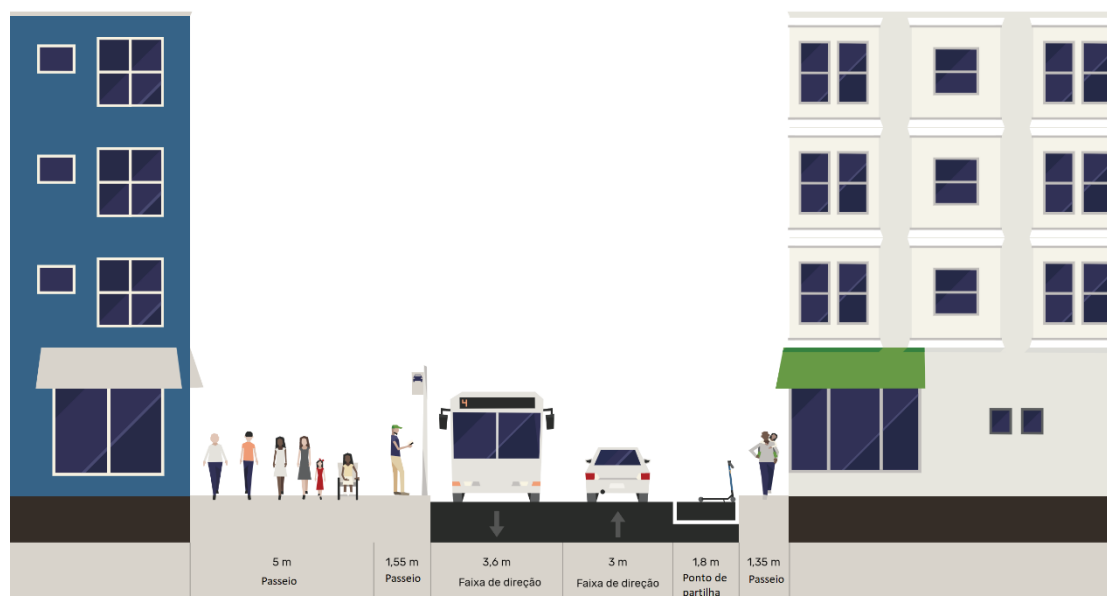


Figura 3.25: Secção típica do Troço 2

Neste troço existem 11 lugares de carga/descarga para o abastecimento do comércio local e os centros comerciais supracitados possuem estacionamentos pagos onde os condutores podem estacionar com facilidade.

Em 2020 um lugar de estacionamento de via pública foi convertido em ponto de partilha, sítio reservado para o estacionamento de trotinetes e outros modos suaves compartilhados, que são sinalizados por faixas azuis no pavimento e sinalética vertical. Assim os utilizadores sabem os pontos onde podem levantar e estacionar os veículos alugados através das plataformas online, o que organiza o estacionamento e evita diversos problemas que surgiram em outras cidades quanto ao estacionamento desordenado de velocípedes. Tal estratégia foi fruto da regulamentação proposta de forma pioneira em Portugal pela CMP, que primeiro estabeleceu as regras da utilização e operação dos serviços de trotinetes e bicicletas compartilhadas (Código Regulamentar — Serviços de Partilha em Modos Suaves de Transporte 1251/2019), antes da implementação dos serviços, criando assim um ambiente propício e sustentável para a difusão da utilização destes modos de forma compartilhada.

Os passeios contidos nesse troço são especialmente estreitos e apresentam obstáculos que podem dificultar a movimentação dos peões, o que é reforçado ainda pela presença de montras nas lojas da rua, havendo pessoas paradas no passeio a admirar as montras e também os edifícios históricos enquanto outros peões caminham e são obrigados a se desviar delas e dos obstáculos presentes. Tal pode ser observado na figura 3.26, em que se verifica no passeio sul um grupo de pessoas a fotografar a Capela

das Almas, enquanto outros peões se movimentam, tendo que se desviar dos peões e obstáculos físicos, tal como o semáforo instalado.



Figura 3.26: Passeios do troço 2 em 2020. Fonte Google Maps

No passeio sul, entre as ruas de Santa Catarina e a Rua da Alegria observa-se a presença de trechos da rua bloqueados por balizas, que funcionam muitas vezes como estacionamentos de motos, e os peões acabam por utilizar parte desses trechos que se encontram livres como áreas de desvio dos obstáculos presentes, a fim de ter uma circulação mais confortável, conforme se observa na Figura 3.27.



Figura 3.27: Trechos com balizas que são usados como áreas de escape no tráfego pedonal em 2020. Fonte Google Maps.

### 3.4.4. Troço 3

O terceiro troço da Rua de Fernandes Tomás é composto maioritariamente por áreas residenciais (Figura 3.28). Este inicia-se na Rua Dr. Alves da Veiga e prolonga-se até o Campo 24 de Agosto. Comparado com os outros dois troços é sem dúvida o trecho de menor circulação contínua de peões e não possui edifícios notáveis quanto ao património arquitetónico da cidade.

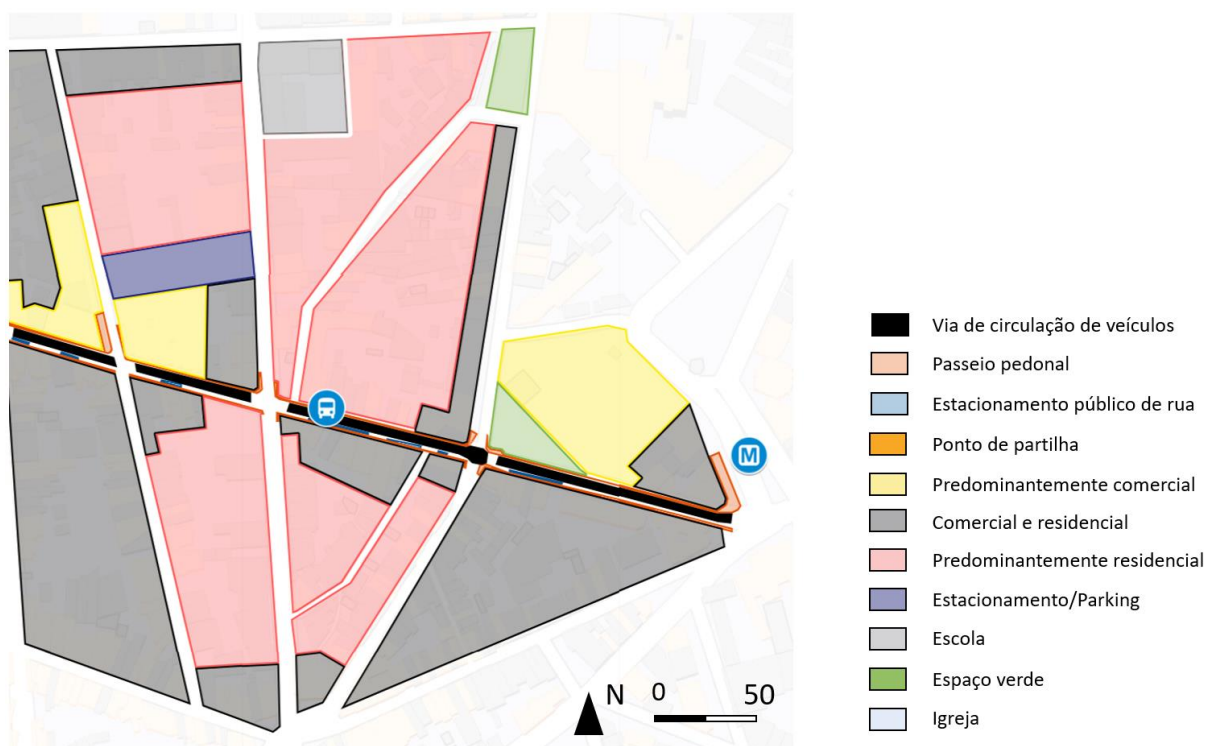


Figura 3.28: Mapa de uso e ocupação no troço 3 da Rua de Fernandes Tomás

Entre a Rua Dr. Alves da Veiga e a Rua de Dom João IV também constam áreas protegidas com balizas, como no troço 2, e a ocupação de estacionamentos em via pública é composta por dois lugares de carga/descarga e 18 lugares de estacionamento condicionado. Além disso, a zona também conta com um grande parque de estacionamento como indicado na figura 3.28 e servida pela estação do metro do Campo 24 de Agosto, além de diversas linhas de autocarro.

A faixa de circulação de veículos é de duplo sentido, conforme indicado no perfil transversal na figura 3.29. Esta secção pode ser localizada na figura 3.16, marcação S3.

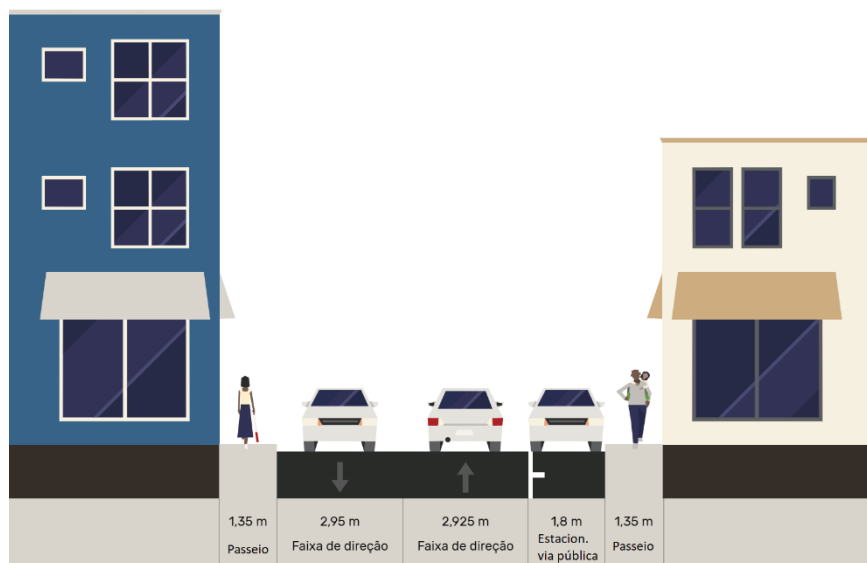


Figura 3.29: Secção típica do Troço 3

### 3.5. RECOLHA DE DADOS ADICIONAIS EM CAMPO E PARÂMETROS DE MODELAÇÃO

Os dados levantados pela CMP para a Rua de Fernandes Tomás englobaram o cruzamento com a Rua de Santa Catarina, que também é um posto de recolha de dados. Portanto, neste estudo decidiu-se incluir o trecho contido entre as Ruas de Alexandre Braga e da Alegria, formando assim o Cruzamento com a Rua de Santa Catarina.

#### 3.5.1. Infraestrutura

O primeiro passo para o início da criação do modelo de microsimulação foi o levantamento de dados adicionais referentes à infraestrutura viária para inclusão no software PTV Vissim. O levantamento da infraestrutura foi feito *in situ* através de medições das larguras e extensões de vias, passeios e dos diversos elementos a serem considerados.

O modelo foi definido por arcos e conectores para codificar as vias de tráfego de veículos e áreas de circulação exclusiva de peões para os passeios bem como os respetivos movimentos.



Figura 3.30: Infraestrutura do troço modelado

A fim de se facilitar a análise e estruturação do modelo, os passeios da Rua de Fernandes Tomás foram nomeados segundo a figura 3.31 apresentada, passeios norte-A e norte-B, passeios sul-A e sul-B. Os passeios da Rua de Santa Catarina foram divididos em passeio Norte e passeio Sul.

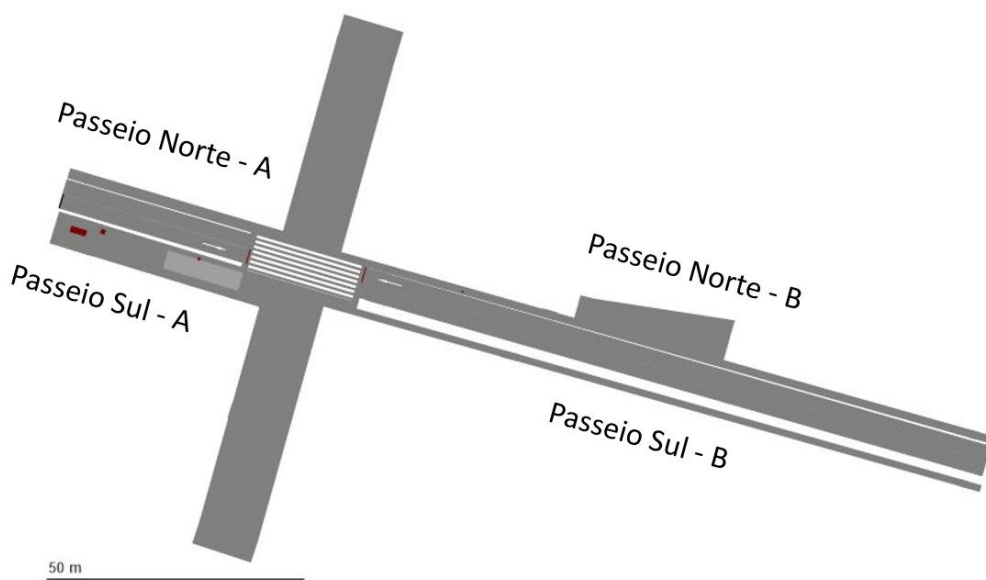


Figura 3.31: Nomenclatura dos passeios do troço modelado

Em seguida modelou-se os obstáculos presentes no trecho analisado, sendo os principais deles a entrada do metro Bolhão, os semáforos, sinais de trânsito e de informação, caixas de infraestrutura e cabine telefónica. Na figura 3.32 é possível observar a ocupação dos obstáculos citados no cruzamento em questão e o quadro 3.4 relaciona os obstáculos, conforme indicações presentes na planta baixa (ver figura 3.36).

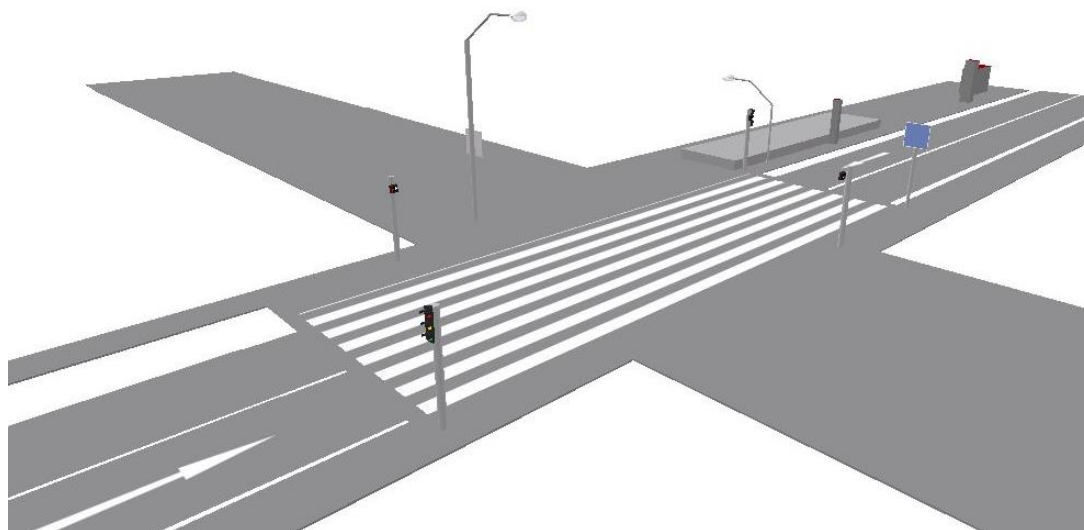


Figura 3.32: Representação 3D da infraestrutura modelada

Quadro 3.4: Obstáculos presentes na Zona simulada

Ref.	Obstáculo	Localização
1	Ecoponto	Passeio Sul-A
2	coluna telefone publico	Passeio Sul-A
3	Placa de sinalização do metro	Passeio Sul-A
4	Coluna câmara metro	Passeio Sul-A
5	Semáforo	Passeio Sul-A
6	Entrada metro	Passeio Sul-A
7	Placa de sinalização	Passeio Norte-A
8	Coluna de peão	Passeio Norte-A
9	Coluna de câmara e sinalização	Passeio Sul-B
10	Coluna de peão	Passeio Sul-B
11	Placa de sinalização - ponto de partilha	Passeio Sul-B
12	Semáforo	Passeio Norte-B
13	Placa de trânsito	Passeio Norte-B
14	Placa da paragem do autocarro	Passeio Norte-B
15	Hidrante	Passeio Norte-B

O controle semafórico atual e implementado na simulação está indicado abaixo de acordo com o esquema de fases e o diagrama de cores.

