

O USO DA MICROSSIMULAÇÃO NO APOIO AO DESENHO DE REDES CICLÁVEIS. O CASO DA AV. DE ROMA, LISBOA

Tomás Tavares¹; Filipe Moura¹; Rosa Félix¹

¹ CERIS - Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa

email: fmoura@tecnico.ulisboa.pt <https://ushift.tecnico.ulisboa.pt>

Sumário

Os desafios da sustentabilidade da mobilidade urbana impõem a mudança de paradigma no planeamento e gestão da mobilidade urbana. Os modos ativos para as distâncias mais curtas (e para quem pode fazê-lo) são uma solução óbvia para a qual se devem criar as condições necessárias à sua promoção. Em particular, o uso da bicicleta pode servir como melhor opção para muitas deslocações urbanas com distâncias abaixo de 5km, assegurando o transporte de pessoas e bens com custos ambientais, económicos e sociais inferiores. A construção de vias cicláveis são um imperativo para que se criem estas condições de base para o uso da bicicleta em segurança e com conforto.

O planeamento de infraestruturas cicláveis requer ferramentas de modelação e de avaliação do impacto que as propostas de rede possam ter no sistema de mobilidade. O objetivo principal deste trabalho é compreender qual o potencial da utilização da microsimulação para apoiar o desenho de redes cicláveis recorrendo para tal ao caso de estudo da Avenida de Roma, nomeadamente avaliando várias propostas de desenho de rede neste corredor fundamental do centro da cidade de Lisboa. O segundo objetivo é analisar, neste caso de estudo, quais os impactos no desempenho dos veículos motorizados decorrentes da implementação de uma ciclovia bidirecional na Avenida de Roma.

Recolheram-se dados de tráfego na Avenida de Roma, através de contagens no período da hora de ponta da manhã. Para além do cenário-base, foram criados 4 cenários: com e sem ciclovia e com velocidade máxima de 50 e 30km/h. Procedeu-se à calibração e validação do modelo e utilizaram-se como indicadores de desempenho: tempo de atraso, atraso devido a paragens, número de paragens, velocidade média, tamanho médio da fila, tamanho máximo da fila e tempo de percurso, entre outros. Foram efetuadas 30 simulações por cenário.

Embora tenha introduzido atrasos para os modos motorizados, este impacto pode ser compensado pelos ganhos socioeconómicos. A introdução da ciclovia poderá melhorar as condições de segurança de forma a que mais pessoas usem bicicleta com impactos significativos a nível ambiental e de saúde pública. O VISSIM revelou ser um software prático e útil nesta análise.

O exercício realizado apresenta resultados positivos, no sentido de incorporar uma infraestrutura ciclável numa via distribuidora importante do centro de Lisboa. Contudo, são necessários estudos mais aprofundados para confirmar o balanço entre as perdas (nomeadamente para os veículos motorizados) e os ganhos (para os ciclistas e coletivos), ou explorar outras soluções de traçado para a ciclovia.

Palavras-chave: Mobilidade ciclável; Ciclovias; Microsimulação; VISSIM; Lisboa.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com as Nações Unidas, prevê-se que cerca de 68% da população mundial viverá em áreas urbanas até 2050. Hoje, em Portugal, a população urbana constitui 66,8% do total e estima-se que crescerá até 79,3% até 2050 [1].

Até ao virar do milénio, as áreas urbanas foram concebidas para facilitar a utilização de veículos privados. Como resultado desta utilização massiva do carro e com o aumento dos níveis de motorização, as cidades sofrem hoje de problemas de congestionamento de tráfego, saturação das áreas públicas, poluição e ruído, e outros desafios de ordem socioeconómica.

A mudança de paradigma no planeamento e gestão da mobilidade urbana impõem-se [2]. Os modos ativos para as distâncias mais curtas (e para quem pode fazê-lo) são uma solução óbvia para a qual se devem criar as condições necessárias à sua promoção. Em particular, o uso da bicicleta pode servir como melhor opção para muitas deslocações urbanas com distâncias abaixo de 5km, assegurando o transporte de pessoas e bens com custos ambientais, económicos e sociais inferiores (embora haja uma parte da população que seja potencialmente excluída, nomeadamente os mais idosos).

Perante este desafio de criar infraestruturas cicláveis como base para a promoção do modo ciclável [3, 4], é imperativo formular um plano estratégico que, espelhando as melhores práticas recomendadas em toda a Europa, possa promover a criação de mais ciclovias que permitam a utilização de bicicletas como solução de mobilidade acessível.

