



2018

RELATÓRIO 1

CARACTERIZAÇÃO DA MOBILIDADE EM TRANSPORTE INDIVIDUAL

Álvaro Seco

Ana Bastos Silva

Luís Vasconcelos

Raul Almeida

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Âmbito e objeto do relatório.....	3
1.2	Elementos de base	3
2	CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÓMICA DO CONCELHO.....	4
2.1	População.....	4
2.2	Atividades económicas.....	7
3	MOBILIDADE EM TRANSPORTE INDIVIDUAL	10
3.1	Rede viária existente	10
3.2	Caracterização da procura – a matriz origem / destino do concelho	11
3.2.1	Metodologia	11
3.2.2	Contagens de tráfego	12
3.2.3	Inquéritos origem-destino.....	15
3.2.4	Zonamento e agregações	16
3.2.5	Matrizes origem-destino resultantes	19
3.3	Considerações finais	27
4	DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE MICROSSIMULAÇÃO	28
4.1	Introdução	28
4.2	Modelação da rede viária.....	28
4.3	Caracterização da procura	30
4.3.1	Transporte individual	30
4.3.2	Transportes coletivos	31
4.4	Calibração e validação.....	33
4.4.1	Velocidades em condições livres	33
4.4.2	Escolha de trajetos.....	34
4.4.3	Parâmetros comportamentais dos condutores	34
4.4.4	Ajustamento da matriz OD	35
4.4.5	Validação.....	37
4.5	Indicadores de desempenho	38
4.6	Considerações finais	38
5	SÍNTESE FINAL	41

ANEXOS E DESENHOS

- Anexo 1 – Contagens de tráfego
- Anexo 2 – Modelo dos inquéritos origem – destino
- Anexo 3 – Matrizes OD individuais
- Anexo 4 – Acessos preferenciais de/para o centro da cidade
- Desenho 1 – Volumes de tráfego na hora de ponta da manhã
- Desenho 2 – Identificação dos eixos e centróides (modelo Aimsun VR)
- Desenho 3 – Fluxos de tráfego simulados (situação atual, período 7h30 – 10h30)
- Desenho 4 – Atrasos nos arcos (situação atual, período 7h30 – 10h30)
- Desenho 5 – Densidade simuladas (situação atual, período 7h30 – 10h30)

1 INTRODUÇÃO

1.1 Âmbito e objeto do relatório

O presente estudo foi desenvolvido no âmbito de um protocolo celebrado entre a Universidade de Coimbra, através da Associação para o Desenvolvimento da Engenharia Civil, e o Município de Vila Real. O objetivo central consiste na elaboração de um estudo que permita dotar a cidade de Vila Real de um documento de carácter técnico, que estabeleça e defina uma Política de Princípios e de Organização e Gestão de Tráfego, contribuindo para uma melhor tomada de decisão nestas matérias. Especificamente, este relatório incide sobre dois temas instrumentais para a definição dessas estratégias:

- a) Caracterização da mobilidade rodoviária da cidade – nesta fase pretende-se quantificar e caracterizar os principais fluxos motorizados da cidade, com ênfase nos movimentos de atravessamento e de entrada e saída da cidade no período de ponta da manhã;
- b) Criação de um modelo de microsimulação de tráfego – pretende-se incorporar neste estudo o desenvolvimento de um modelo de microsimulação, particularmente construído, calibrado e validado para representar o nível de desempenho da rede viária existente, que se constitua num instrumento essencial à avaliação do desempenho previsível de novas expansões da rede viária ou quando for necessário introduzir alterações à topologia da rede, aos sentidos de trânsito, alterações aos modos de regulação de intersecções, etc.

1.2 Elementos de base

A informação base, imprescindível ao desenvolvimento do estudo, foi cedida pela Câmara Municipal de Vila Real. Os principais elementos disponibilizados são o levantamento cartográfico do concelho de Vila Real, em formato digital e a base geográfica de referência espacial, associada aos dados dos Censos de 2011.

Outros dados foram também recolhidos e tratados. Justificam realce os seguintes:

- Contagens de tráfego em diversas secções e intersecções da cidade;
- Inquéritos origem-destino aos condutores;
- Planos das intersecções semaforizadas;
- Velocidades em condições livres em diferentes tipos de vias da cidade;
- Linhas e horários dos transportes coletivos de Vila Real.