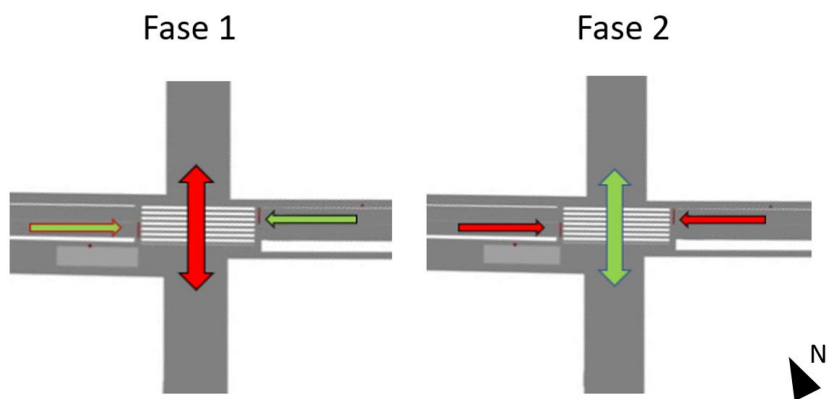


Figura 3.33: Esquema de fases



Figura 3.34: Diagrama de cores

### 3.5.2. Dados da procura

Para representar a procura foi necessário definir uma matriz com as origens e destinos dos peões, tendo sido estabelecidas nas extremidades de cada passeio e esquematizadas conforme a figura 3.35:

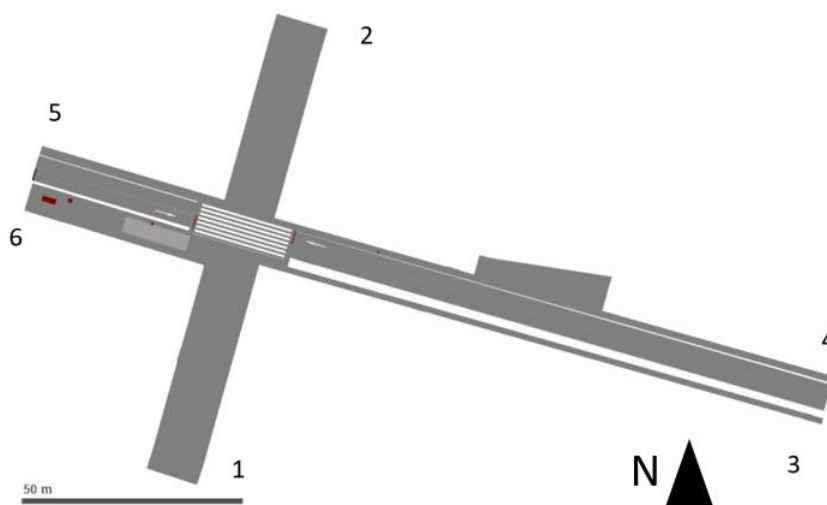


Figura 3.35: Pontos de origem e destino

Foram utilizados dados levantados pela CMP na campanha do inverno de 2020, relativa ao mês de janeiro do referido ano, e assim, foram obtidos os dados de origem de peões para os campos 1, 3 e 4 e distribuídos para os diversos destinos, conforme quadro 3.5.

Quadro 3.5: Construção da matriz O/D

		DESTINO					
		O/D	1	2	3	4	5
ORIGEM	1	x	522	100	311	311	311
	2		x				
	3	108	108	x	0	108	108
	4	198	198	0	x	198	198
	5					x	
	6						x

De forma análoga foram distribuídos os destinos para os campos 1, 3 e 4 e distribuídos conforme as diversas origens, gerando o Quando 3.6

Quadro 3.6: Construção da matriz O/D

		DESTINO					
		O/D	1	2	3	4	5
ORIGEM	1	x	522	100	311	311	311
	2	697	x	80	102		
	3	108	108	x	0	108	108
	4	198	198	0	x	198	198
	5	348		80	102	x	
	6	348		80	102		x

De forma empírica foram distribuídos os fluxos de destino a partir das diversas origens, e então estimados os valores necessários para a simulação, a fim de se obter a matriz O/D que se apresenta no quadro 3.7.

Quadro 3.7: Matriz O/D

		DESTINO					
		O/D	1	2	3	4	5
ORIGEM	1	x	522	100	311	311	311
	2	697	x	80	102	100	200
	3	108	108	x	0	108	108
	4	198	198	0	x	198	198
	5	348	100	80	102	x	0
	6	348	200	80	102	0	x

### 3.5.3. Parâmetros da Simulação

A simulação foi realizada tendo como base um período de 30 minutos (1800 segundos), considerando-se um período inicial de 5 min de aquecimento da rede (“carregamento” da rede - 300 segundos), resultando num valor total de 2100 segundos para cada ciclo simulado, com resolução de simulação de 10 segundos.

Foi utilizado o Método das Forças Sociais para modelação pedonal, com os parâmetros apresentados no quadro seguinte.

Quadro 3.8: Parâmetros de comportamento de caminhada

Parâmetro	Tau	ReactToN	ASocIso	BSocIso	Lambda	ASocMean	BSocMean	VD	Noise
Valor	0,4	8	2,72	0,2	0,176	0,4	2,8	3	1,2

Cada cenário foi replicado 10 vezes e assim obteve-se o resultado médio entre as simulações.

### 3.6. DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS

A partir do cenário base (Cenário 1) com as informações descritas nos itens anteriores, foi possível aplicar mudanças na infraestrutura, a fim de se verificar os impactos via simulação quanto ao nível de serviço que eles proporcionam em cada trecho da infraestrutura, através da criação de novos cenários, a seguir descritos.

#### i) Cenário 1

O cenário 1, ou cenário base, foi elaborado a partir da infraestrutura presente, conforme já explicado, anteriormente. A figura 3.36 mostra a configuração da infraestrutura.

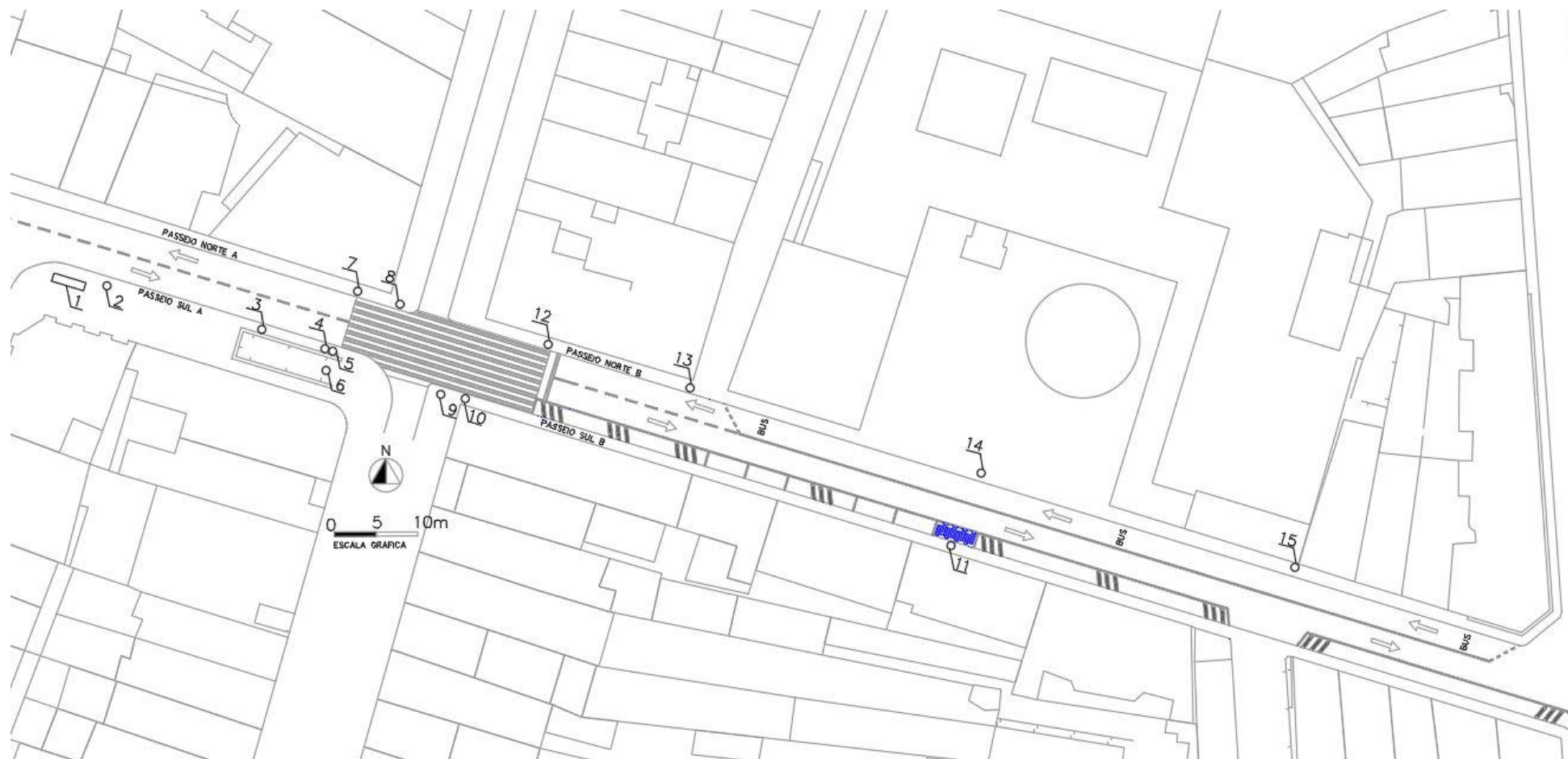


Figura 3.36: Cenário 1

## ii) Cenário 2

O Cenário 2 foi criado tendo em conta a realocação dos obstáculos 07, 10 e 12 para pontos mais propícios e que contribuam para uma maior fluidez, além de permitir a circulação de pessoas com mobilidade reduzidas e usuários de cadeiras de rodas. Essa mudança pode ser visualizada na figura 3.37.

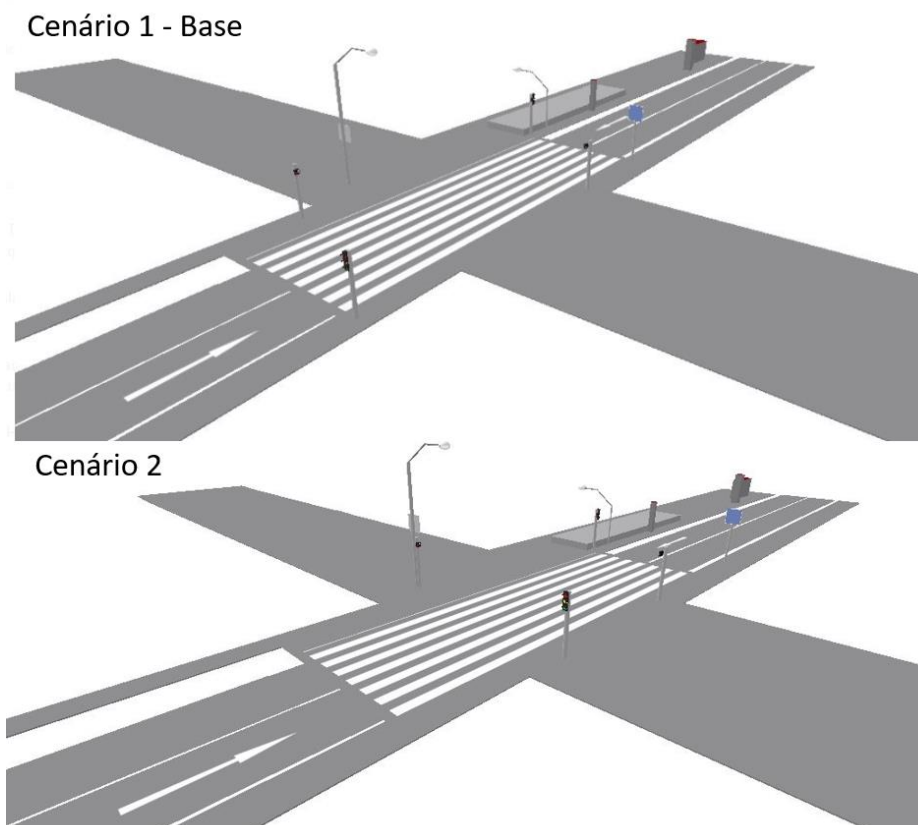


Figura 3.37: Deslocamentos dos obstáculos propostos

No lado A do passeio norte, a placa de sinalização foi afastada da passadeira, a fim de evitar o conflito com os peões que estão a entrar ou sair do passeio mudando de direção, e que ocupam mais espaço do que um movimento em direção retilínea. Já a coluna pedonal pertencente ao mesmo passeio, foi deslocada em sentido oposto, para que desta forma ela fique próxima à Rua de Santa Catarina, evitando a ocupação de espaço estreito que serve duplamente como área de espera para o sinal de trânsito e passeio de circulação.

O mesmo ocorreu com a coluna pedonal presente no passeio Sul-B, que foi deslocado para junto da coluna de câmara e sinalização presente no trecho. Além disso, a coluna do semáforo do passeio norte-B foi deslocada para as proximidades da Rua de Santa Catarina, reduzindo os conflitos na estreita via de circulação

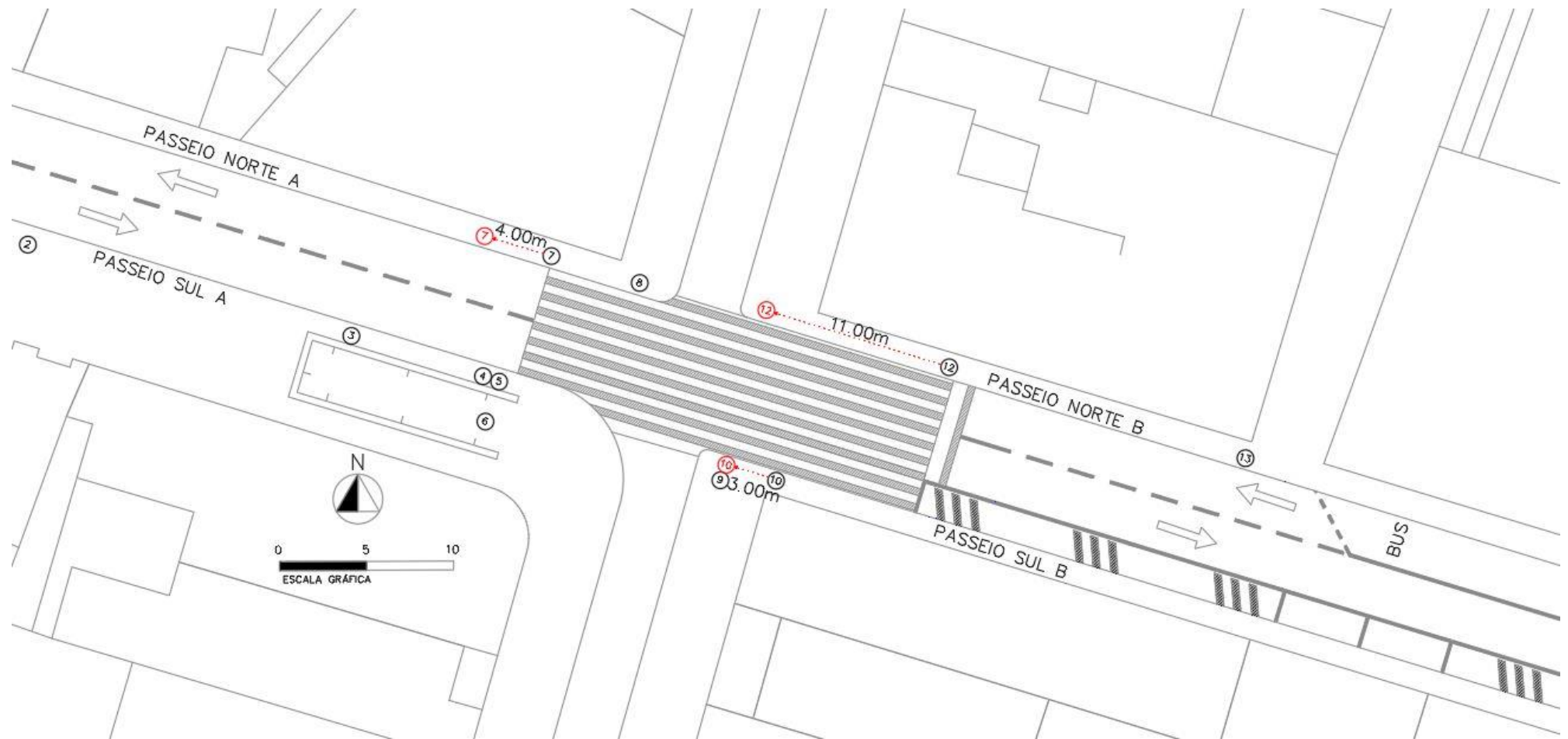


Figura 3.38: Cenário 2

iii) Cenário 3

O cenário 3 foi baseado na conversão das áreas com balizas flexíveis que bloqueiam as áreas para uso indevido de estacionamento, em trechos de passeio, onde os peões podem caminhar com maior conforto e comodidade, aumentando assim a secção transversal, e portanto, a largura efetiva de no Passeio Sul-B, conforme indicado na figura 3.39.