O objetivo principal deste trabalho é compreender qual o potencial da utilização da microssimulação para apoiar o desenho de redes cicláveis recorrendo para tal ao caso de estudo da Avenida de Roma, nomeadamente avaliando várias propostas de desenho de rede neste corredor fundamental do centro da cidade de Lisboa. O segundo objetivo é analisar, quais os impactos no desempenho dos veículos motorizados decorrentes da implementação de uma ciclovias bidirecional na Avenida de Roma.

A secção 2 deste artigo apresenta a abordagem metodológica seguida para a construção do modelo de microssimulação assim como os métodos e indicadores usados para a avaliação do impacto da introdução da ciclovias numa via distribuidora principal da cidade de Lisboa, a Av. de Roma. A secção 3 apresenta o caso de estudo e os dados recolhidos para a montagem do modelo de microssimulação em VISSIM. A secção 4 define os cenários de análise estudados, seguindo-se a apresentação e discussão dos resultados, na secção 5. O artigo termina com as conclusões na secção 6.

2 METODOLOGIA

O fluxograma da Fig. 1 ilustra as várias fases de construção e aplicação do modelo de microssimulação utilizado neste trabalho.

A etapa inicial consistiu em modelar a rede rodoviária (de base) onde corre o modelo de simulação para o cenário base. Este cenário pretende reproduzir a realidade da Av. de Roma, hoje, onde os dados de mobilidade foram recolhidos através da contagem no local, em todas as interseções abrangidas por este caso de estudo. Após a calibração e a validação do modelo para a realidade atual, são definidos vários cenários de estudo para a inserção da ciclovias. Estes cenários são testados através da alteração da rede rodoviária ou dos parâmetros do modelo relevantes para cada cenário, e simular o funcionamento da Av. Roma após a inserção da ciclovias, nas suas diversas configurações testadas neste exercício.

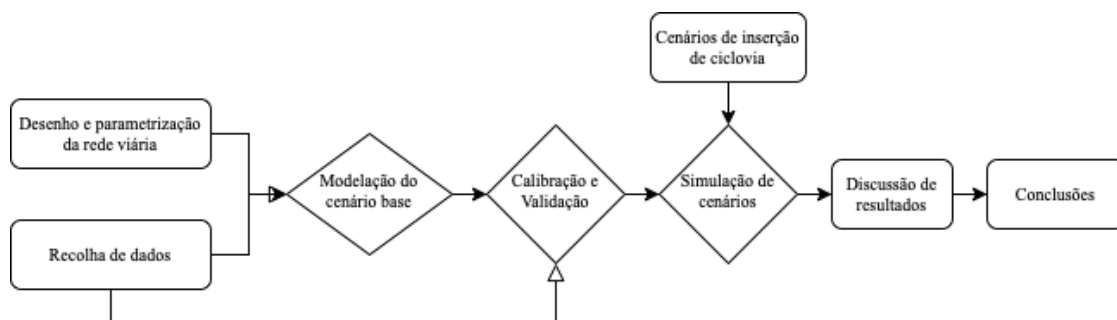


Fig. 1. Abordagem metodológica

A construção do modelo de base passou pela respetiva codificação, ou seja, o desenho e parametrização dos arcos, dos nós e conectores de rede, bem como dos veículos incluídos na simulação (bicicletas, carros, autocarros, e veículos pesados de mercadorias). No caso das interseções (nós) a parametrização incluiu a simulação dos planos de fase de cada semáforo, cujos tempos e sequência foram levantados no trabalho de campo. Para que o modelo de simulação possa reproduzir melhor a realidade observada, o modelo é calibrado, procurando aproximar os resultados da simulação (por exemplo, fluxos nos arcos) com os dados recolhidos no campo. Após a calibração, o modelo foi validado utilizando o teste estatístico GEH, um método utilizado para comparar os volumes de tráfego simulados e observados, cuja explicação detalhamos nas seções seguintes.

Com o modelo calibrado, os cenários de estudo foram simulados para as várias soluções de inserção da ciclovias.