2 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÓMICA DO CONCELHO

2.1 População

O concelho de Vila Real insere-se na região Norte (NUTS II) e na sub-região Douro (NUTS III). Tem uma área total¹ de 378,8 km² e uma altitude máxima² de 1350 metros. Encontra-se dividido em 20 freguesias desde a reorganização administrativa de 2013 (anteriormente era constituído por 30 freguesias). A população residente no concelho aumentou entre 2001 e 2011 em 3,79% (com um crescimento médio anual de 0,38%). Neste período verificou-se um aumento da população residente no concelho acima do ritmo nacional, nomeadamente quando comparada com a sub-região do Douro que apresenta, no mesmo período, um decréscimo populacional de aproximadamente 0,72% ao ano, contrariamente ao crescimento médio anual de 0,20% verificado ao nível do país. No entanto, de acordo com as estimativas provisórias do INE de dezembro de 2017, entre 2011 e 2016 verifica-se um decréscimo da população de aproximadamente 0,69% ao ano – ver Figura 1 e Quadro 1.

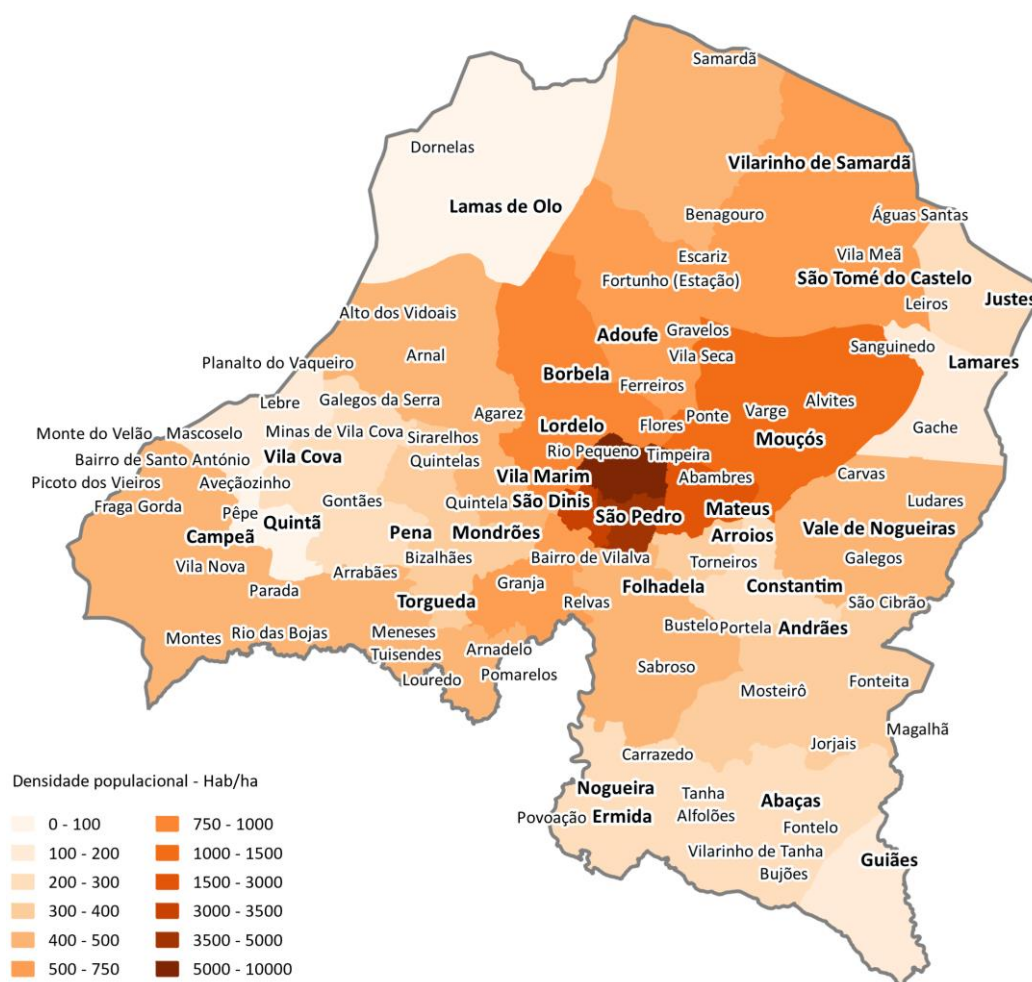


Figura 1 – Densidade populacional do concelho de Vila Real

¹ Instituto Geográfico Português (2013). Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), versão 2013. Direção-Geral do Território.