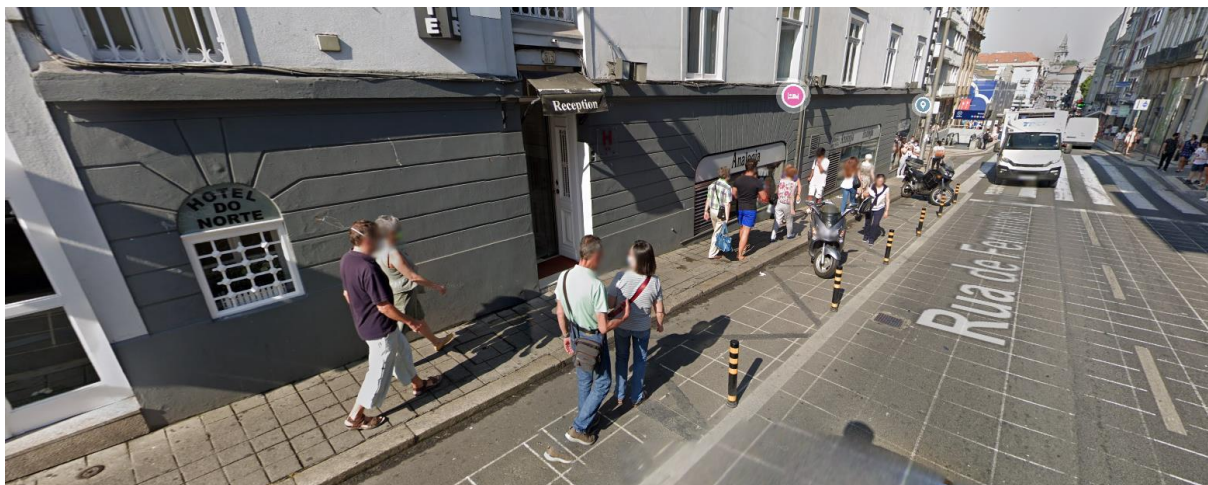


Figura 3.39: Trecho da Rua de Fernandes Tomás protegido por balizas. Fonte: Google Maps

Com a conversão desses trechos de rua em passo os peões poderão caminhar de forma mais fluida e confortável, embora eles já utilizem essas áreas quando estão livres, como é possível observar na imagem acima. Porém, por vezes elas estão ocupadas com motas e outros obstáculos que dificultam o uso, além da diferença de nível, que impossibilita o livre tráfego. A configuração viária resultante pode ser vista na figura 3.40 apresentada.



Figura 3.40: Cenário 3

iv) Cenário 4

O cenário 4 procura implementar ações para aumentar o nível de serviços dos passeios através do aumento das larguras úteis das vias de circulação pedonal. Para tal, é preciso que haja espaço disponível, o que não é a realidade da Rua de Fernandes Tomás, portanto, escolheu-se suprimir uma das vias de circulação de veículos.

Inicialmente foi considerada a hipótese da eliminação das faixas de estacionamento temporário e carga e descarga, porém, elas são fundamentais para o bom funcionamento dos comércios da localidade, e visto que a eliminação desses trechos poderia incentivar o uso indevido dos passeios por carrinhas e outros veículos que possam bloquear a circulação, decidiu-se pela redução da faixa de circulação de veículos.

Optou-se por manter o sentido de circulação este-oeste, como era o caso presente antes da intervenção de 2018 e converter a via BUS numa via de circulação comum, para que os veículos ainda tenham acessos aos parques de estacionamento que possuem entrada a partir da rua em questão. A configuração resultante está apresentada na figura 3.41.

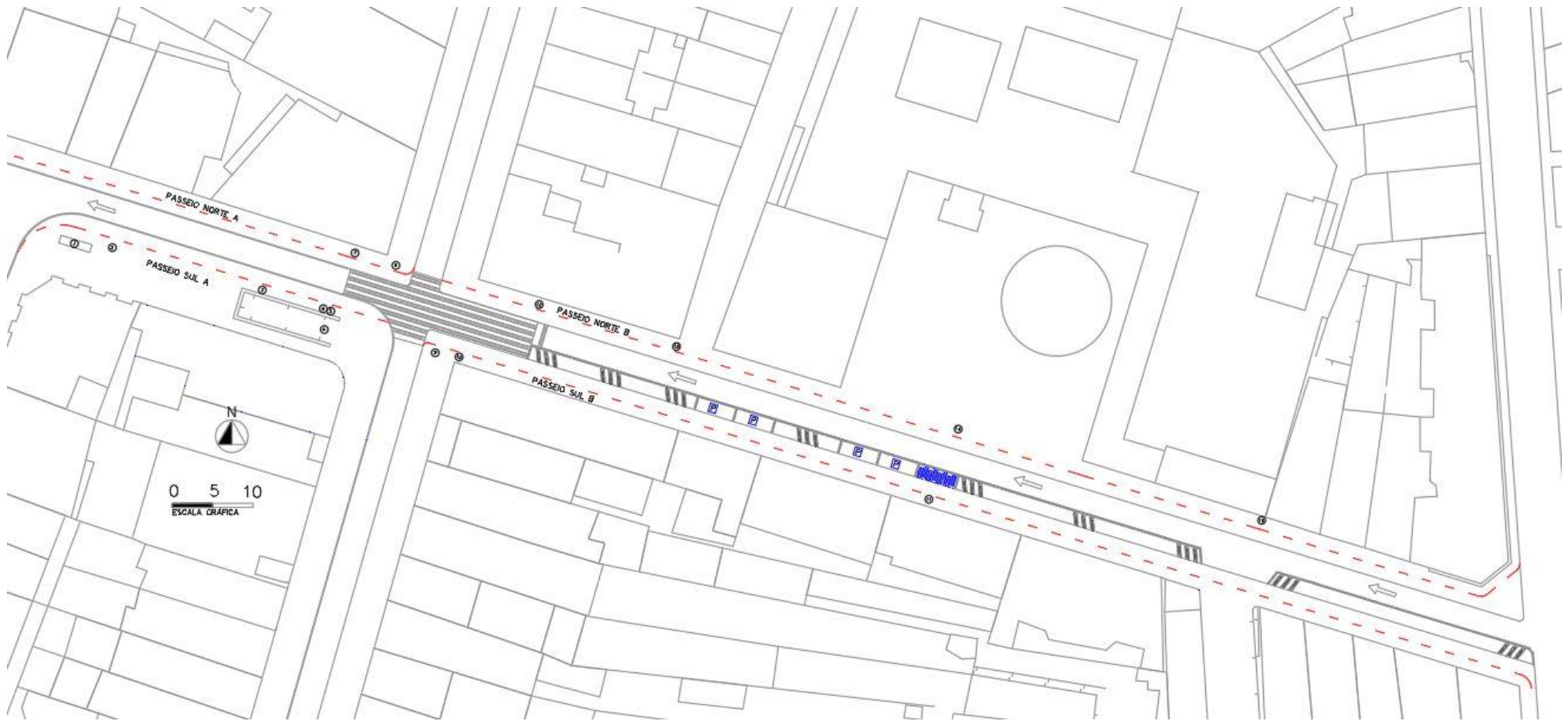


Figura 3.41: Cenário 4

v) Cenário 5

Os peões que estão a espera para realizar o atravessamento na passadeira muitas vezes ocupam as áreas pertencentes aos passeios conforme pode ser visto na figura 3.42, fazendo com que os peões que estão a circular ao longo do passeio tenham que desviar seu caminho, por vezes impossibilitando a fluidez do movimento das pessoas, principalmente em casos de mobilidade reduzida.



Figura 3.42: Parte do passeio utilizado como área de espera para o atravessamento. Fonte: Google Maps

Além disso, observou-se em visitas ao local, que os peões que tem par origem-destinos cruzados, conforme esquema da figura 3.43, levam tempo excessivo para atravessar a passadeira, pois, em busca de realizar o menor trajeto eles acabam por atravessá-la de maneira cruzada. A passadeira extensa possibilita aos peões atravessarem de maneira não perpendicular à via, o que prolonga o tempo de atravessamento, confunde o tráfego pedonal e faz com que outros peões tenham que desviar da pessoa que está a atravessar de forma cruzada.

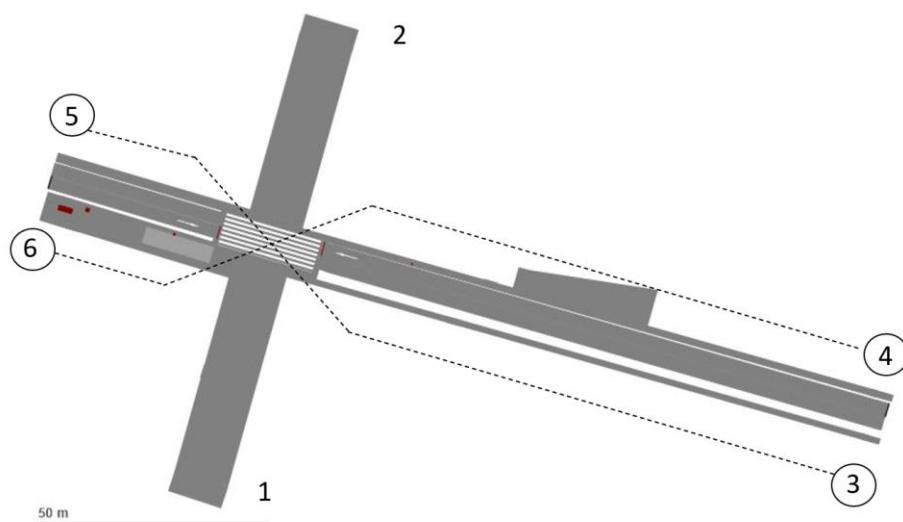


Figura 3.43: Movimentos cruzados e áreas de espera

Deste modo, a fim de contornar essa situação foi proposto um cenário onde a extensão da passadeira é reduzida à largura da Rua de Santa Catarina esperando-se assim evitar a acumulação de peões à espera da travessia nos passeios, de forma que eles se posicionem na via pedonal exclusiva, onde os peões têm mais espaço e conforto. Espera-se que tal medida também ajude a melhorar a segurança viária para os peões. A configuração viária pode ser visualizada na figura 3.44:

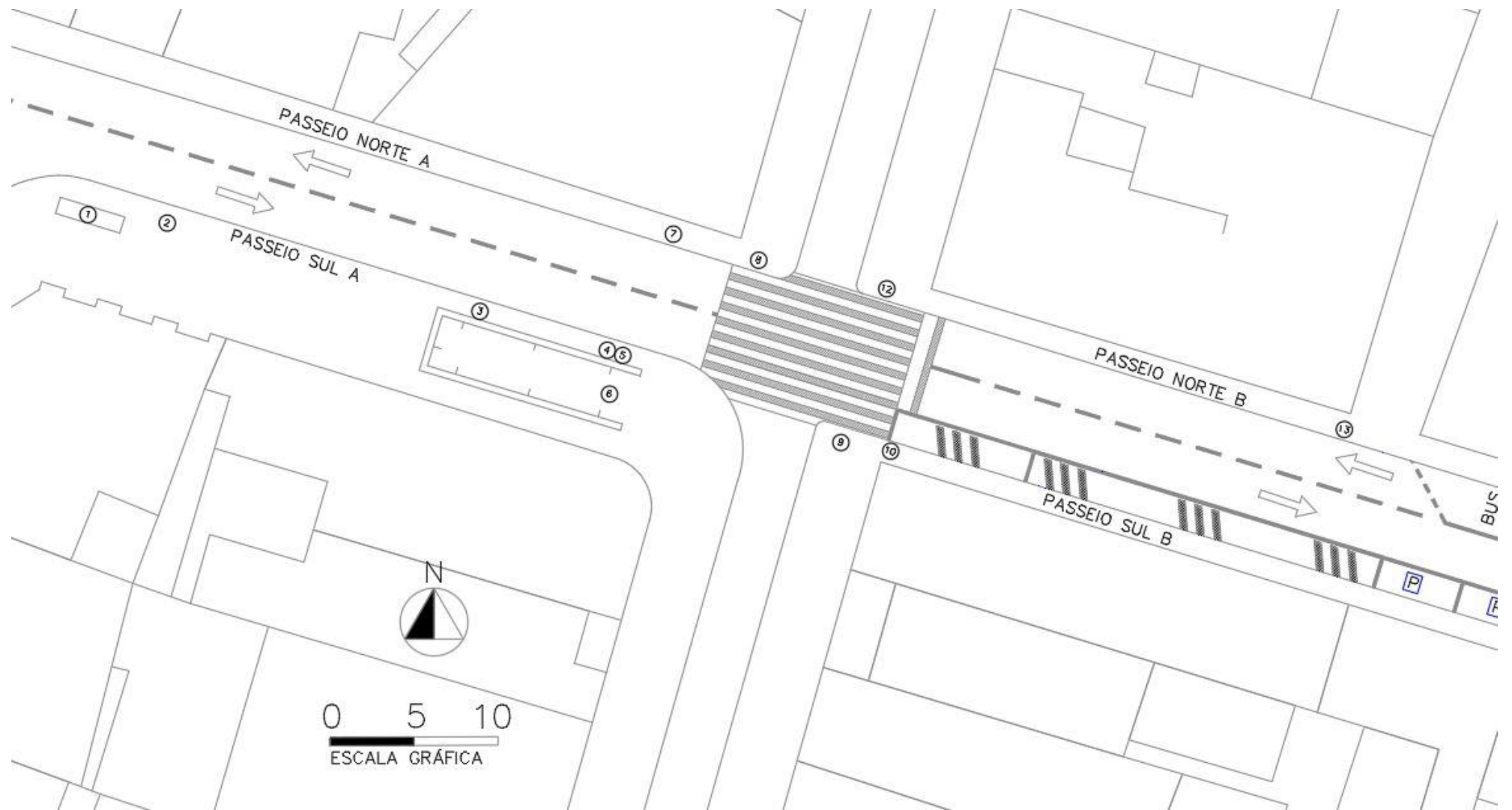


Figura 3.44: Cenário 5



# 4

## RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da análise dos dados de contagens das diversas campanhas introduzidas pela CMP, sendo dado enfoque especial no objeto do estudo de caso, a Rua de Fernandes Tomás. Em seguida serão apresentados os resultados obtidos a partir da microsimulação utilizando o *software* PTV Vissim.

### 4.1. ANÁLISE DOS DADOS DE CONTAGENS

Até a campanha realizada no outono de 2020 já haviam sido contados 617.985 peões nos 17 postos de observação esparsos pela cidade. A figura 4.1 indica a média de contagens observada em cada posto por campanha, que engloba dois dias úteis e um sábado entre 13h e 15h.

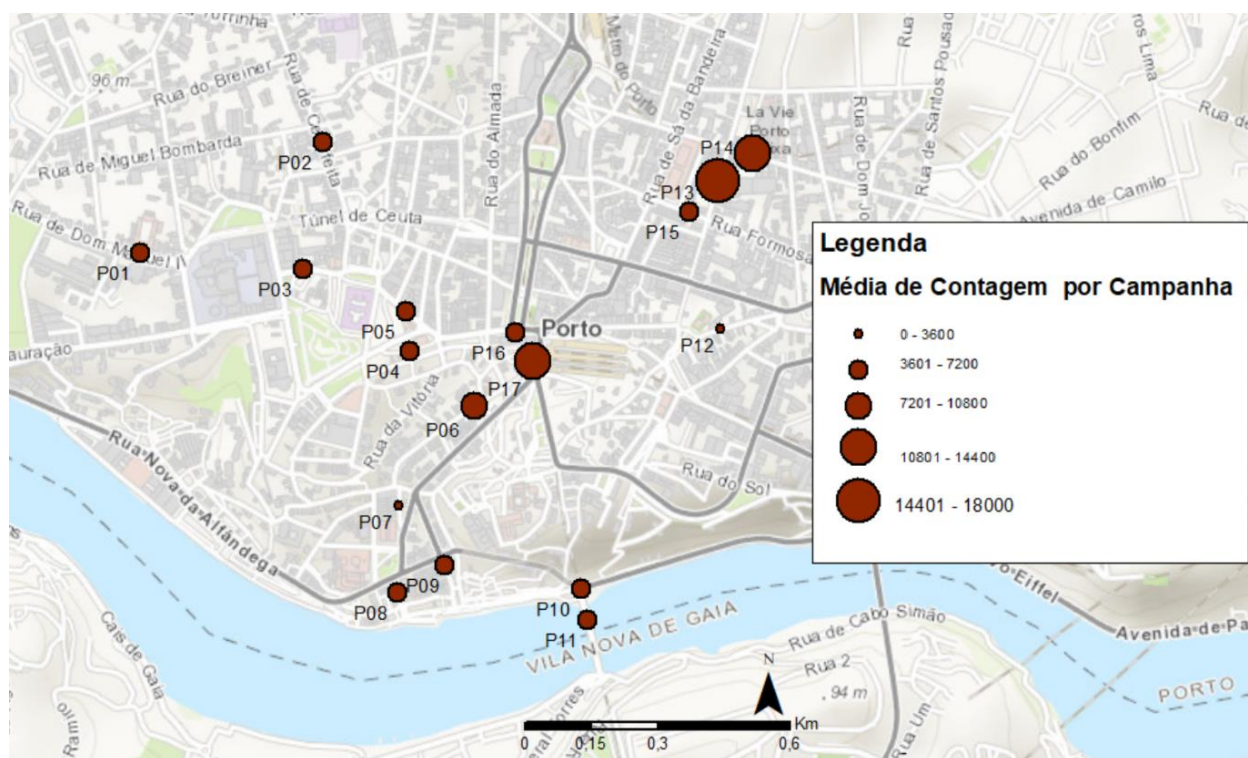


Figura 4.1: Média de contagem por campanha por posto

Quanto ao volume de peões contados nos postos em cada dia útil, não foram observadas diferenças significativas entre o volume observado para cada campanha na grande maioria das contagens. Conforme pode ser visto na Figura 4.2.