3 CASO DE ESTUDO

3.1 Avenida de Roma no contexto de Lisboa

A visão estratégica para a mobilidade de Lisboa até 2030 (MOVE Lisboa) [5], publicado pela Câmara Municipal de Lisboa, inclui a expansão da rede ciclável até 2030. Este projeto inclui uma intervenção na Avenida de Roma, que será o nosso caso de estudo. A Avenida de Roma é uma via distribuidora principal do centro de Lisboa que cumpre também funções de ligação entre zonas a norte e a sul da cidade, como uma alternativa ao eixo Central (Campo Grande, Entrecampos, Av. República, Av. Fontes Pereira de Melo) até à praça de Londres. Esta função gera níveis consideráveis de circulação automóvel, mas também pedonal, uma vez que tem uma grande variedade de uso do solo (residências, comércio e serviços) (Fig. 2). A circulação automóvel é responsável por níveis de poluição significativos que podem ser reduzidos parcialmente com a implementação de uma ciclovias e eventual transferência das viagens realizadas em modos motorizados.

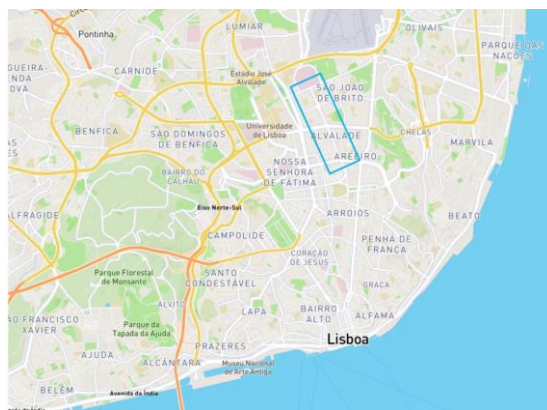


Fig. 2. Avenida de Roma – Lisboa (caixa azul). Base *Google Maps*.

3.2 Recolha de dados e construção do modelo base

A recolha de dados de tráfego foi realizada durante uma semana (20 a 22 de Julho de 2021), das 7:30 às 9:30, uma vez que este é o intervalo de tempo correspondente à maior hora de ponta do dia.

Foram selecionadas 12 interseções da Av. de Roma, apresentadas no mapa da Fig. 3, em que são assinaladas as vias distribuidoras correspondendo ao nível 3 da hierarquia da rede viária definido no Plano Diretor Municipal, e as vias de acesso local de níveis 4 e 5 selecionadas para o caso de estudo. Para cada interseção, foi gravado um vídeo de 15 minutos, onde foi possível observar todos os movimentos. Subsequentemente, as gravações foram visionadas, contabilizando-se o volume de tráfego de entrada e saída e as respetivas rotas. Foi aplicado um coeficiente de proporcionalidade (4 vezes) às informações recolhidas para obter os valores médios do volume horário.



Fig. 3. Rede viária do caso de estudo: nível hierárquico 3 (azul); níveis hierárquicos 4 e 5 (verde). Base Google Maps.

Como referido anteriormente, também foram recolhidos os ciclos semafóricos (um total de 137 ciclos, i.e., cerca de 12 ciclos por interseção) tendo sido possível reproduzir os planos de fase de cada interseção.

Os dados dos ciclistas foram extraídos das campanhas de contagens realizadas pelo Instituto Superior Técnico em Outubro de 2020 (8h-10h e 17h-7h) [6]. Embora estas observações tenham sido realizadas em diferentes partes da cidade de Lisboa, apenas foi utilizada a informação referente à área estudada ao longo do eixo da Av. de Roma em 5 interseções: com a Av. de Brasil, Praça de Alvalade, R. Frei Miguel Contreiras (Estação Roma-Areeiro), Av. Óscar Monteiro Torres e Praça de Londres.

3.3 Validação do modelo de microsimulação

Após a calibração do modelo de simulação, é necessária a validação. A validação consiste no processo de verificação do modelo calibrado a fim de avaliar a sua capacidade preditiva, em cenários que não os utilizados na fase de calibração. Esta etapa pretende assegurar que as conclusões obtidas pelo modelo são aplicáveis ao sistema em estudo.

As variáveis mais consideradas nesta fase do processo de simulação são: volumes de tráfego, velocidades e filas de espera com ênfase no volume de tráfego [7]. Assim, foi com base nos volumes de tráfego modelados que foi efectuada a validação do modelo em estudo, ou seja, a comparação dos volumes simulados com os volumes observados (contagens) através do índice GEH (iniciais do nome do engenheiro de transportes, Geoffrey E. Havers).

O índice GEH é um método estatístico, baseado no teste qui-quadrado, utilizado para comparar os volumes de tráfego modelados e observados (contagens). Este índice pode ser calculado para cada secção ou para toda a rede [8] usando a seguinte fórmula, proposta por Geoffrey E. Havers (1970) [9].