² INE (2017). Anuário Estatístico da Região Norte 2016. Instituto Nacional de Estatística.

Quadro 1 – Variação da população residente entre 2001 e 2016 ao nível regional

Zona	2001	2011	2016 (estimativa)	Var. anual 2001-2011	Var. anual 2011-2016
Portugal	10356117	10562178	10309573	0.20%	-0.48%
Norte	3687293	3689682	3584575	0.01%	-0.57%
Douro	221853	205902	193202	-0.72%	-1.23%
Vila Real	49957	51850	50072	0.38%	-0.69%

Ao nível do concelho, verifica-se que as freguesias rurais periféricas (Lamas de Olo, Vila Cova, Campeã, Torgueda, Nogueira, Ermida, Abaças, Guiães, Vale de Nogueiras, Lamas e Justes), têm vindo a perder população a favor das freguesias mais próximas do centro urbano da cidade, nomeadamente a antiga freguesia urbana de Nossa Senhora da Conceição e as freguesias de Mateus, Arroios e Folhadela, com exceção da antiga freguesia de Quintã (atualmente União das Freguesias de Pena, Quintã e Vila Cova). Verifica-se também um maior crescimento populacional nas freguesias em torno do núcleo central urbano, dentro do qual o espaço já se encontra relativamente consolidado – ver Figura 2 e Quadro 2.