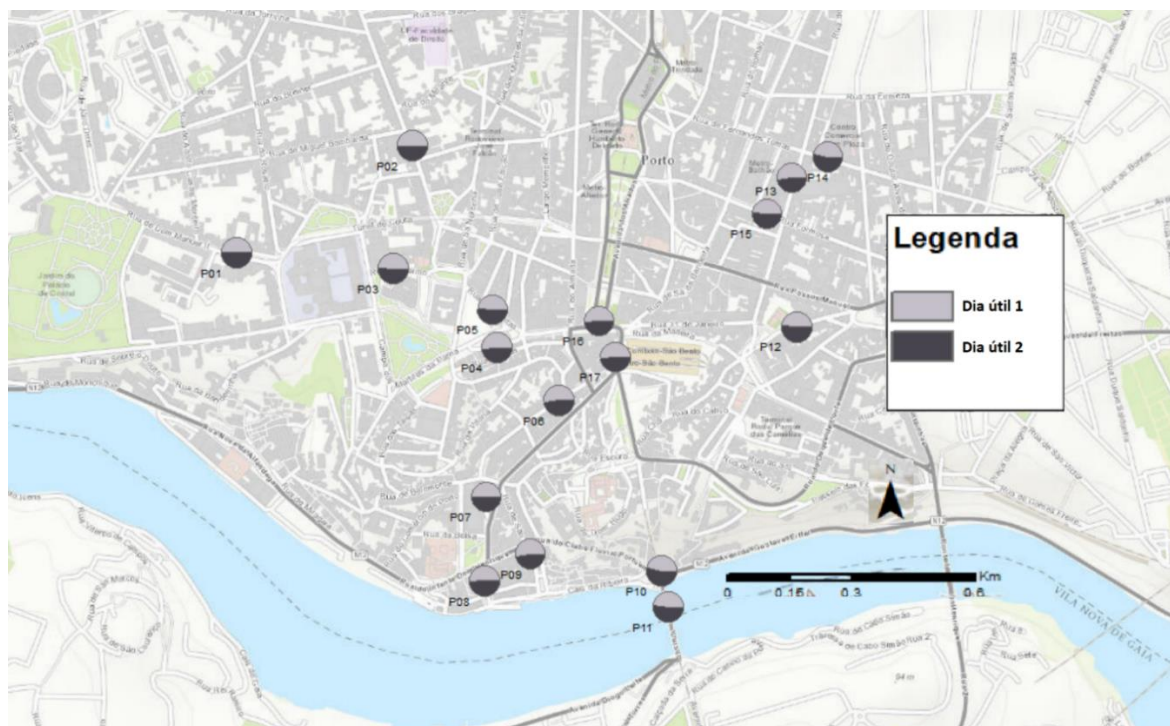


Figura 4.2: Proporção em contagens totais entre o dia útil 1 e dia útil 2

O posto 4 representa o comportamento típico dos diversos postos, na figura 4.3, onde a cor azul representa o primeiro dia de observação e a cor vermelha o segundo dia de observação e a curva cinzenta tracejada a média entre as observações, nota-se que os valores se aproximam e o comportamento médio dos peões poderia ser representado apenas por uma amostra.

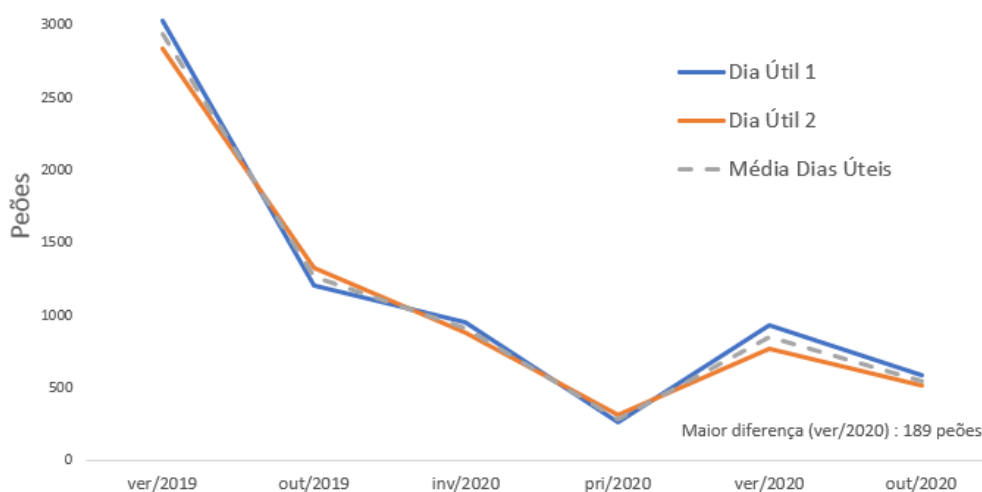


Figura 4.3: Volume de contagens nos dias úteis no Posto 04

Esse comportamento foi observado em todos os postos, com exceção da contagem da campanha do verão de 2019 nos Postos 02, 03 e 14. Na figura 4.4 observa-se em detalhes a distribuição do volume de contagens nos dias úteis do posto 14, onde houve diferença de 2.849 peões.

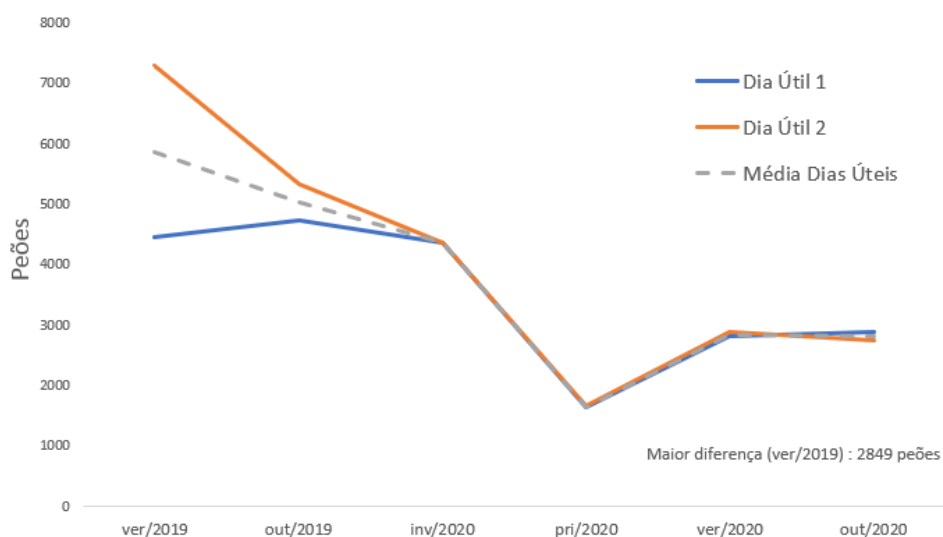


Figura 4.4: Volume de contagens nos dias úteis no Posto 14

Observou-se os dados pluviométricos e de ventos nos dias de contagem a partir da ferramenta *Weather Underground* (<https://www.wunderground.com/>), porém não se constatou chuvas ou qualquer evento meteorológico que pudesse explicar tal diferença na procura observada nos dias em que ela ocorreu. No posto indicado as contagens de dias úteis no verão de 2019 ocorreram na segunda-feira dia 12 de agosto e terça-feira, dia 13 do mesmo mês.

A diferença nesses valores pode ser explicada pela presença de obras temporárias que repelem os peões e os fazem evitar a secção em questão, a presença de obstáculos temporários como tapumes, eventos especiais e sazonais como jogos especiais da seleção de futebol que possam ocorrer, ou alguma outra, porém não se pode constatar o que correu nesses dias para explicar tal diferença.

Nos postos 01, 02, 03, 15 e 16 foi observado predominância nos volumes de peões que circulam nos dias uteis, já os postos 12, 15 e 17 não apresentaram preferência relevante quanto ao dia de contagem e nos demais postos o maior volume de peões foi observado durante o sábado. Como pode ser visto na figura 4.5, os postos com maior proximidade da Baixa e da Ribeira do Porto, zonas turísticas e históricas da cidade possuem predominância de peões nos em fins de semana, fato explicado pelos bares, restaurantes e equipamentos culturais e de lazer que estão incluídos nestas zonas.

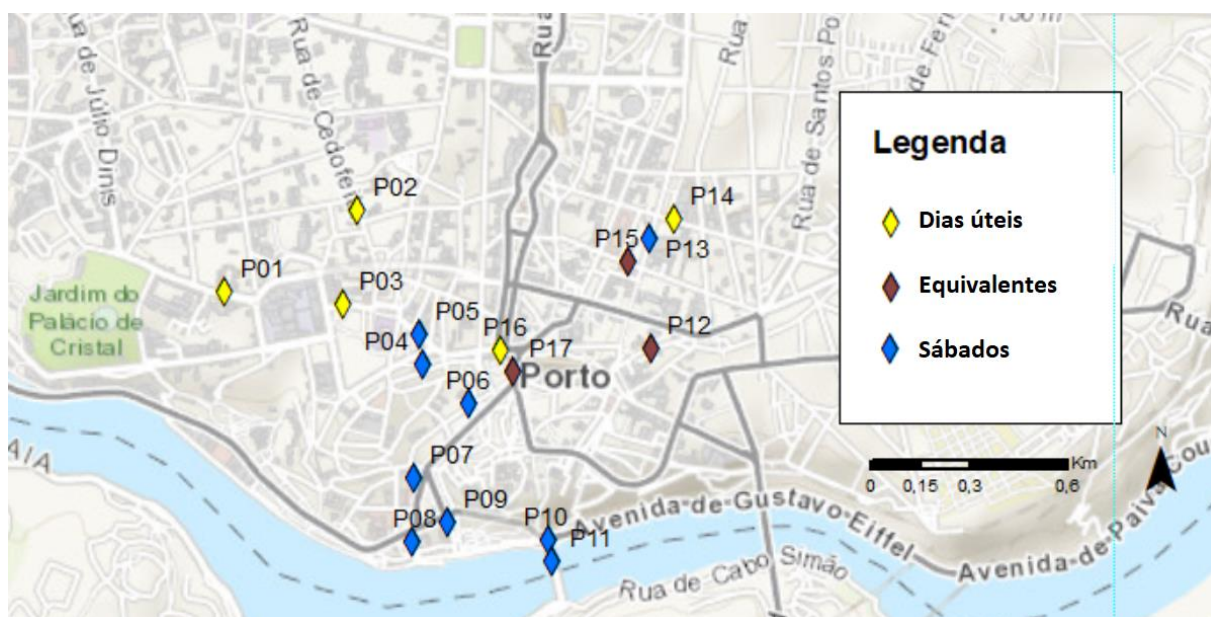


Figura 4.5: Predominância quanto ao dia útil ou sábado

Com relação a evolução horária das contagens, o comportamento foi diverso nos diferentes postos, em alguns deles, como o posto 14 – indicado na figura 4.6 – não foi observado um pico claro de contagem, embora o gráfico indique leve tendência de aumento no volume de peões, caracterizando assim um comportamento quase constante. Como já discutido anteriormente, é de grande importância que o dimensionamento das vias seja feito em consideração aos volumes críticos, a fim de se garantir que os níveis de serviços ofertados sejam válidos em todo o período de utilização.

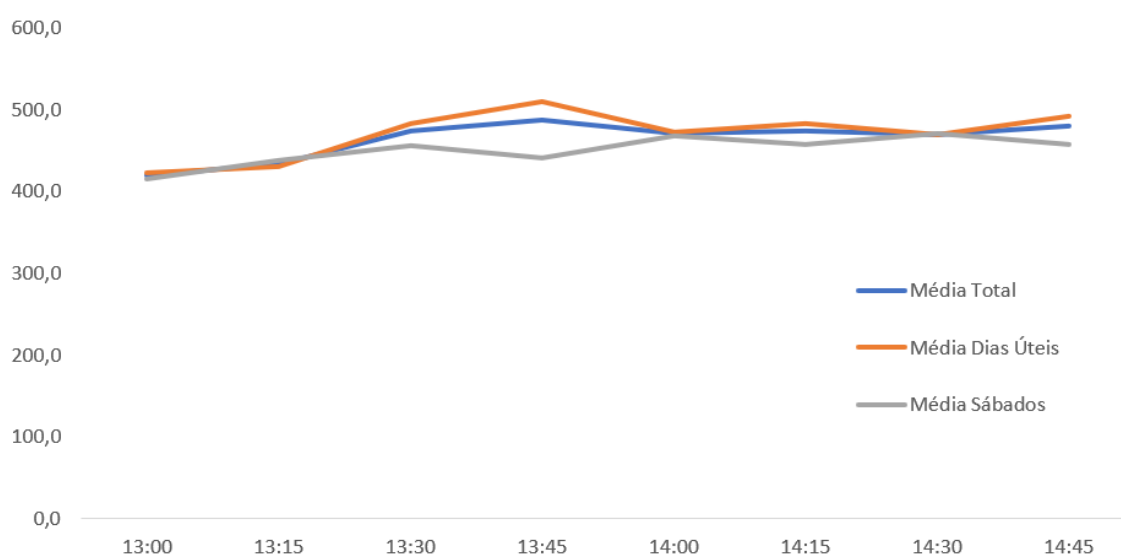


Figura 4.6: Evolução das contagens conforme intervalo de 15 min. no Posto 14

Portanto, acredita-se que o pico de contagem para o posto 14 pode estar englobado na hora subsequente à contagem realizada. Para tal, é preciso alterar o período de observação, mas cabe ressaltar que a série histórica já levantada é de grande relevância, portanto, é de grande interesse que qualquer modificação proposta não altere a capacidade de interpretação e comparação com dados já obtidos.

No que concerne as variações de contagens relativas às diversas campanhas, os débitos foram calculados em peões/min, e os resultados são apresentados na figura 4.7. É notável que houve uma redução drástica da procura de peões nas secções de estudo entre o verão de 2019 e a primavera de 2020. Entre os três primeiros intervalos (verão a inverno), há uma redução natural por conta das condições climáticas, que são desfavoráveis aos movimentos pedonais em estações chuvosas e frias. Porém, entre o inverno de 2020 e a primavera deste mesmo ano, observou-se uma redução ainda maior em todo os postos. Isso ocorreu por conta da pandemia de covid-19 que assolou todo o globo, implicando em períodos de quarentena obrigatória e a recomendação pelas autoridades às pessoas de evitarem ao máximo todo tipo de circulação não essencial.

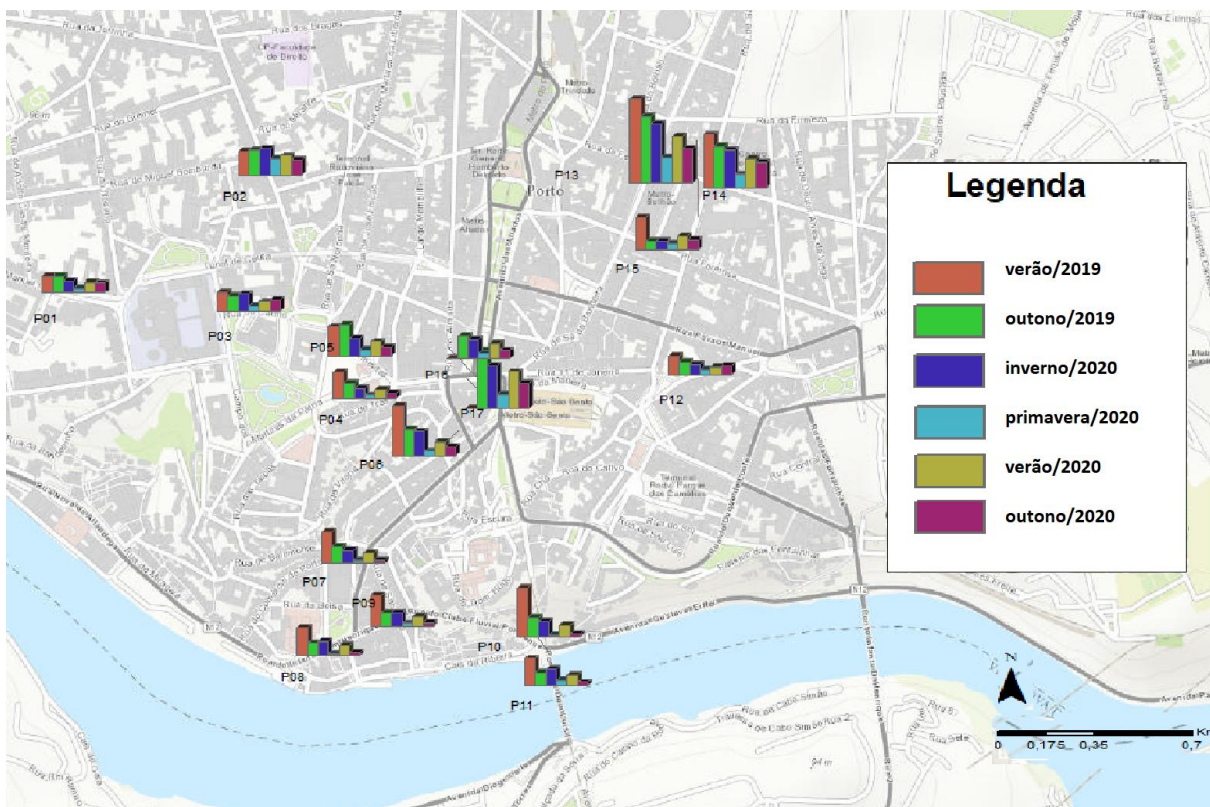


Figura 4.7: Débito de peões em cada posto nas diferentes campanhas

Na figura 4.8 é possível verificar de forma pormenorizada a ocorrência dessa diminuição na procura total de peões no posto 14. Comparando períodos iguais, observou-se uma redução de 46% entre os verões de 2019 e 2020 e de aproximadamente 40% entre os outonos dos referidos anos.