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (x_i - y_i)^2}{(x_i + y_i)}} \quad (1)$$

, em que x_i representa o número de veículos contados nas observações para um determinado local e y_i o número de veículos obtidos através das simulações para esse mesmo local.

A fim de comparar volumes de tráfego, foram inseridos pontos de contagem virtuais no modelo de simulação em todas as entradas e saídas dos cruzamentos (54 pontos de contagem distribuídos por 103 vias) e foram realizadas 30 simulações durante um intervalo de tempo de 15 minutos (período correspondente ao tempo de contagem).

O Quadro 1 apresenta os dados de tráfego observados e simulados com o nosso modelo, assim como a avaliação do acerto através do índice de GEH para períodos de 15min. Existem diferentes opiniões relativamente ao valor

a adotar para validar os modelos com base no índice GEH. NSW Roads and Maritime Services [10] definem que um valor inferior a 5 para 95% dos casos de uma secção individual é aceitável, ao passo que Dowling *et al* [11] aceitam o intervalo para 85% dos casos (ou seja, menos exigente). Como se pode verificar, os resultados do GEH são inferiores a 5 em cerca de 90% dos casos, podendo-se validar o modelo para o cenário base.

Quadro 1. Dados de tráfego observados, simulados e índice de GEH (períodos de 15min)

Posto de contagem	# veículos simulados	# veículos observados	GEH
1	182	159	1,78
2	275	266	0,53
3	164	155	0,71
4	227	163	4,62
5	150	154	0,35
6	123	93	2,94
7	12	3	3,53
8	32	21	2,08
9	121	154	2,79
10	140	69	6,97
11	86	68	2,11
12	23	24	0,16
13	118	154	3,07
14	221	94	10,14
15	68	46	2,88
16	59	58	0,2
17	24	25	0,2
18	22	23	0,11
19	28	23	1,09
20	138	173	2,77
21	206	113	7,41
22	146	200	4,11
23	228	263	2,2
24	31	48	2,63
25	110	109	0,12
26	164	176	0,94
27	147	209	4,63
28	87	135	4,56
29	122	126	0,38
30	35	54	2,81
31	61	60	0,13
32	26	38	2,04
33	163	241	5,5
34	149	190	3,15
35	5	6	0,53
36	111	110	0,1
37	20	20	0
38	17	29	2,46
39	74	34	5,48
40	69	69	0,03
41	216	204	0,85
42	90	111	2,12
43	25	26	0,25
44	5	6	0,53
45	6	6	0,1
46	14	31	3,63
47	74	79	0,54
48	213	169	3,2
49	55	53	0,34
50	46	44	0,34
51	93	90	0,31
52	51	46	0,68
53	229	190	2,69
54	61	58	0,45

Legenda: Os valores a negrito correspondem a valores menos aceitáveis de acerto; a negrito sublinhado, valores de acerto não aceitáveis.

3.4 Indicadores de desempenho da rede para comparação de cenários

Os indicadores de desempenho dos vários modos permitem avaliar o impacto das alterações à rede viária e, assim, comparar os vários cenários de intervenção testados. A seleção dos indicadores de desempenho está condicionada pelas potencialidades da ferramenta VISSIM. Com base no objetivo deste trabalho – analisar os impactos que a inserção da ciclovia gera na Avenida de Roma, foram estimados os seguintes indicadores:

- Tempo de atraso (s) - tempo total de viagem menos o tempo que um veículo leva para completar esta viagem, em condições ideais (sem semáforos e nem trânsito);
- Atraso devido a paragens (s) - tempo total de atraso em que o veículo é parado;
- Número de paragens - número de vezes que um veículo está imobilizado;
- Velocidade (km/h);
- Veículos ativos - número de veículos que se encontram no sistema no final da simulação;
- Veículos que chegaram - número de veículos que completaram a viagem;

- Atrasos de entrada (h) - tempo total de atraso para cada veículo entrar na simulação;
- Procura não satisfeita - número de veículos que não entram na simulação devido ao atraso na entrada na simulação;
- Tamanho médio da fila (m) - tamanho médio da fila, em metros;
- Tamanho máximo da fila (m) - tamanho máximo da fila, em metros;
- Tempo de viagem (s) - tempo total, desde a entrada até à saída da simulação.

Na secção 5 são apresentados os resultados de alguns destes indicadores. Para uma visão geral dos resultados de todos os indicadores, consultar Tavares [12].