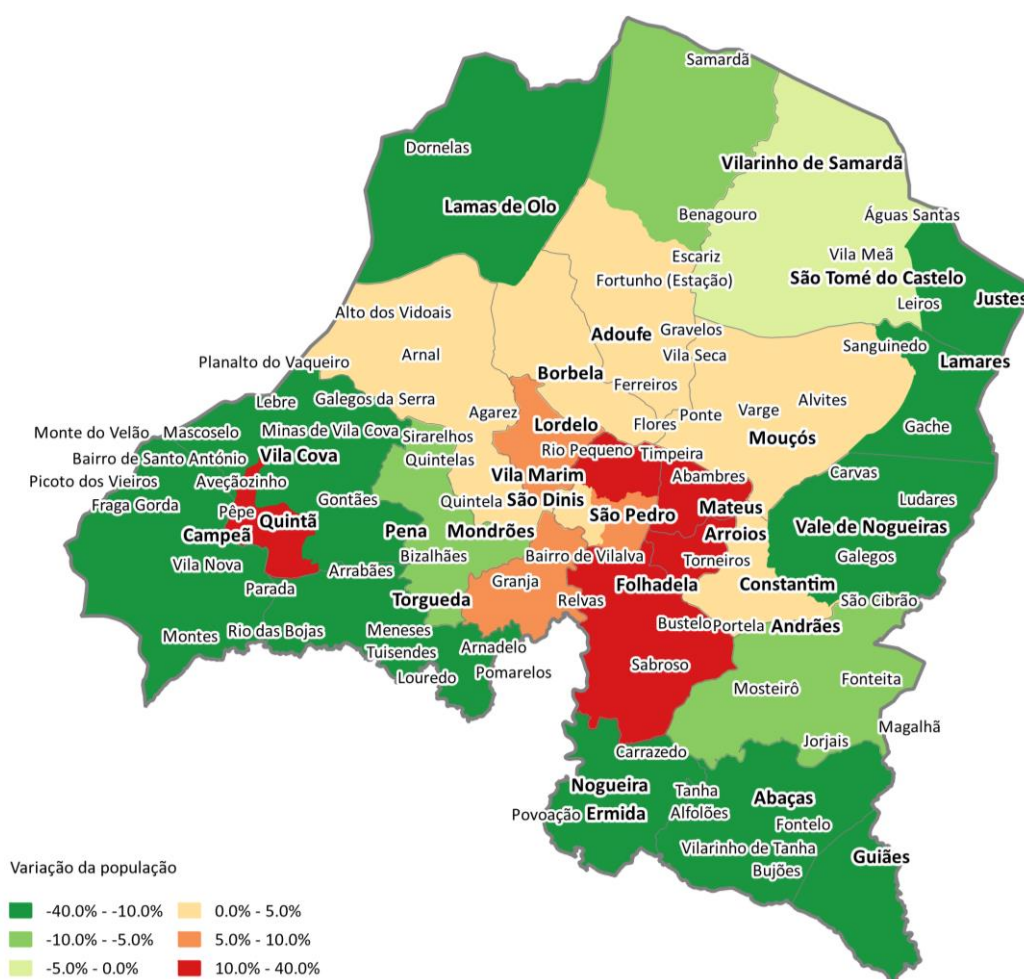


Figura 2 – Variação da população residente entre 2001 e 2011

Quadro 2 – Variação da população nas freguesias de Vila Real entre 2001 e 2011

Freguesia	2001	2011	Var.	Freguesia	2001	2011	Var.
Abaças	1074	965	-10.15%	Adoufe	2067	2155	4.26%
Andrães	1511	1389	-8.07%	Vilarinho de Samardã	807	740	-8.30%
Arroios	955	1117	16.96%	Borbela	2557	2652	3.72%
Campeã	1627	1375	-15.49%	Lamas de Olo	177	109	-38.42%
Folhadela	1897	2261	19.19%	Constantim	971	1020	5.05%
Guiães	585	478	-18.29%	Vale de Nogueiras	1011	836	-17.31%
Lordelo	2886	3169	9.81%	Mouços	2906	3051	4.99%
Mateus	2545	3400	33.60%	Lamares	419	351	-16.23%
Mondrões	1159	1065	-8.11%	Nogueira	708	545	-23.02%
Parada de Cunhos	1789	1939	8.38%	Ermida	546	419	-23.26%
Torgueda	1583	1382	-12.70%	Pena	540	483	-10.56%
Vila Marim	1690	1742	3.08%	Quintã	148	174	17.57%
Vila Real (N. Sra. da Conceição)	7846	8885	13.24%	Vila Cova	239	162	-32.22%
Vila Real (São Dinis)	3870	3937	1.73%	São Tomé do Castelo	990	950	-4.04%
Vila Real (São Pedro)	4422	4766	7.78%	Justes	432	333	-22.92%

A densidade populacional do município (136,9 hab./km²) é superior à do país (114,5 hab./km²) e é uma das maiores da sub-região Douro (NUTS II). Dentro do concelho, observa-se uma grande heterogeneidade entre freguesias, variando a densidade populacional entre 3,72 hab./km² (Lamas de Olo) e 2668,5 hab./km² (São Dinis) – ver Quadro 3.

Quadro 3 – Densidades populacionais em 2011

Zona	Hab./km ²	Freguesia	Hab./km ²
Portugal	114.5	Abaças	51.14
NUTS II – Norte	173.3	Adoufe	134.27
Minho-Lima	110.3	Andrães	67.84
Cávado	329.2	Arroios	386.31
Ave	410.7	Borbela	222.08
Grande Porto	1580.3	Campeã	57.18
Tâmega	210.2	Constantim	157.92
Entre Douro e Vouga	319.1	Ermida	60.62
Alto Trás-os-Montes	25	Folhadela	140.81
Douro	50.1	Guiães	55.77
Alijó	40.1	Justes	38.56
Armamar	53.7	Lamares	40.36
Carrazeda de Ansiães	22.8	Lamas de Olo	3.72
Freixo de Espada à Cinta	15.5	Lordelo	613.78
Lamego	161.4	Mateus	821.46
Mesão Frio	166.3	Mondrões	96.49
Moimenta da Beira	46.4	Mouços	129.62
Penedono	22.1	Nogueira	108.01
Peso da Régua	180.6	Vila Real (N. Sra. da Conceição)	2611.15
Sabrosa	40.5	Parada de Cunhos	275.4
Santa Marta de Penaguião	106.2	Pena	34.77

São João da Pesqueira	29.6	Quinta	41.65
Sernancelhe	24.8	Vila Real (São Dinis)	2668.5
Tabuaço	47.4	Vila Real (São Pedro)	2153.97
Tarouca	80.4	São Tomé do Castelo	28.86
Torre de Moncorvo	16.1	Torgueda	95.75
Vila Flor	25.2	Vale de Nogueiras	42.77
Vila Nova de Foz Côa	18.4	Vila Cova	23.44
Vila Real	136.9	Vila Marim	75.04
		Vilarinho de Samardã	34.09

2.2 Atividades económicas

Na Figura 3 representa-se, para cada uma das antigas freguesias do concelho, a percentagem de trabalhadores, residentes nessa freguesia, que exercem a sua atividade no concelho de Vila Real. Esta proporção, que tem um valor médio de 84%, é praticamente independente da distância do local de residência à sede do município, não se verificando, portanto, fenómenos locais de perda de trabalhadores para municípios vizinhos devido a más acessibilidades.