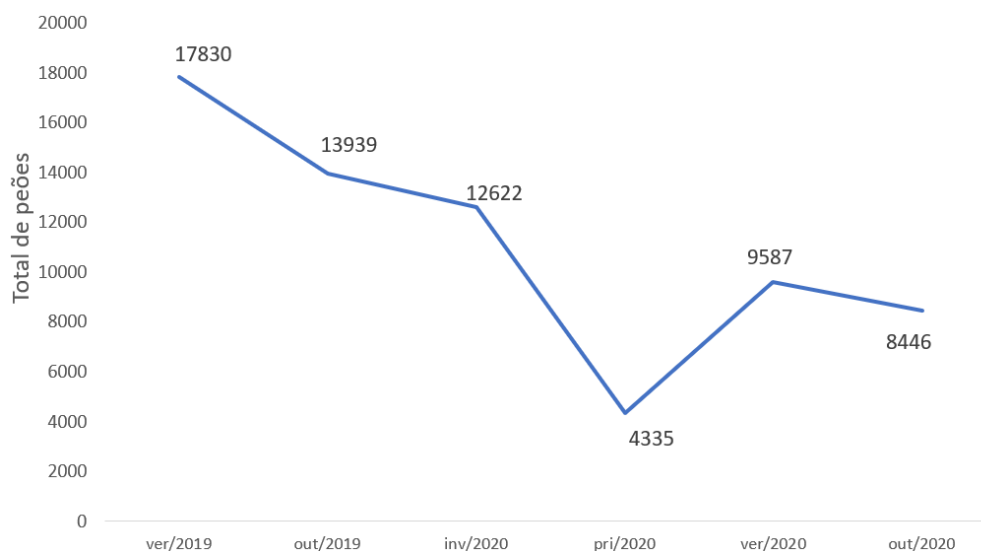


Figura 4.8: Total de peões contados por campanha no posto 14

Durante o período de menor movimentação registado, o país declarou situação de calamidade, impondo diversas restrições aos cidadãos, tais como teletrabalho obrigatório para as atividades que o podem realizar, deslocações em via pública apenas por motivos de aquisição de bens e serviços, saúde, atividades físicas (sendo proibida a atividade física coletiva), passeios de curta duração com animais de companhia e outros motivos de força maior.

Quanto ao débito de peões, estão apresentados na figura 4.9 os valores médios totais para o posto do estudo de caso e os picos máximos observados em intervalos de 15 minutos. Ambas as curvas seguem a mesma tendência, sendo o valor máximo acrescido de 30% aproximadamente em relação ao valor médio.

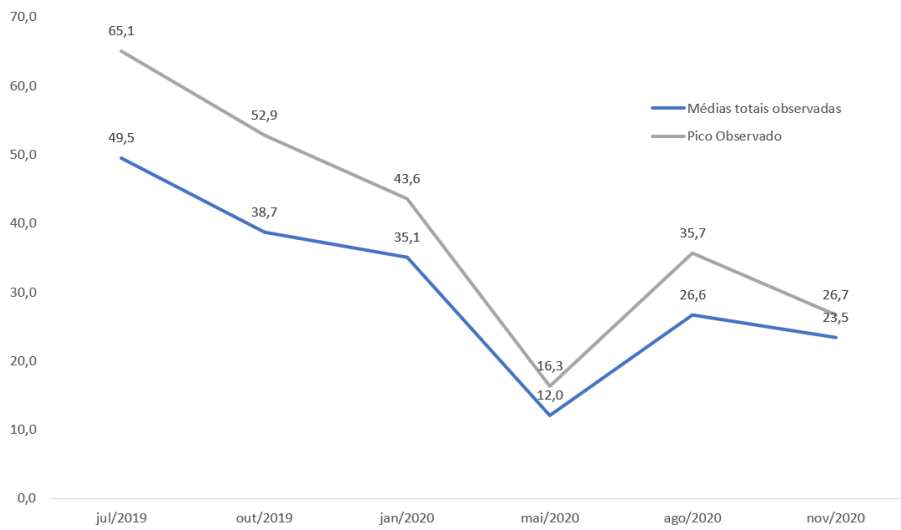


Figura 4.9: Débito (p/min) de peões no Posto 14

Observa-se que o posto 14 representa o terceiro em ordem decrescente quanto o maior fluxo de peões em circulação em um período de 15 minutos, porém, para a análise do nível de serviço segundo o HCM é necessário considerar a largura efetiva da secção transversal por onde o movimento ocorre.



Figura 4.10: Débito máximo (p/min) observado em intervalo de 15 min.

Desta maneira, conforme exposto no capítulo anterior, obtém-se tais resultados para o fluxo de peões por minuto por metro.

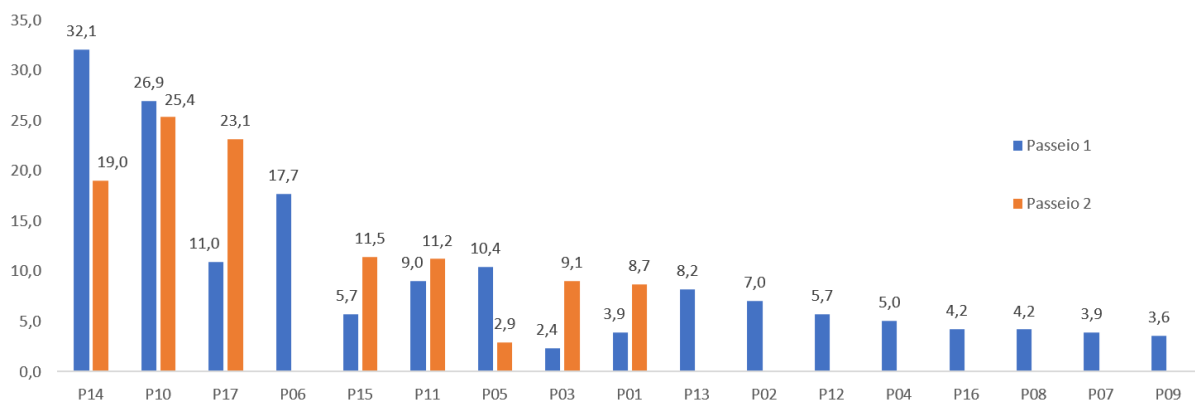


Figura 4.11: Fluxo máximo de peões (p/min/m) por passeio nos postos

O mapa da figura 4.12 espacializa os postos e indica os níveis de serviço correspondentes de acordo com a metodologia do HCM:

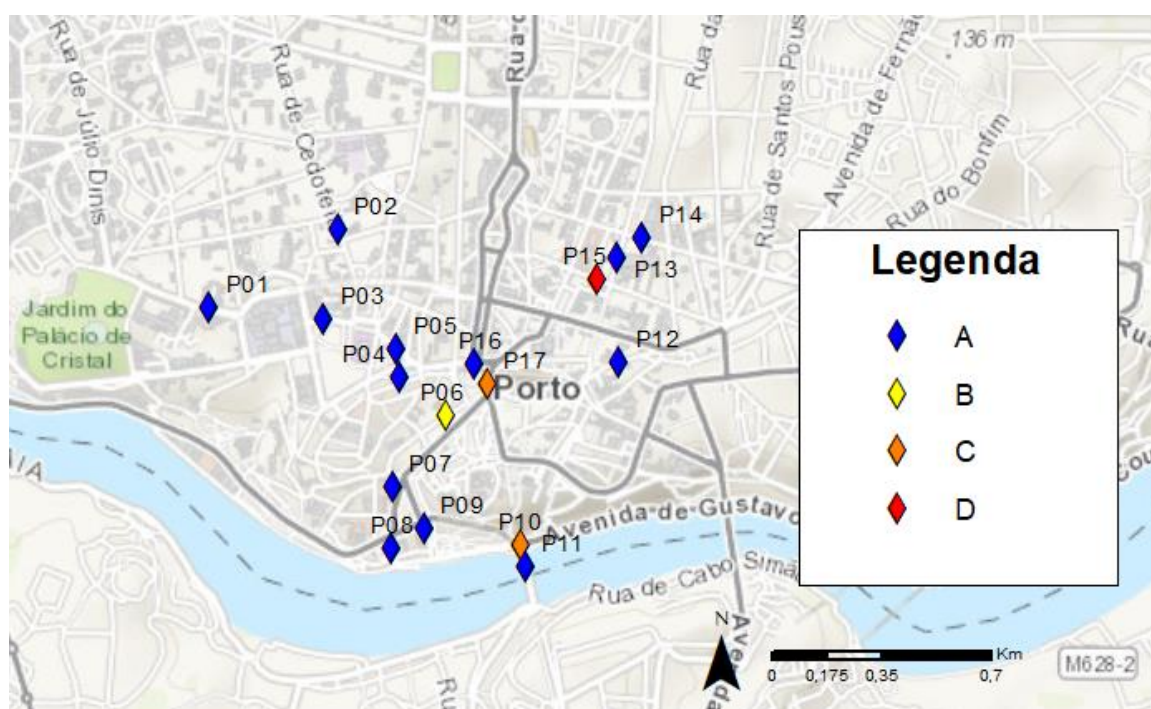


Figura 4.12: Nível de serviço nos postos

## 4.2. RESULTADOS DA MICROSIMULAÇÃO

A seguir serão apresentados os resultados para os modelos de microsimulação quantos aos níveis de serviço nos diversos cenários modelados. Os *outputs* são visuais e seguem a legenda a seguir apresentada.

Quadro 4.1: Esquemas de cores para os níveis de serviço no PTV VISSIM

Nível de Serviço	Densidade		Cor
	Limite inferior (peões/m <sup>2</sup> )	Limite superior	
A	min	0,179	Blue
B	0,179	0,270	Cyan
C	0,270	0,455	Green
D	0,455	0,714	Yellow
E	0,714	1,333	Orange
F	1,333	máx	Red

### 4.2.1. Cenário 1

O cenário 1 foi modelado conforme indicado no capítulo anterior, com dados atuais da infraestrutura da zona de estudo. Como resultados obtém-se os níveis de serviço indicados na figura 4.13.

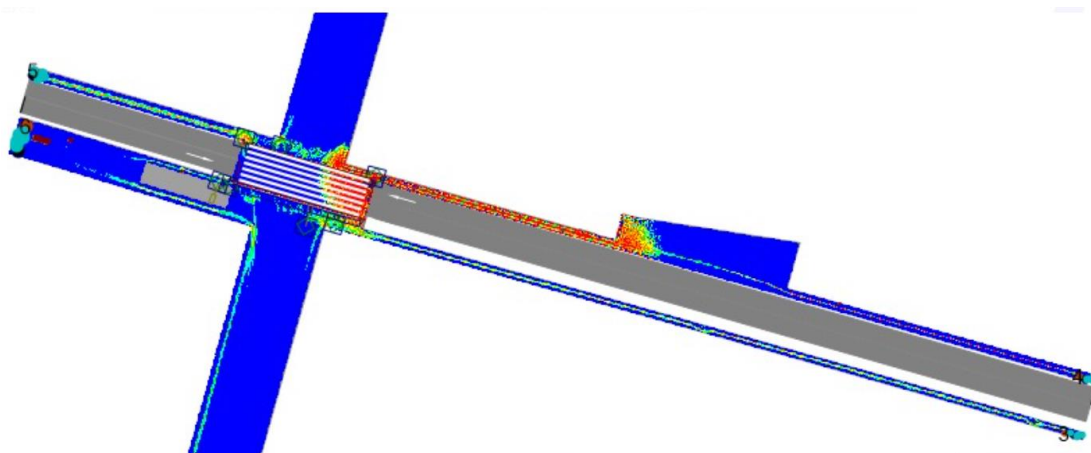


Figura 4.13: Resultado da microsimulação – Cenário 1

De maneira geral, os resultados apresentam semelhança quanto aos calculados através da metodologia do HCM, uma vez que o passeio norte-B (passeio 1) representa o local mais deficitários, devido a grande

porção de peões que passa por esse trecho e as características físicas nele presentes, principalmente na proximidade com a passadeira, ponto de secção mais estreita e com a presença do semáforo, que cria um obstáculo que dificulta a circulação dos peões.

Na figura 4.14 pode-se ver com detalhes o lado B dos dois passeios da Rua de Fernandes Tomás. Em seu troço norte, o passeio possui uma grande área em frete ao Centro Comercial La Vie, que funciona como área de espera do transporte público pois existe uma pequena paragem de autocarro presente nesse ponto. Esta área também funciona como desvio do estreito passeio e ajuda a dar mais conforto aos peões, além de também receber os utentes do metro, que tem a entrada e saída direcionadas para este local.

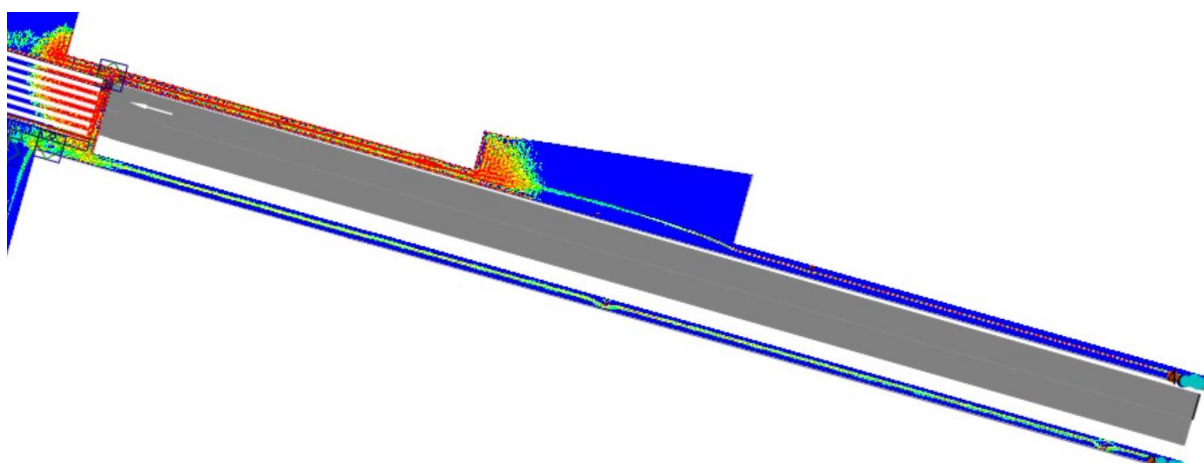


Figura 4.14: Resultado da microsimulação – Cenário 1 Lado B

Ainda no lado B, o passeio sul comporta uma coluna de peão para sinalização semafórica da intersecção, fator que dificulta em grande medida, e por vezes inviabiliza, a circulação pelo passeio, principalmente para peões com mobilidade reduzida, usuários de cadeira de rodas ou peões com carrinho de bebé. Assim, muitas vezes as pessoas têm que recorrer a área marcada de amarelo na figura 4.15 para que possam percorrer por esta via. Esta área está no nível do pavimento de circulação dos veículos, porém como pode ser visto na imagem, há uma zona de bloqueio a circulação com balizas logo à frente, o que impossibilita que os veículos passem por esse canal, que inevitavelmente é utilizado pelos peões.

Outro fator que dificulta a circulação pelo passeio Sul-B é a presença de peões que pretendem fazer o atravessamento e ficam à espera do sinal abrir, transformando-se em um obstáculo às pessoas que querem caminhar pelo passeio. Não obstante, não é raro encontrar turistas neste ponto, a contemplar e tirar fotos os da fachada da Capela das Almas.



Figura 4.15: trecho de via não utilizado pelos veículos que serve como área de espaço para os peões

O lado A do passeio Norte também é muito estreito para o volume de peões que circula por ele e nele também constam uma placa de sinalização e uma coluna de peões que dificultam consideravelmente a circulação pedonal, por isso, observa-se baixos níveis de serviço nas proximidades desses obstáculos, conforme figura 4.16.

O passeio Sul-A tem ampla secção transversal, porém ela é ocupada maioritariamente pela saída de peões da estação de metro, o que obriga que os peões que precisam transitar por ele tenham que contorna tal obstáculos por uma estreita passagem ao lado dos edifícios ou por outro trecho ainda mais estreito e com a presença de placas e obstáculos, no lado mais próximo à rua.