4 CENÁRIOS DE ANÁLISE

4.1 Cenário de validação

Este cenário procura expressar, o mais próximo possível da realidade observada, todos os volumes de tráfego, cruzamentos semaforizados e número de vias da rede modelada. Serve apenas para validar o modelo de simulação, com base nos dados observados, simulados e o índice GEH (*vide* secção 3.3).

4.2 Cenário 1 (Base)

O cenário de base para efeitos de comparação, parte do cenário anterior de validação acrescido de 30% do tráfego, uma vez que as observações foram realizadas em período de férias escolar, estimando-se que esta majoração pudesse aproximar os valores de volume de tráfego a uma situação “normal”, seguindo os valores indicativos de redução de movimentos disponibilizados pelo portal *City Mapper*, quando comparando os períodos pré e pós pandemia. Procurou-se corrigir os volumes de tráfego recolhidos no contexto pandémico em que o volume de tráfego foi naturalmente mais baixo não refletindo as circunstâncias normais pré-pandémicas da hora de ponta da manhã. Sem a correção proposta, as intervenções propostas não simulariam uma situação que, por si só, seria de potencial congestionamento.

4.3 Cenário 2 (Base + 30km/h)

Este cenário é uma variante do Cenário Base e pretende simular a solução mais simples do sistema, que é uma redução da velocidade do tráfego motorizado. A redução da velocidade de 50km/h para 30km/h viabiliza a coexistência mais segura com as bicicletas [13]. A sequência e tempos das intersecções semaforizadas foram ajustadas de modo a manter a onda verde observada no Cenário 1.

4.4 Cenário 3 (Base + ciclovia bidirecional)

No cenário 3, foi introduzida uma ciclovia bidirecional no sentido sul-norte da Av. de Roma (direção com menor volume de tráfego na hora de ponta da manhã), removendo uma via de circulação do tráfego motorizado. Com a criação da ciclovia, há uma previsão de aumento do volume de ciclistas, pelo que assumiu-se uma duplicação do volume de ciclistas (pressuposto baseado nas observações de Moura *et al* [6]). No entanto, o volume de tráfego de veículos automóveis foi mantido, uma vez que não se sabe que alterações estes poderiam apresentar. Quanto à velocidade máxima permitida, o cenário de base foi mantido.

A Fig. 4 ilustra a inserção da ciclovia na Av. Roma para vários segmentos.