No que concerne aos setores de atividade económica³ no concelho, verifica-se que estas respeitam essencialmente no setor terciário (79,1%). O setor secundário ocupa 16,8% dos trabalhadores, tendo o setor primário um papel residual de apenas 4,1%, com representatividade apenas nas freguesias mais periféricas do concelho – ver Quadro 4 e Figura 4.

³ O setor primário engloba as atividades relacionadas com a agricultura, silvicultura, caça e pesca e indústrias extrativas; o setor secundário engloba as atividades relacionadas com as indústrias transformadoras; o setor terciário engloba as atividades relacionadas com comércio e serviços.



Figura 3 – População empregada no município e fora do município por freguesia

Quadro 4 – População empregada no município segundo grupo profissional⁴

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 0
1464	5027	1998	1812	4551	542	2414	788	2691	182
7%	23%	9%	8%	21%	3%	11%	4%	13%	1%

⁴ Classificação Portuguesa das Profissões de 2010 (CCP/2010). Grupos: G1 – Representantes do poder legislativo e de órgãos executivos, dirigentes, diretores e gestores executivos; G2 – Especialistas das atividades intelectuais e científicas; G3 – Técnicos e profissões de nível intermédio; G4 – Pessoal administrativo; G5 – Trabalhadores dos serviços pessoais, de proteção e segurança e vendedores; G6 – Agricultores e trabalhadores qualificados da agricultura, da pesca e da floresta; G7 – Trabalhadores qualificados da indústria, construção e artífices; G8 – Operadores de instalações e máquinas e trabalhadores da montagem; G9 – Trabalhadores não qualificados; G0 – Profissões das forças armadas.



3 MOBILIDADE EM TRANSPORTE INDIVIDUAL

3.1 Rede viária existente

A Figura 5 representa a rede viária estruturante do concelho de Vila Real. Esta rede encontra-se fortemente estruturada pelo IP3, materializado pela autoestrada A24, que suporta as deslocações norte – sul, e pelo IP4, através da autoestrada A4, que assegura as ligações este – oeste. O antigo IP4, entre Amarante e Vila Real, constitui uma alternativa sem portagens a esta nova ligação. Em termos de acessibilidades regionais, estes eixos suportam também as ligações à maioria dos concelhos vizinhos. As restantes deslocações são asseguradas por estradas nacionais ou municipais: a N2 é uma alternativa à A24 para os concelhos a sul (Santa Marta de Penaguião e Peso da Régua) e a norte (Vila Pouca de Aguiar), enquanto a N322 serve o concelho de Sabrosa. É ainda de referir a N15, que formalizava a ligação Porto – Vila Real – Bragança, mas que perdeu importância nacional e mesmo regional com a construção do IP4 e posteriormente da A4.



Figura 5 – Rede viária do concelho de Vila Real

3.2 Caracterização da procura – a matriz origem / destino do concelho

3.2.1 Metodologia

A matriz origem-destino (OD) das deslocações de uma cidade é um dos mais importantes instrumentos de apoio à decisão no que respeita à definição de estratégias de gestão da rede viária estruturante. É também um dos principais elementos de base para a construção do modelo de microssimulação de tráfego de Vila Real. Em conformidade com o âmbito do presente estudo, programou-se um plano de contagens de tráfego e de inquéritos origem-destino tendo em vista a construção de uma matriz parcial, que permitisse caracterizar as viagens no concelho com origem e/ou destino no centro da cidade, e ainda as viagens entre zonas periféricas que atravessam ou contornam o centro. De fora ficaram as viagens entre zonas periféricas cujo trajeto não atravessa a área de estudo e que, por esse motivo, são pouco relevantes na definição de medidas de organização da rede viária interior.

O primeiro passo na obtenção da matriz foi então a definição de um “cordão” a delimitar a zona de estudo (intersectando a maioria das vias radiais de acesso ao centro de Vila Real), e de uma “secção” no núcleo central, intersectando as viagens no interior da cidade entre as duas margens do rio Corgo (ver a Figura 6). Nos pontos de intersecção do cordão e das secções com as vias estruturantes foram efetuados inquéritos OD por amostragem. Em simultâneo, foram realizadas contagens de tráfego sobre a totalidade dos veículos, que permitiram extrapolar a amostra para o período de observação.