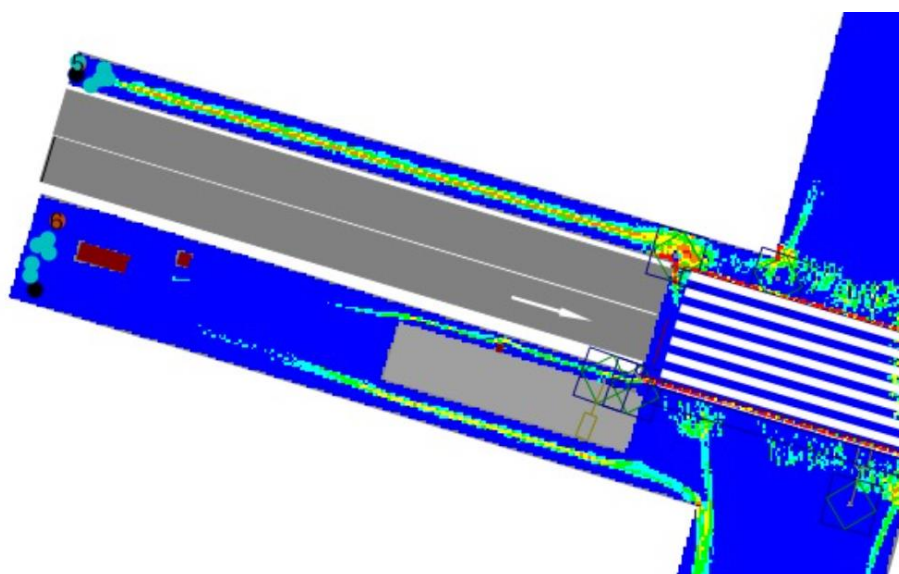


Figura 4.16: Resultado da microsimulação – Cenário 1 Lado A

#### 4.2.2. Cenário 2

No cenário 2 onde foi proposto afastamentos de alguns obstáculos conforme indicado no capítulo 4. O remanejamento dessas barreiras foi suficiente para melhorar consideravelmente o nível de serviço na travessia e entrada dos passeios Sul-B e Norte-A e B. De maneira global é possível perceber que com essas mudanças os peões ganham mais fluidez nos deslocamentos, embora ainda existam pontos zonas críticas, onde os níveis de serviços ainda são deficitários e precisam ser melhorados.

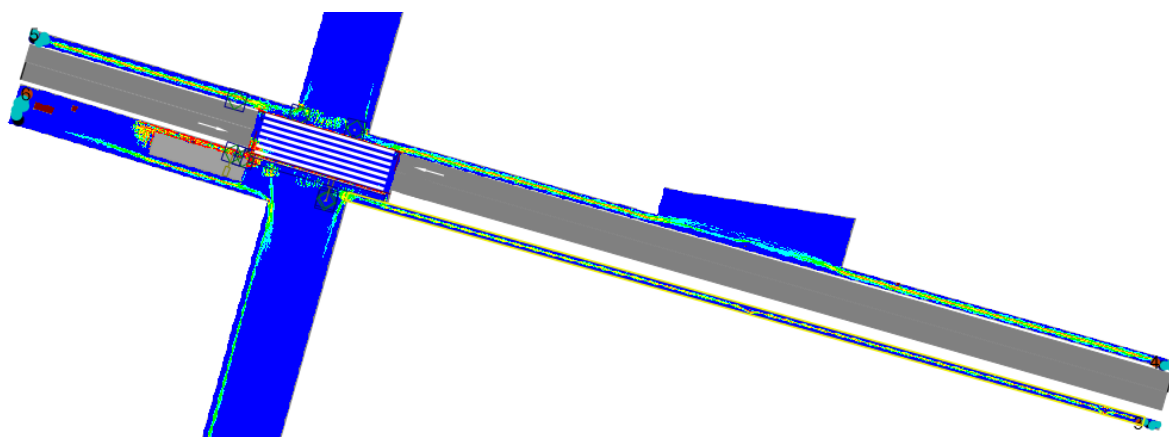


Figura 4.17: Resultado da microsimulação – Cenário 2

No lado A, ao longo do passeio norte ainda se percebe um baixo nível de serviço, porém no encontro com a passarela, se observa melhora expressiva frente ao cenário original apenas com o afastamento da placa informativa, que estava localizada próximo ao cruzamento, local de retenção de pessoas à espera do sinal para atravessamento. Deslocando esta placa poucos metros à frente aumenta-se o espaço disponível em um ponto crítico, o que proporciona maior conformo para os utilizadores.

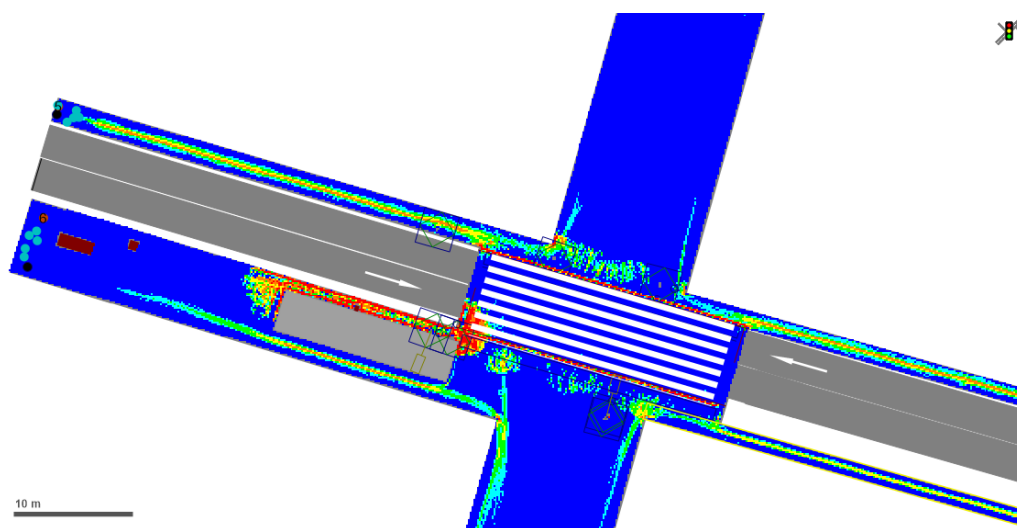


Figura 4.18: Resultado da microsimulação – Cenário 2 Lado A

Na figura 4.19 é possível visualizar que o deslocamento da coluna de peão localizado no passeio Sul-B implica numa melhora significativa no nível de serviço na intersecção do passeio sul-B com a passadeira, além de melhorar a acessibilidade local e possibilitar o transitio confortável de pessoas com necessidades especiais de locomoção.

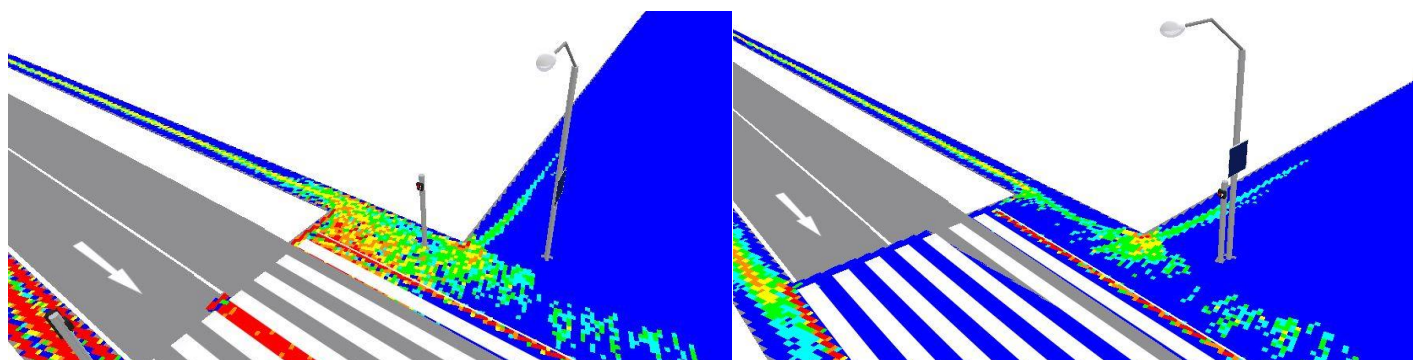


Figura 4.19: 3D do Cenário 1 e Cenário 2 – passeio Sul-B respetivamente

Também foram observadas melhorias significativas no passeio no passeio Norte-B (ver figura 4.20) principalmente no trecho que inicia na passadeira até a área de espera em frente ao Centro Comercial La Vie. Como ambos os passeios do Lado B são extremamente estreitos para a quantidade de peões que caminham por eles, barreiras localizadas praticamente ao meio da secção tem um impacto dantesco no nível de conforto de circulação, portanto o deslocamento dessa barreira implicará numa melhoria significativa para os utentes.

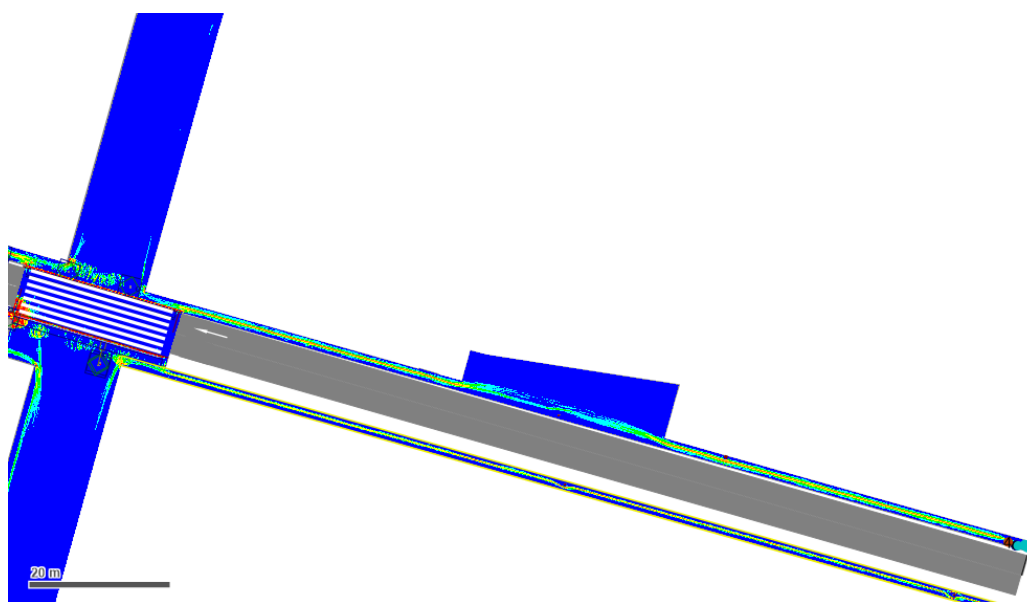


Figura 4.20: Resultado da microsimulação – Cenário 2 Lado B

Este cenário apresenta baixo custo de implementação e agilidade para implementação das mudanças, uma vez que as ações propostas estão vinculadas à realocação de estruturas de sinalização e semáforos, portanto, poucas instalações pontuais, que podem ser implementadas em dias e horários de menores movimentos de pessoas.

#### 4.2.3. Cenário 3

O cenário 3 propõem a conversão de áreas da rua que estão protegidas por balizas em trechos do passeio Sul-B, criando áreas de maior secção transversal, onde os peões poderão se deslocar com maior conforto.

Os resultados da microsimulação são apresentados na figura 4.21:

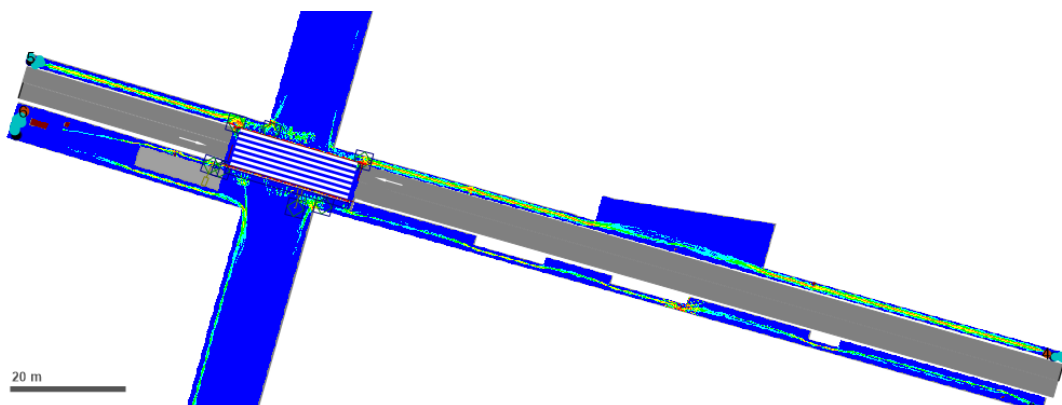


Figura 4.21: Resultado da microsimulação – Cenário 3

O impacto principal ocorre no passeio Sul-B, onde nota-se que os peões desviam a trajetória para se afastarem mais e assim caminharem com mais conforto, comportamento semelhante ao observado na área de espera em frente ao Centro Comercial La Vie, porém, de maneira global, tal melhoria é discreta e não representa um grande avanço no nível de serviço oferecido, uma vez que o principal problema neste passeio provém da intersecção dele com a passadeira.

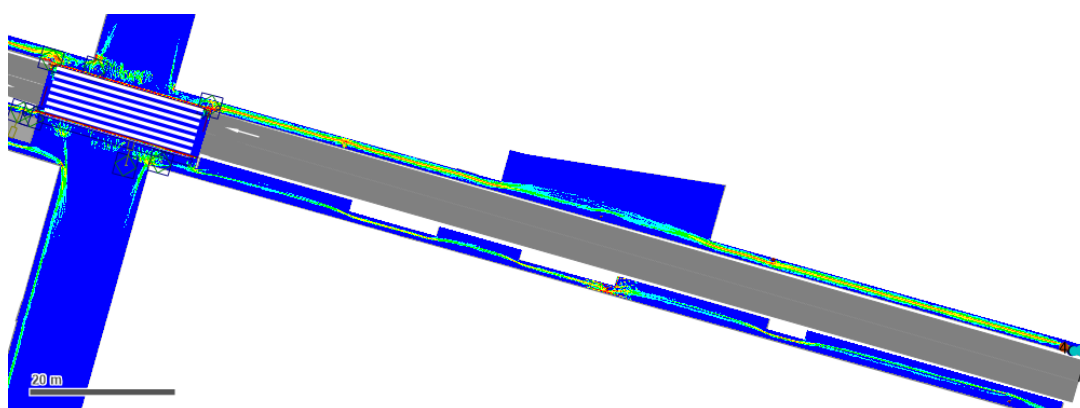


Figura 4.22: Resultado da microsimulação – Cenário 3 Lado B

Caso fosse possível executar essa intervenção no Passeio Norte-B seria uma boa solução para melhorar o nível de serviço ao longo deste trajeto, porém não existem espaços disponíveis para tal junto ao passeio norte.

Este cenário se destaca em especial pela utilização de áreas que não estão sendo aproveitadas em toda a sua potencialidade na Rua de Fernandes Tomás, assim, espera-se que o desafio de implementação das propostas não seja muito elevado e que não haja resistência dos moradores, lojistas e utilizadores da zona. Além do exposto, o custo de implementação também não será muito elevado, comparado as vantagens em decorrência dessa intervenção.

#### 4.2.4. Cenário 4

O cenário 4 representa a suspensão de uma das vias de circulação, o sentido este-oeste, liberando assim espaço para o alargamento dos passeios, conforme indicado no capítulo 4. A figura 4.23 representa os resultados obtidos para a microsimulação a partir desta nova infraestrutura:

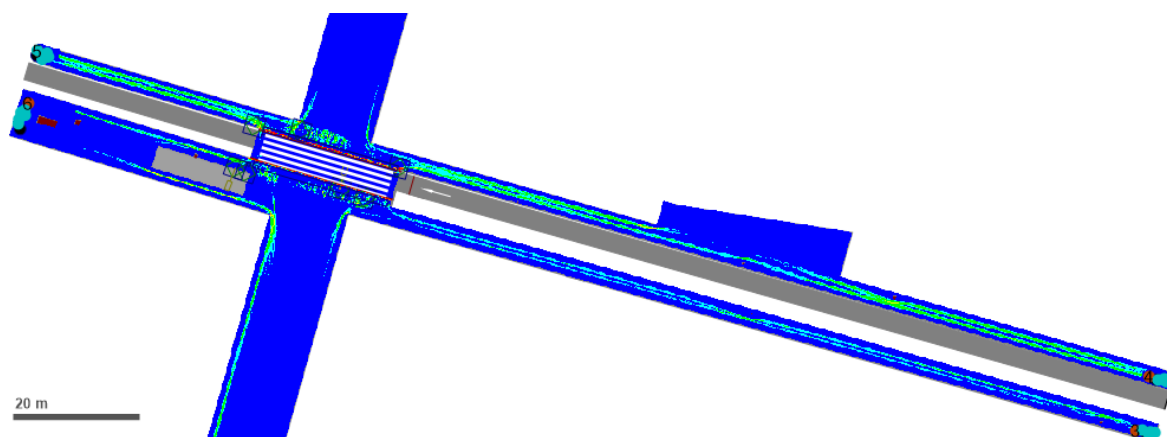


Figura 4.23: Resultado da microsimulação – Cenário 4

De forma global os níveis de serviço obtidos são elevados, trazendo um impacto muito satisfatório aos peões, observou-se uma melhoria expressiva neste cenário frente aos resultados do cenário base, uma vez que que ao longo dos passeios analisados é possível verificar maioritariamente os níveis de serviços A e B.

O alargamento da via de circulação pedonal apresenta grande vantagem frente aos outros cenários modelados quando considerado apenas os movimentos dos peões. No passeio Sul-A está presente a entrada do metro, que representa um grande obstáculo, que deixa disponível apenas estreitos trechos de via para a circulação das pessoas. Com a extensão deste passeio, o nível de serviço neste trecho se eleva de maneira dantesca, como é observado na imagem abaixo.