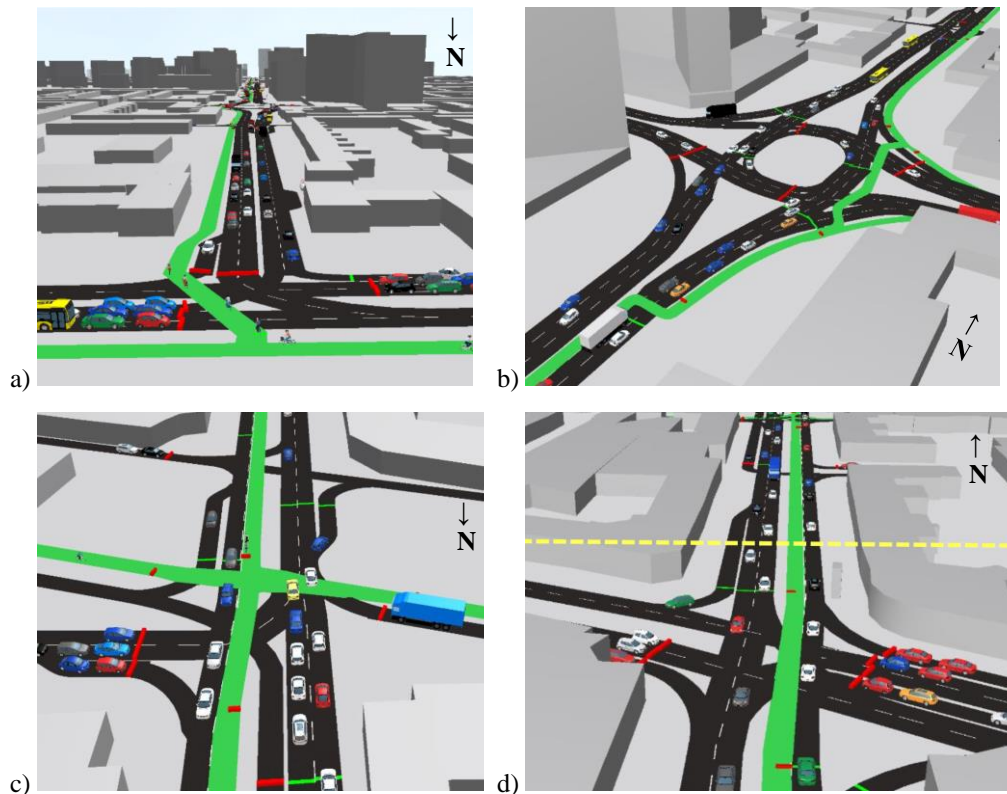


Fig. 4. Vista 3D da inserção da ciclovia na Av. Roma: a) Av. Brasil; b) Av. Igreja; c) Roma-Areeiro; d) Av. João XI. Imagens extraídas do simulador VISSIM.

4.5 Cenário 4 (Base + ciclovia bidirecional + 30km/h)

O último cenário deriva dos cenários 2 e 3, i.e., redução da velocidade de circulação para 30km/h, bem como o reajustamento da onda verde, e inserção da ciclovia bidirecional.

Note-se que, nos cenários 3 e 4, foi também necessário ajustar o plano de fase dos semáforos devido à introdução da ciclovia. Para estes mesmos cenários, o volume de tráfego dos veículos motorizados não foi alterado, pois quando ocorrem restrições às condições de tráfego, podem ocorrer 3 fenómenos: desvio de rota, cancelamento da viagem ou transferência do modo de transporte. Como não foi possível quantificar a alteração, foi decidido manter o volume (cenário mais desfavorável).

Foi decidido colocar a ciclovia na via da esquerda para minimizar os conflitos (entre todas as partes interessadas). Paragens de autocarro, estacionamento de automóveis e curvas à direita provocariam mais áreas de conflito entre automóveis e ciclistas (quando comparado com a solução apresentada), reduzindo assim a segurança global da rede. Por outro lado, as viragens à direita das bicicletas são prejudicadas, pelo que foi necessário proteger este movimento com as suas próprias fases criando semáforos para o efeito.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Foram realizadas 30 simulações para cada cenário, perfazendo 8100s (2,25 horas), incluindo 15 minutos de inicialização do modelo (*warm up*). A inicialização permite simular o desempenho da rede devidamente carregada com carros activos, caso contrário a rede estaria vazia, sem as restrições naturais de uma hora de ponta matinal, e poderia enviesar os resultados.

Os cenários foram realizados com rotas estáticas, ou seja, cada para origem/destino (ou seja, pontos de entrada e saída modelados nesta rede) tem uma rota fixa e não dinâmica como ocorreria na realidade. Este pressuposto é válido uma vez que a rede é simples e não foram incluídas vias laterais para simular eventuais desvios de rotas. O quadro 2 apresenta os valores médios dos indicadores de desempenho recolhidos com base na simulação destas rotas estáticas.

A análise apresentada no Quadro 2 reporta-se à rota mais longa entre pares OD na Av. de Roma, na direção norte – sul (i.e., oposta à direção em que a ciclovia foi introduzida). Concluiu-se que a maior diferença entre os cenários com a mesma velocidade é o aumento do tempo de paragem. Com a introdução da ciclovia (cenários 3 e 4), houve a necessidade de criar uma fase específica de semáforos para bicicletas, aumentando o tempo de ciclo e fluidez do tráfego (que se reflete em menores tempos de atraso e de paragem, na ordem dos 20s e 6s, respetivamente). Os resultados mostram que o impacto, no tempo médio de viagem, é negativo, com o maior agravamento da duração no cenário 4, em 33%. Os percursos intermédios não foram analisados uma vez que os impactos seriam menos expressivos, em valor absoluto.

Quadro 2. Indicadores de desempenho (direção Norte – Sul)

Cenários		Av. Brasil Oeste – Pç. Londres	Av. Brasil Este – Pç. Londres	Cenários		Av. Brasil Oeste – Pç. Londres	Av. Brasil Este – Pç. Londres
Cenário 1 (base)	TV	332	378	Cenário 3	TV	366 10%	405 7%
	TA	197	242		TA	231 17%	267 10%
	TP	130	169		TP	157 21%	192 14%
Cenário 2	TV	421	448	Cenário 4	TV	443 33%	471 25%
		27%	19%			TA	224 14%
	TA	203 3%	228 -6%		TP		170 31%
	TP	148 14%	172 2%				

Legenda: TV - Tempo de Viagem (s); TA - Tempo de atraso (s); TP Tempo de paragem (s); % - variação percentual por referência ao cenário base.