As contagens e os inquéritos decorreram em maio de 2017. As observações incidiram sobre os dias úteis, período de ponta da manhã (7h30 – 10h30), sendo os resultados de síntese relativos à hora de ponta: 8h00 – 9h00. O trabalho de recolha de dados foi efetuado por alunos da Universidade de Trás os Montes e Alto Douro (UTAD). Estes alunos receberam uma formação inicial, no dia 3 de maio, na Câmara Municipal de Vila Real, e tiveram o acompanhamento, nas sessões de recolha de dados, de membros da equipa técnica e/ou da Câmara Municipal de Vila Real. A população de Vila Real foi sensibilizada para as sessões de recolha de dados através da comunicação social e das redes sociais e não se registaram quaisquer incidentes relevantes em todo o período de observações.

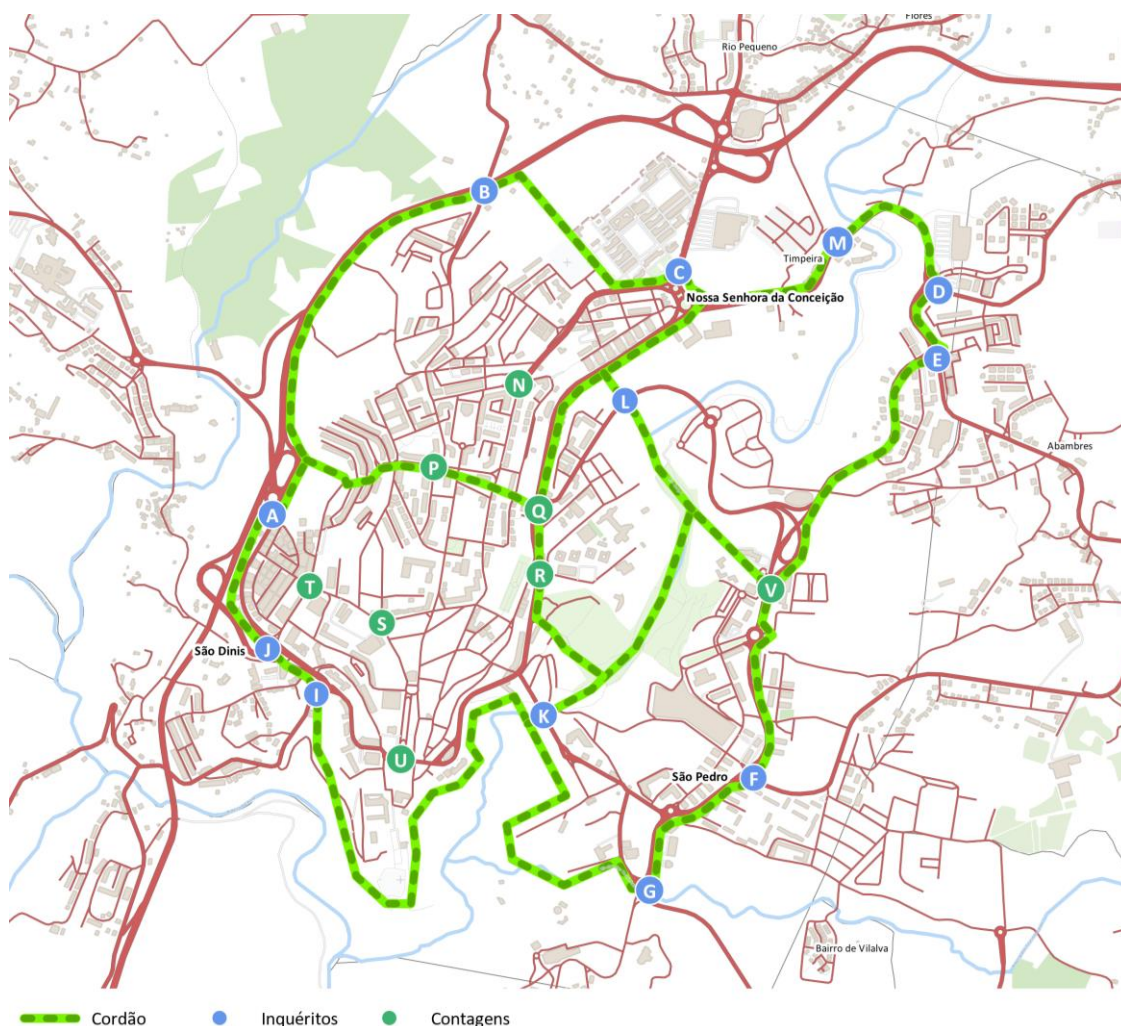


Figura 6 – Localização dos postos de inquérito OD, cordão exterior e secções interiores

3.2.2 Contagens de tráfego

As contagens foram feitas por observação direta e registo manual, num total de 23 postos. Foram seleccionadas todas as secções onde se realizaram os inquéritos OD, mas também foram feitas contagens em diversas intersecções e eixos particularmente solicitados, com o objetivo de apoiar a calibração e a validação do modelo de microssimulação de tráfego e a formulação de eventuais medidas corretivas. As contagens foram efetuadas entre as 7h30 e as 10h30, e agrupadas por períodos de 15 minutos e por tipo de veículo (motociclo, automóvel, comercial ligeiro, comercial pesado e autocarros).