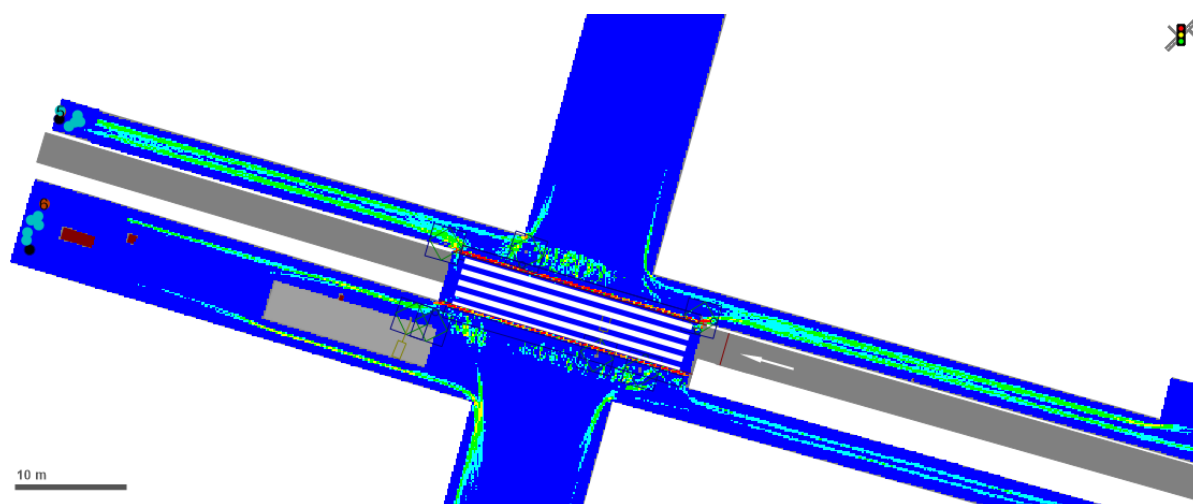


Figura 4.24: Resultado da microsimulação – Cenário 4 Lado A

O alargamento das vias também influi positivamente nos passeios norte e sul do lado B, e sem dúvidas, proporciona maior conforto ao caminhar,

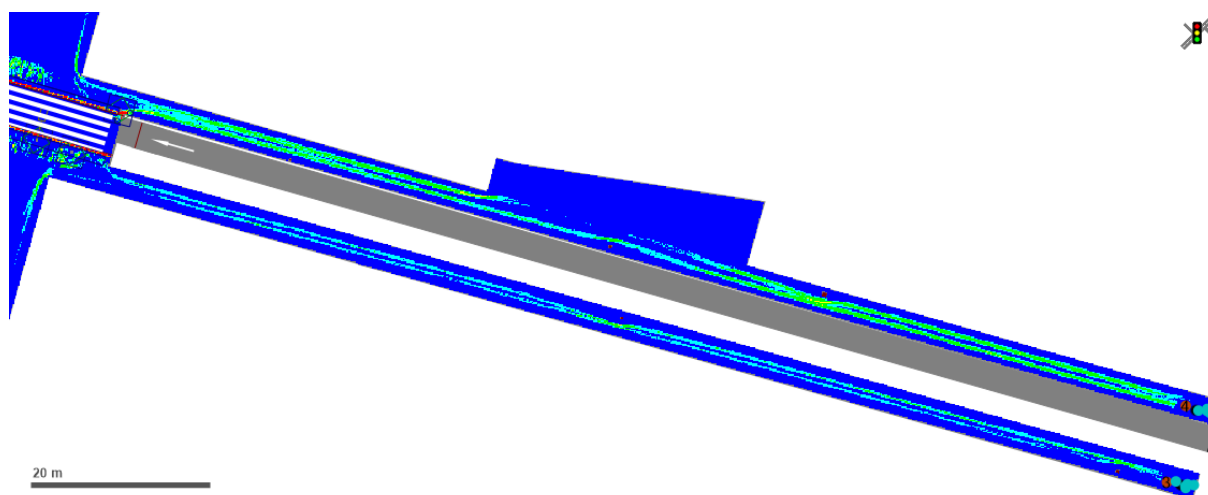


Figura 4.25: Resultado da microsimulação – Cenário 4 Lado B

O aumento da largura útil dos passeios só foi possível através da supressão da via de circulação em um dos sentidos, o que sem dúvidas trará consequências para o tráfego local, embora não seja objeto deste estudo, cabe-se ressaltar que a redução de espaço para os veículos motorizados trará impactos neste modo de transporte e que esse tipo de implementação pode também implicações em questões políticas, e reações contrárias de parte da população.

Essa intervenção é sem dúvidas muito mais dispendiosa financeiramente do que os outros cenários propostos, além de implicar maior tempo de execução, fator importante para o local, uma vez que se trata de uma via com ampla utilização comercial, portanto, a interdição de circulação pode gerar desgosto dos comerciantes e ações de comunicação também serão necessárias.

#### 4.2.5. Cenário 5

Neste cenário foi proposto a diminuição da largura da passadeira. De modo geral percebe-se o impacto que a intervenção proposta implica na intersecção entre as vias. Porém, ao longo dos passeios, o impacto é discreto, com exceção do passeio sul-A.

A figura 4.26 indica o resultado da simulação:

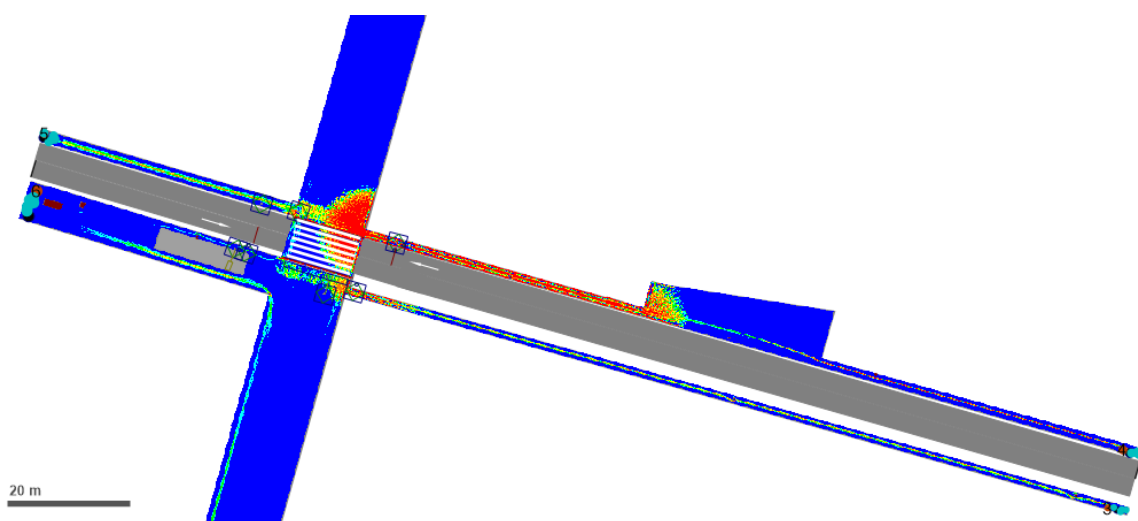


Figura 4.26: Resultado da microsimulação – Cenário 5

Nota-se especialmente o impacto que a redução da passadeira causa da Rua de Santa Catarina, onde há um acréscimo de peões, e, portanto, diminuição do nível de serviço nas proximidades da intersecção, porém esta rua é destinada unicamente ao tráfego pedonal, portanto é natural que os peões se acumulem na direção longitudinal da via sem causar maiores transtornos.

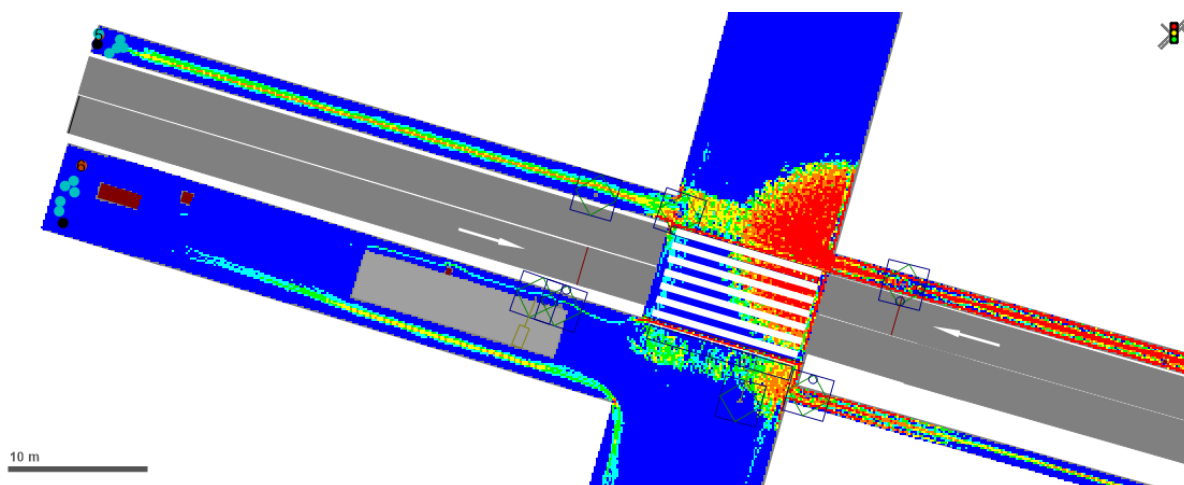


Figura 4.27: Resultado da microsimulação – Cenário 5 Lado A

O obstáculo 5 e 12, semáforos contidos nos passeios sul-A e norte-B, foram deslocados à frente, bem como os pontos de paragem dos veículos nas vias de circulação, com o objetivo de impedir que os peões continuassem a usar esse trecho da via após a diminuição da passadeira. Essa estratégia também mostrou resultados positivos no passeio norte-B, comportamento similar ao observado no cenário 2.

### 4.3. RECOMENDAÇÕES E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Neste ponto serão apresentadas recomendações de alterações quanto à metodologia de contagem de peões adotadas pela CMP e uma proposta de intervenção para a Rua de Fernandes Tomás, obtida a partir da microsimulação exposta nos capítulos anteriores.

### 4.4. RECOMENDAÇÕES QUANTO ÀS CONTAGENS

Foram elaboradas cinco recomendações, com o devido cuidado para que as alterações propostas não impossibilitassem as comparações com os dados já levantados, tendo em vista não perder as séries históricas obtidas desde o verão de 2019. As recomendações são apresentadas a seguir:

- i) Contar separadamente por passeios os movimentos nos Postos P01, P03, P05, P14, P15 e P17.

Os postos P10 e P11, que representam os tabuleiros superior e inferior da Ponte Luís I, podem também ser segregados, mas não trazem grande relevância. Nas figuras abaixo constam as mudanças propostas, no lado esquerdo encontram-se os esquemas dos movimentos como foram feitos até a campanha do outono de 2020 e no lado direito as propostas de segregação.



Figura 4.28: Proposta de movimentos para o Posto 01



Figura 4.29: Proposta de movimentos para o Posto 03



Figura 4.30: Proposta de movimentos para o Posto 05



Figura 4.31: Proposta de movimentos para o Posto 14

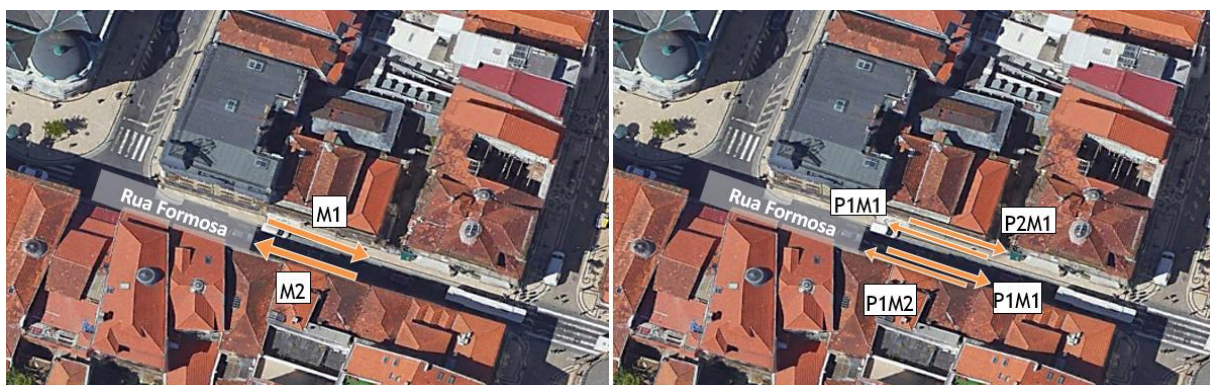


Figura 4.32: Proposta de movimentos para o Posto 15



Figura 4.33: Proposta de movimentos para o Posto 17



Figura 4.34: Proposta de movimentos para o Posto 10



Figura 4.35: Proposta de movimentos para o Posto 11

A segregação dos movimentos tem relevância para os diversos cálculos de procura por movimento, pois os diferentes passeios, ainda que contidos na mesma rua, apresentam diferentes características físicas, como a presença de obstáculos, pavimentos diferentes, e conduzem a diferentes caminhos. Assim, esta separação permite uma melhor análise da procura das pessoas em cada posto e verificação do nível serviço ofertado, além de fornecer dados mais precisos para estudos de microsimulação, por exemplo.

ii) Registrar as larguras efetivas das secções de contagem

Esta recomendação é importante para verificação se alguma obra, tapume, esplanada temporária ou algum outro obstáculo provisório pode ter interferido de alguma forma na procura observada no dia da contagem.

Caso haja um evento especial no dia que apresente um comportamento específico e único, recomenda-se a repetição da observação

iii) Registrar o clima no horário da contagem

O objetivo dessa proposta é indicar a condição climática de forma geral no dia – se está um dia de sol, nublado, chuvoso – e possíveis alterações dessa condição que possam ocorrer ao longo da contagem.

A chuva cria uma condição adversa a circulação de peões, pois além do desconforto ocasionado pela água, a presença de muitos guarda-chuvas e poças no pavimento fazem com que a viagem se torne mais longa. Assim, espera-se que os peões evitem esta condição climática, a esperar para a realizar o trajeto ou interrompendo a viagem, a fim de aguardar a chuva passar em marquises, para que depois completem o movimento (Moura, 2010).

Por meio de sites de referências, tal como o já indicado Weather Underground, é possível verificar as condições atmosféricas nos dias de contagem, contudo, os valores são obtidos nas estações

meteorológicas da proximidade, o que pode gerar erros, ao extrapolarmos para os postos de contagem. Além disso, o profissional que está a realizar a contagem pode incluir tais observações facilmente na ficha de contagem no momento exato, resultando em uma maior exatidão das condições climáticas no sítio, além dos momentos exatos de presença de chuva, por exemplo.

- iv) Retirar um dia útil da contagem.

Visto que não houve relevante disparidade entre os dias úteis já registados, recomenda-se a suspensão de um dos dias, desta forma, pode-se aproveitar melhor os recursos financeiros disponíveis para a contagens, como será indicado na próxima recomendação.

- v) Aumentar o intervalo horário de contagem para a inclusão de prováveis picos

Conforme indicado no capítulo anterior, na maior parte dos postos não foram observadas tendências de picos de contagem nos intervalos entre 13h e 15h. Tal constatação sugere que os picos não foram englobados no período de observação ou que não ocorrem picos relevantes, havendo uma distribuição homogénea da procura.

Dada a pertinência da comparação dos dados, sugere-se aumentar o intervalo de contagem em duas horas, para não perder o caráter comparativo entre as campanhas, o intervalo original de contagem deve estar contido no intervalo aumentado, e tendo isso em conta, foi proposto o intervalo horário de 11h às 15h.

#### **4.5. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA A RUA DE FERNANDES TOMÁS**

Diante dos cenários apresentados e da expressiva melhoria dos níveis de serviços nos passeios, quando observamos os cenários 2, 4 e 5 da simulação, foram propostas alterações em quatro quesitos, são eles:

- i) Relocalização de obstáculos

Propõem-se a deslocação dos obstáculos 7, 10 e 12, conforme observado no cenário 2 simulado.

- ii) Diminuição da extensão da passadeira

Conforme observado no cenário 5 as melhorias são expressivas e trarão benefícios à circulação pedonal, como a redução do tempo de atravessamento, a diminuição dos riscos de acidentes e a redução dos conflitos com os veículos motorizados.

iii) Alargamento dos passeios conforme cenário 4

O alargamento dos passeios implicará em maior conforto e trará aos peões mais espaço de circulação. Ao reduzir o espaço do automóvel, pode-se aumentar consideravelmente a qualidade dos passeios na rua estudada.

iv) Inclusão de equipamentos

Com a finalidade de incentivar o uso dos modos suaves na Rua de Fernandes Tomás e fornecer a infraestrutura necessária para eles, é proposto a inclusão de estacionamentos de bicicletas e velocípedes que pertençam aos utilizadores. Eles serão incluídos nas áreas bloqueadas por balizas.