Analisando a direção sul-norte, foram escolhidos 7 pares OD que na sua totalidade refletem os impactos que a implementação da ciclovia causaria, cujos resultados são apresentados no Quadro 3. Ao analisar o número de automóveis que completam os percursos nos diferentes cenários e para os vários percursos, não se encontram diferenças significativas, ou seja, nas condições simuladas não houve supressão significativa de viagens.

A introdução da ciclovia em ambos os cenários (3 com 50km/h e 4 com 30km/h) resulta num aumento significativo do tempo de viagem (2-3min em percursos que demoram em média 10min). O tempo de atraso mantém-se na ordem dos 60 a 80%, relativamente ao tempo de viagem de cada um dos percursos, para os 4 cenários analisados. O tempo de atraso também se mantém, na ordem dos 40 a 60%, com exceção do percurso “João XXI E - EUA W”, que tem uma duração consideravelmente inferior aos restantes.

Verifica-se ainda que se o semáforo for adaptado para uma onda verde de 30km/h, a fluidez do tráfego será maior e as percentagens de tempo parado em relação ao tempo total de viagem são, para todos os percursos, mais baixas.

Quadro 3. Indicadores de desempenho (direção Sul - Norte)

Percursos	Cenário 1 (base)						Cenário 2					
	# de veículos	TV	TA		TP		# de veículos	TV	TA		TP	
Londres - Brasil E	49	513	381	74%	272	53%	47	548	336	62%	250	46%
Londres - Brasil W	34	549	411	75%	296	54%	35	584	363	62%	274	47%
Londres - Alvalade E	32	377	258	68%	183	49%	35	4	242	56%	180	42%
Londres - Alvalade W	31	543	424	78%	322	59%	31	611	422	69%	330	54%
João XXI E - Alvalade E	18	357	236	66%	161	45%	19	403	218	54%	157	39%
João XXI E - Alvalade W	17	547	425	78%	319	58%	17	605	418	69%	323	53%
João XXI E - EUA W	19	196	118	60%	79	40%	19	218	104	47%	76	35%
	Cenário 3						Cenário 4					
Londres - Brasil E	46	777	645	83%	452	58%	47	853	640	75%	478	56%
Londres - Brasil W	35	806	668	83%	476	59%	33	889	668	75%	502	56%
Londres - Alvalade E	34	450	331	73%	223	50%	32	520	331	64%	244	47%
Londres - Alvalade W	28	634	515	81%	380	60%	29	697	506	73%	394	57%
João XXI E - Alvalade E	18	460	339	74%	234	51%	17	517	331	64%	245	47%
João XXI E - Alvalade W	17	649	528	81%	394	61%	16	703	515	73%	404	57%
João XXI E - EUA W	18	230	152	66%	103	45%	20	278	163	59%	123	44%

Legenda: TV - Tempo de Viagem (s); TA - Tempo de atraso (s); TP Tempo de paragem (s); % - variação percentual por referência ao cenário base.

6 CONCLUSÕES

O presente artigo pretendeu analisar o impacto de várias configurações de uma ciclovia no desempenho do tráfego motorizado da via. Teve segundo objetivo avaliar se a microssimulação, em particular a ferramenta VISSIM, contribui para a conceção e implementação de ciclovias em vias urbanas consolidadas.

No caso da Av. de Roma, Lisboa, a simulação realizada e a análise dos resultados obtidos mostraram que a criação de uma pista ciclável introduziu atrasos, como seria de esperar uma vez que as soluções estudadas passam pela redistribuição do espaço disponível – e consequente perda de capacidade para os modos motorizados – para acomodar a infraestrutura do modo ciclável. Contudo, se considerados em termos de valor absoluto, os atrasos traduzem-se em aproximadamente 5 minutos, no trajeto mais longo para os modos motorizados. Porém, considera-se que os 5 minutos perdidos por viagem, no caso mais grave, podem ser compensados pelos ganhos socioeconómicos, nomeadamente em termos de contribuição para a melhora da qualidade do ar e benefícios para a saúde dos utilizadores (com um impacto positivo na saúde pública). Por outro lado, a possibilidade de reduzir o limite máximo de velocidade, dentro das cidades, de 50km/h para 30km/h (que de acordo com as simulações não produziram alterações significativas no tráfego motorizado) parece melhorar os tempos de viagem efetivos dos ciclistas com uma melhoria clara para a sua segurança.