3.2.2.1 Técnicas de contagem

O método de contagem difere entre entroncamentos / cruzamentos e rotundas. No primeiro caso, as contagens seguiram o método clássico em que cada observador regista e classifica os veículos associados a um ou mais movimentos direcionais. No caso das rotundas, experiências anteriores demonstraram que, na maioria das situações, resultam erros inadmissíveis quando

um mesmo observador fica responsável pelo registo de vários movimentos direcionais. Assim, seguiu-se uma técnica alternativa em que se registou o fluxo de entrada em cada um dos ramos de entrada da rotunda (um observador por cada ramo), bem como as distribuições direcionais, por amostragem, dos veículos que entram para a rotunda a partir de cada um dos ramos de entrada (um observador por rotunda, alternando entre ramos de entrada ao longo do período de observação). A aplicação das distribuições direcionais aos fluxos de entrada permite assim conhecer a totalidade dos fluxos direcionais da rotunda (16, no caso de uma rotunda de 4 ramos), bem como os fluxos de saída em cada ramo.

3.2.2.2 Variação horária dos volumes de tráfego

A Figura 7 mostra a variação dos volumes de tráfego, para o conjunto dos postos, ao longo do período de observação. O tráfego tem um crescimento acentuado entre as 7h30 e as 8h00 e mantém-se aproximadamente constante até às 9h15. A hora de ponta da manhã ocorre no período 8h00 - 9h00, tanto a nível global como na grande maioria dos postos onde se realizaram contagens, e representa 39,9% do volume de tráfego do período 7h30 – 10h30.

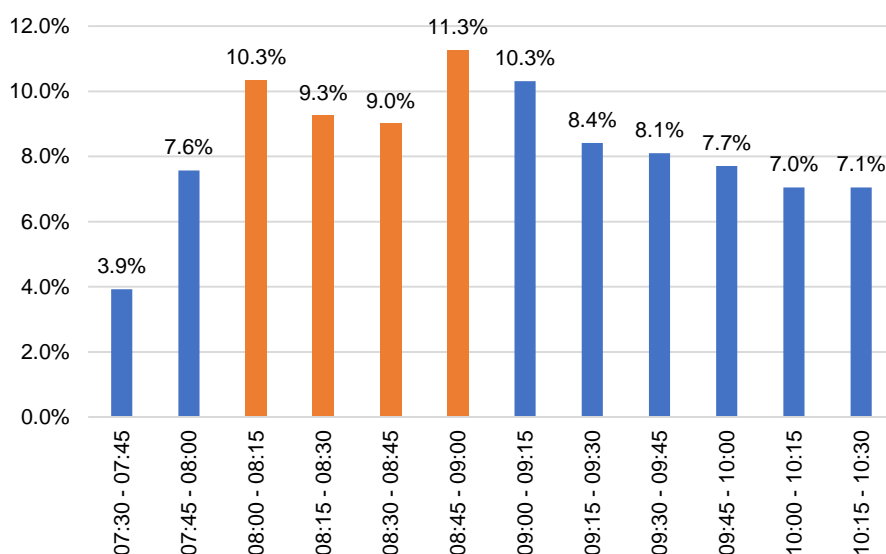


Figura 7 – Variação dos volumes de tráfego no período 7h30 – 10h30 (conjunto dos postos)

3.2.2.3 Composição do tráfego

No Quadro 5 indica-se composição do tráfego para o conjunto dos postos, tendo por base a classificação simplificada da Estradas de Portugal (atualmente Infraestruturas de Portugal). Verifica-se que a quase totalidade dos veículos (98,1%) se enquadram na categoria “Ligeiros” (MC + A + CL). Os “Pesados” (CP + AT) assumem uma proporção residual (1,9%), o que não é surpreendente já que as principais atividades industriais estão localizadas no exterior da cidade.