Foi criado um cenário adicional para a proposta e os resultados são apresentados na figura 4.36:

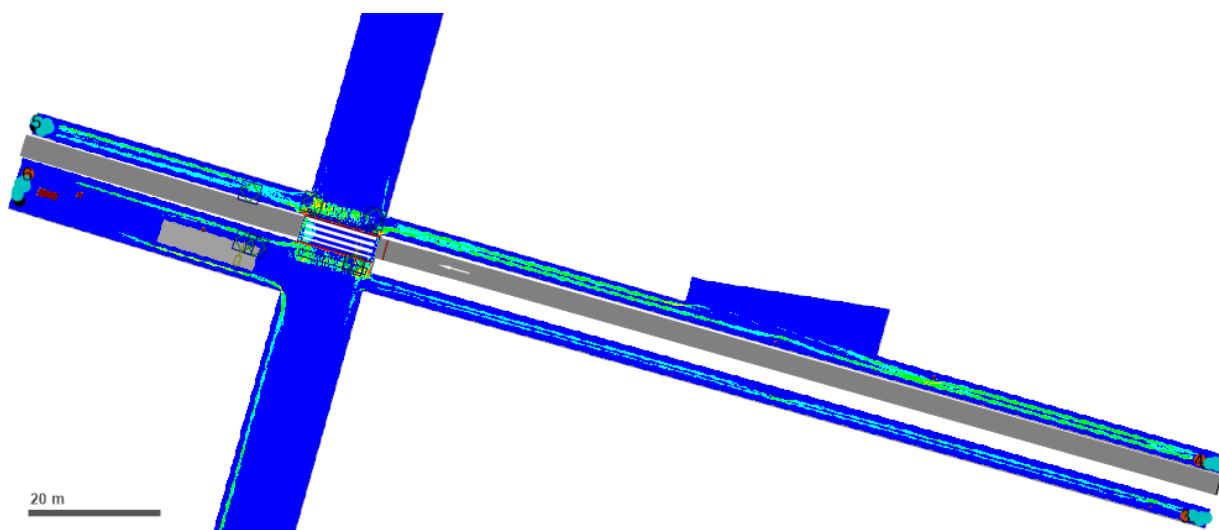


Figura 4.36: Resultado da microsimulação – Proposta

É notável a melhoria obtida em todos os passeios e na travessia quando se agrupam os diversos cenários propostos. Quanto ao lado A, uma ótima fluidez dos peões é proporcionada ao se aumentar os níveis de serviços ofertados, de forma global o nível de serviço nos passeios oscila entre A e B nesta nova configuração, como indicado na imagem abaixo.

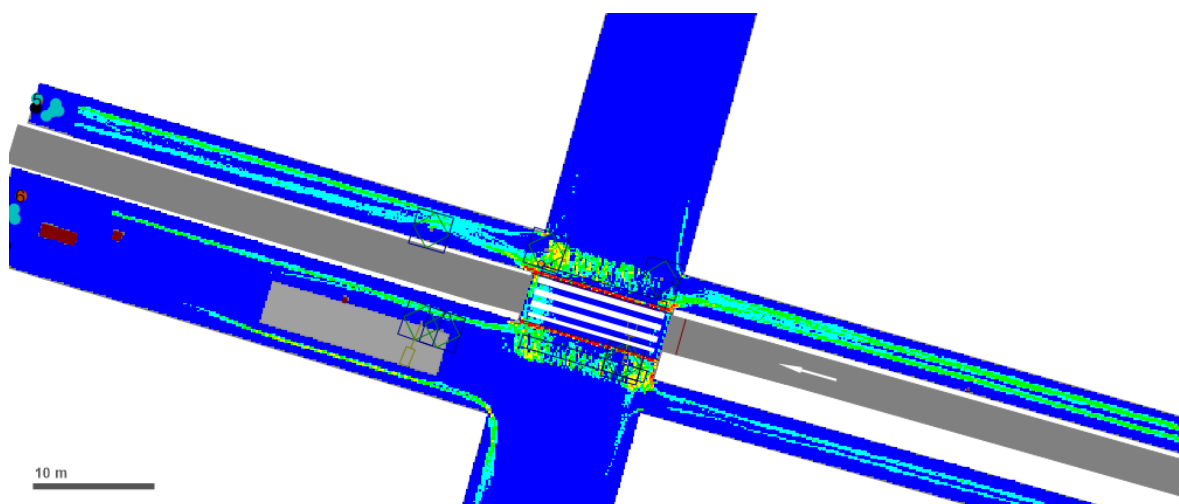


Figura 4.37: Resultado da microsimulação – Proposta – Lado A

No lado B também é possível constatar o mesmo resultado e o acréscimo de qualidade nos passeios em questão, principalmente no norte-B. Nesta nova configuração os peões podem circular em velocidade normal e há espaço suficiente para a ultrapassagem de outros peões que transitam no mesmo sentido.

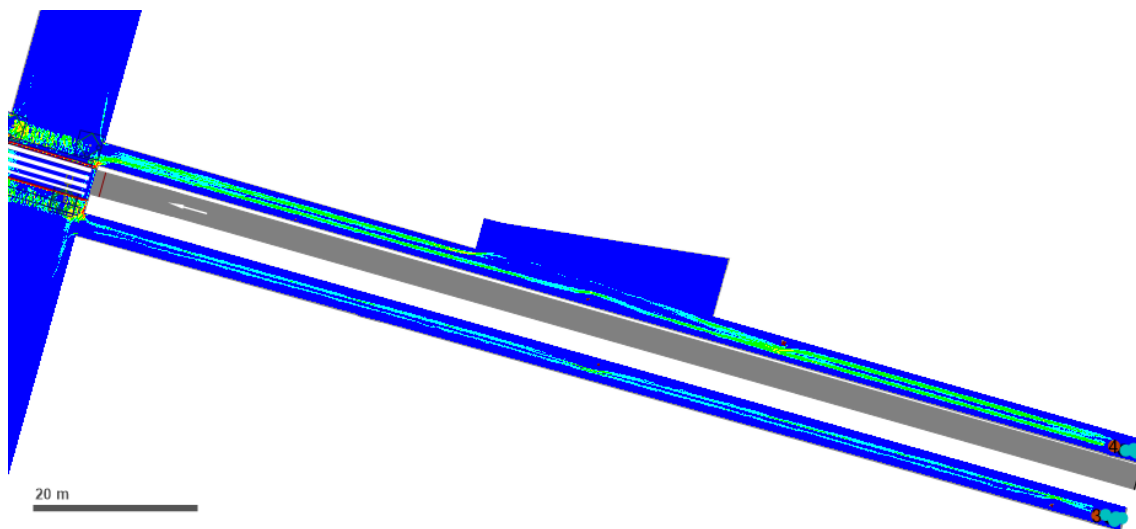


Figura 4.38: Resultado da microsimulação – Proposta – Lado B

A seguir as modificações propostas são apresentadas em detalhes:



Figura 4.39: Proposta de intervenção



# 5

## CONCLUSÕES

A promoção dos modos de transportes suaves é essencial para que a mobilidade sustentável seja alcançada, podendo este incentivo ser executado de diversas maneiras, sendo uma das mais fundamentais o amplo trabalho das Câmaras Municipais para ajustar as infraestruturas, oferecendo a segurança necessária e garantindo a boa qualidade do sistema de transporte. Para tal, é necessário identificar os pontos mais deficitários e estabelecer prioridades de implementação de ações de requalificação.

Estratégias globais para reduzir o impacto das mudanças climáticas são de grande importância ao planejar a infraestrutura futura na cidade e aumentar a parcela do tráfego de peões apresenta-se como uma solução para essa problemática. Porém, antes de se propor melhorias e intervenções urbanas, é necessário caracterizar de forma eficiente a mobilidade pedonal nas cidades, e a recolha e tratamento de dados se torna necessário, portanto, a análise de dados de contagem elaborada nesta dissertação apresentou relevante importância para esse tipo de avaliação.

De acordo com Seco et al. (2008) o conjunto de passeios e vias pedonais deve formar um sistema homogêneo e articulado, de tal forma que, para o peão, não seja necessário recorrer à via destinada aos veículos, exceto em locais próprios para o atravessamento. Tal fato não é observado na configuração

atual da rua de Fernandes Tomás, onde por diversas vezes foi constatado que os peões ocupam áreas de estacionamento e até mesmo a via de circulação para realizar uma trajetória mais fluida e confortável, sendo ela, em alguns casos, a única possível, aumentando a exposição ao risco de acidentes, o que vai na contramão do pensamento corrente sobre a prioridade dos peões frente aos veículos motorizados e a visão zero de segurança viária.

Portanto, medidas precisam ser tomadas para aumentar os níveis de serviços oferecidos nos passeios das cidades, e a modelação em microsimulação se demonstra uma boa ferramenta para os engenheiros e planeadores que se ocupam da gestão da mobilidade urbana, uma vez que cenários podem ser testados e avaliados, e o impacto dos resultados medidos, como foi o caso deste estudo, onde buscou-se avaliar possíveis medidas de implementação para melhoria da mobilidade local.

É possível concluir que os objetivos do trabalho foram alcançados de forma satisfatória. O tratamento e análise dos dados de contagens de peões indicou o posto mais deficitário quanto ao nível de serviço oferecido, sendo ele a Rua de Fernandes Tomás.

O estudo possibilitou também análises relevantes, como a quantificação da redução da procura nos períodos de restrições de circulação devido à pandemia de covid-19, e a criação de series históricas, que continuaram a ser alimentadas, gerando informações a medida que novos dados de futuras campanhas de contagens são levantados.

Quanto ao estudo de caso em microsimulação, foram analisados cinco cenários onde foram observados a melhoria quanto ao nível de serviço. Em especial destacam-se os cenários 2, 4 e 5 que representam a realocação de obstáculos, alargamento dos passeios com a supressão de uma das vias de circulação de veículos motorizados e a redução da extensão da passadeira. A partir destes três cenários foi elaborada uma proposta de intervenção física, tendo em conta a melhoria expressiva dos níveis de serviços aos peões.

O presente estudo contribuiu para evidenciar as potencialidades do software PTV Vissim quanto ao uso para o modo pedonal, que anteriormente não era utilizado na CMP, sendo este utilizado anteriormente na Divisão Municipal de Gestão de Mobilidade e Tráfego apenas na perspetiva do tráfego motorizado.

Como sugestões de trabalhos futuros, recomenda-se a inclusão de novos postos de contagens, para a expansão do trabalho, seguindo a metodologia proposta, para identificação e qualificação de novos postos deficitários e que precisam de intervenções quanto ao modo pedonal.

Para além do exposto no ponto anterior, recomenda-se ainda a análise em microsimulação em níveis multimodais, a fim de se verificar o impacto das propostas nos outros modos de transporte, principalmente no que se refere aos veículos motorizados individuais e no transporte público. Cabe-se

também avaliar os custos de implementação, bem como a inclusão de ferramentas e estratégias que possam auxiliar no processo decisório de implementação de mudanças na infraestrutura, como a análise custo-benefício.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO (2011) - **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011. ISBN: 1-56051-156-7

APA (2010) - **Projeto mobilidade sustentável Volume II - Manual de Boas Práticas para uma Mobilidade Sustentável**. Agência Portuguesa do Ambiente. Amadora: 1ª ed. ISBN: 978-972-8577-51-3

BESSA, Paula Sofia (2018) - **Reabilitação de Edifício na Rua de Fernandes Tomás, Porto – Estudo de Caso**. Porto: Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto. Dissertação de Mestrado. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/113500/2/275966.pdf> >

BÖNISCH, Cornelia e KRETZ, Tobias (2009) - **Simulation of pedestrians crossing a street**. arXiv preprint arXiv:0911.2902. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://arxiv.org/abs/0911.2902> >

CE, Comissão Europeia (2007) - **Livro Verde: Por uma nova cultura de mobilidade urbana**. Comissão das Comunidades Europeias. Bruxelas. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX%3A52007DC0551> >

COSTA, Pedro Filipe Araújo (2017) - **Modelação de uma rede de transporte em meio urbano**. Braga: Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Dissertação de Mestrado. [Em linha]. Disponível em WWW: < <http://hdl.handle.net/1822/70704> >

Decreto Lei no 123/97 de 22 de Maio do Ministério da Solidariedade e Segurança Social. **Diário da República**: I série A, No 118 (1997). [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://dre.pt/application/conteudo/397953> >.

Decreto Lei no 163/2006 de 8 de agosto do Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social. **Diário da República**: I série, No 152 (2006). [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://dre.pt/application/conteudo/538624> >.

FERNANDES, Telmo; REMÉDIO, André; CORREIA, Gonçalo (2013) - **Micro-simulação de veículos e peões na avaliação do impacte da ocorrência de eventos de grande procura em meio urbano**. 7º Congresso Rodoviário Português. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://docplayer.com.br/40798124-Micro-simulacao-de-veiculos-e-peoes-na-avaliacao-do-impacte-da-ocorrencia-de-eventos-de-grande-procura-em-meio-urbano.html> >.

FRIIS, Cecilia e SVENSSON, Lina (2013) - **Pedestrian Microsimulation. A comparative study between the software programs Vissim and Viswalk**. Göteborg: Chalmers University of Technology. Dissertação de Mestrado. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/185439/1/185439.pdf>>

GALIZA, Ronald John; KIM, Inhi; FERREIRA, Luis e LAUFER, Julian (2009) - Modelling Pedestrian Circulation in Rail Transit Stations Using Micro-Simulation. **32nd Australasian Transport Research Forum: the growth engine: interconnecting transport performance, the economy and the environment**. [Em linha]. pp. 1–24. Disponível em WWW: < <https://trid.trb.org/view/1149534>>

HELBING, Dirk e MOLNAR, Peter (1995) - Social force model for pedestrian dynamics. **Physical Review E**. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.51.4282>>

INE (2018) - **Mobilidade e funcionalidade do território nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa 2017**. Instituto Nacional de Estatística, I. P. Lisboa. ISBN: 978-989-25-0478-0

ITDP (2018) - Contagens de Ciclistas – Recomendações técnicas e monitoramento. **Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento**. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://itdpbrasil.org/contagens-de-ciclistas/>>

LA ROCCA, Rosa Anna (2010) - Soft Mobility and Urban Transformation. **TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment**. Vol. 2. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://doi.org/10.6092/1970-9870/125>>

MONTGOMERY, Charles (2013) - **Happy City: Transforming our Lives Through Urban Design**. Penguin Books UK. London : 1ª ed. ISBN: 978-0374534882

MOURA, Mariana Verônica (2010) - **Estudo dos impactos causados pelos polos geradores de viagens na circulação de pedestres**. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Tese de Doutorado. Disponível em WWW: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/7692>>

OSKARBSKI, Jacek e GUMIŃSKA, Lucyna (2018) - The application of microscopic models in the study of pedestrian traffic. **MATEC Web of Conferences**. EDP Sciences. [Em linha]. Disponível em WWW: < <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823103003>>

RAMOS, Manuel Joao e ALVES, Mario J (2010) - **The walker and the city**. Associação de Cidadãos Auto-Mobilizados. Lisboa: 1ª ed. ISBN: 978-989-96665-0-4

RELVAS, João Pedro Pissara (2014) - **Rotas Interpretativas Condeixa-a-Nova: Transição entre o Baixo-Mondego – Vales do Maciço de Sicó**. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da

Universidade de Coimbra. Dissertação de Mestrado. [Em linha]. Disponível em WWW: < <http://hdl.handle.net/10316/29264> >

RUXA, Marta Sofia Cardoso (2013) - **Integração da Bicicleta na Mobilidade Urbana – Análise de casos de Estudo e ensinamentos para Portugal**. Lisboa: FCT – Universidade Nova de Lisboa. Dissertação de Mestrado. [Em linha]. Disponível em WWW: < <http://hdl.handle.net/10362/10976> >

SECO, Álvaro Jorge Maia; MACEDO, Joaquim Miguel Gonçalves e COSTA, Américo Henrique Pires (2008) - **Manual do planeamento de acessibilidades e transportes**. Porto: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, Porto, Portugal. [Em linha]. Disponível em WWW: < [http://212.55.137.35/CDI/00001\\_0341\\_009\\_G.pdf](http://212.55.137.35/CDI/00001_0341_009_G.pdf) >

SILVA, Alberto Urbani Ramos da (2017) - **Implementação de soluções de mobilidade suave nas ações do planeamento Caso de estudo – Cascais**. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Dissertação de Mestrado. Disponível em WWW: < <https://catalogo-ist.biblioteca.ulisboa.pt/>>

TEKNOMO, Kardi (2006) - Application of microscopic pedestrian simulation model. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**. [Em linha]. 9(1), 15-27. Disponível em WWW: <<https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.08.006>>

TEKNOMO, Kardi; TAKEYAMA, Yasushi e INAMURA, Hajime (2016) - **Review on microscopic pedestrian simulation model**. arXiv preprint arXiv:1609.01808. [Em linha]. Disponível em WWW: <<https://arxiv.org/abs/1609.01808>>

VASCONCELOS, António Luís Pimentel (2004) - **Modelos de atribuição/simulação de tráfego: o impacto na qualidade dos resultados de erros no processo de modelação**. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Dissertação de Mestrado. Disponível em WWW: < <http://hdl.handle.net/10400.19/1243> >

VILARINHO, Cristina Alexandra Teixeira (2008) - **Calibração de modelos microscópicos de simulação de tráfego em redes urbanas**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado. Disponível em WWW: < <http://hdl.handle.net/10216/60070> >

ZANLUNGO, Francesco; IKEDA, Tetsushi; KANDA, Takayuki (2011) - Social force model with explicit collision prediction. **EPL (Europhysics Letters)**. [Em linha]. 93(6), 68005. Disponível em WWW: < <https://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/93/68005/meta> >