Com a elaboração deste trabalho, foi possível verificar que o VISSIM mostrou ser uma ferramenta de microssimulação capaz de reproduzir os cenários em análise, para além do carácter prático na montagem do modelo e a utilidade na análise de várias soluções (um laboratório virtual de experimentação).

O exercício realizado apresenta resultados positivos, no sentido de incorporar uma infraestrutura ciclável numa via distribuidora importante do centro de Lisboa. Contudo, são necessários estudos mais aprofundados para confirmar o balanço entre as perdas (nomeadamente para os veículos motorizados) e os ganhos (para os ciclistas e coletivos), ou explorar outras soluções de traçado para a ciclovia. Como sugestão, propõe-se que, no futuro, a avaliação do impacto em termos de emissões e níveis de poluição possa ser considerada, bem como a realização de uma macro simulação que poderia também avaliar a área circundante e perceber o impacto dos desvios nas vias circundantes.

Como limitações, pode-se referir o facto de que a contagem dos modos motorizados para introdução na simulação foi realizada durante um período pandémico e de férias escolares. Para ultrapassar esta limitação, o volume de tráfego foi agravado em 30%, que pode corresponder uma situação de hora de ponta normal (embora outros testes de carga mais elevada devam ser realizados, para testar situações extremas de tráfego e perceber como sistema poderá reagir).

7 REFERÊNCIAS

1. United Nations - Dof Economic and Social Affairs. (2018, May 16). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. Retrieved from <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
2. Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
3. Dill, J., & Carr, T. (2003). Bicycle Commuting and Facilities in Major U.S. Cities: If You Build Them, Commuters Will Use Them. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1828(03), 116–123. <https://doi.org/10.3141/1828-14>
4. Félix, R., Cambra, P., & Moura, F. (2020). Build it and give ‘em bikes, and they will come: The effects of cycling infrastructure and bike-sharing system in Lisbon. *Case Studies on Transport Policy*, 8(2), 672–682. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.03.002>
5. Câmara Municipal de Lisboa. (2020). *MOVE LISBOA: Visão Estratégica para a Mobilidade 2030* (No. 475498/20) (p. 73). Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa. Retrieved from https://www.lisboa.pt/fileadmin/cidade_temas/mobilidade/documentos/BrochuraMOVE_2030.pdf
6. Moura, F., Félix, R., & Reis, A. F. (2020). *CML-Ativos: 2º Relatório: Análise dos dados das contagens de bicicletas, Dezembro 2020* (No. EP nº 44/2020). Câmara Municipal de Lisboa. Retrieved from https://www.lisboa.pt/fileadmin/cidade_temas/mobilidade/estudos/Relatorio_analise_dados_contagens_bicicletas_dezembro_2020.pdf
7. Tavares, J. P., & Pereira, J. (2015). *Modelos de Simulação e de Previsão de Tráfego* (p. 37). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Retrieved from <https://docplayer.com.br/60506751-Modelos-de-simulacao-e-de-previsao-de-trafego.html>
8. Vilarinho, C. A. T. (2008). *Calibração de modelos microscópicos de simulação de tráfego em redes urbanas*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60070/1/000129417.pdf>
9. Highways Agency. (1996). Section 2 Part 1 Traffic appraisal of roads schemes. Traffic appraisal advice. Traffic appraisal in urban areas. In *Design Manual for Roads and Bridges* (Vol. 12). London: The Stationery Office Ltd.
10. Roads and Maritime Services, NSW. (2013). *Traffic modelling guidelines* (Technical Report No. RMS 13.184) (p. 238). NSW Transport - Roads & Maritime Services. Retrieved from <https://roads-waterways.transport.nsw.gov.au/business-industry/partners-suppliers/documents/technical-manuals/modellingguidelines.pdf>
11. Dowling, R., Skabardonis, A., & Alexiadis, V. (2004). *Traffic analysis toolbox, volume III: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software* (No. FHWA-HRT-04-040) (p. 146). Washington, DC: United States. Federal Highway Administration. Office of Operations.
12. Tavares, T. (2021, November). *O uso da microssimulação no apoio ao desenho de redes cicláveis. O caso da Av. de Roma, Lisboa* (MSc Thesis in Civil Engineering). Instituto Superior Técnico - University of Lisbon, Lisbon. Retrieved from <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mec/dissertacao/846778572213584>
13. National Association of City Transportation Officials. (2014). *Urban bikeway design guide*. Island Press/Center for Resource Economic. Retrieved from <https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/>