Quadro 5 – Composição do tráfego (conjunto dos postos)

Motociclos (MC)	Automóveis (A)	Comerciais ligeiros (CL)	Comerciais pesados (CP)	Autocarros (AT)
1.0%	92.8%	4.3%	0.5%	1.4%

3.2.2.4 Volumes na hora de ponta

O resultado das contagens apresenta-se em fichas individuais – ver Anexo I. Para cada posto indicam-se os volumes registados nos períodos 7h30 – 10h30 e 8h00 – 9h00, por classe de veículo e movimento direcional.

Os volumes de tráfego em secção correspondentes à hora de ponta estão representados em anexo, no Desenho 1. Importa referir que, em algumas secções, o volume de tráfego de saída da intersecção de montante difere significativamente do volume de entrada para a intersecção de jusante. Essa falta de continuidade justifica-se pelo facto de as contagens terem sido realizadas em dias distintos e, em alguns casos, por existirem pontos de entrada / saída de tráfego entre as duas intersecções de referência.

Como se pode verificar no Quadro 6, na hora de ponta da manhã entram para a cidade 5057 veículos. Estas entradas fazem-se principalmente através da EN2 norte (posto C, Av. do Regimento de Infantaria 13, 944 veíc./h), da R. Vasco Sameiro (posto F, 900 veíc./h) e da Av. da Noruega (posto A, 675 veíc/h). As entradas menos movimentadas correspondem aos ramos de saída do IP4 a partir de oeste (posto A, 135 veíc./h) e de este (posto J, 233 veíc./h), bem como a R. de Montezelos (132 veíc./h) e a UTAD.

Quadro 6 – Volumes de tráfego no período 8h00 – 9h00 nos postos de entrada/saída da cidade (cordão exterior)

Posto	Direção	Entrada	Saída
A	IP4	135	327
A	Av. Noruega / Lordelo	675	382
B	R. Montezelos / Borbela	132	58
C	EN2-IP4 / Vila Seca	944	1025
D	N15 / Mouços	433	162
E	R. Gaspar Sameiro / Mateus	503	436
F	R. Vasco Sameiro / Mateus	900	429
G	UTAD	48	453
G	N313-A4 / Vila Nova	578	334
I	EN2 / Parada de Cunhos	476	247
J	IP4	233	164
TOTAL		5057	4017

Relativamente aos postos que definem o cordão interior, contabilizou-se um total de 2295 veículos que atravessam as pontes no sentido de entrada para o centro da cidade (nascente – poente). O trânsito na ponte metálica é significativamente mais baixo que na ponte de Codessais

e de Timpeira, o que se explica pelo facto de a circulação se fazer alternadamente em cada sentido.

Quadro 7 – Volumes de tráfego no período 8h00 – 9h00 nos atravessamentos das pontes (cordão interior)

Posto	Direção	Entrada	Saída
		Nascente → Poente	Poente → Nascente
K	Ponte da Estação	418	463
L	Ponte de Codessais	902	576
M	Ponte de Timpeira	975	826
TOTAL		2295	1865

3.2.3 Inquéritos origem-destino

Os inquéritos foram realizados, com o apoio da Polícia de Segurança Pública (Figura 8), a condutores de veículos ligeiros (automóveis e comerciais ligeiros, com peso bruto inferior a 3500 kg). Seguindo o modelo apresentado no Anexo 2, os condutores foram questionados sobre a origem e o destino da viagem (último lugar onde pararam / próxima paragem) e posteriormente foi registada a taxa de ocupação dos veículos, tendo-se obtido um valor médio de 1,42 ocupantes/veículo, típico de deslocações urbanas, e o sexo do condutor (M: 59%, F: 41%). Após um processo de filtragem de respostas inválidas, obteve-se uma amostra útil de 3188 inquéritos, o que corresponde a uma taxa de amostragem de aproximadamente 23%, relativamente aos volumes de tráfego no período 8h00 – 9h00.



Figura 8 – Inquéritos origem-destino

3.2.4 Zonamento e agregações

As respostas dadas pelos condutores foram codificadas para folha de cálculo com a máxima precisão possível, viabilizando-se assim uma eventual recodificação futura das respostas. Contudo, a construção da matriz origem-destino pressupõe que as origens / destinos dessas viagens sejam agrupadas espacialmente, criando-se um ou mais zonamentos. Assim, definiu-se um zonamento base constituído por “zonas” no interior do cordão e nos principais espaços envolventes, por freguesias no interior do concelho, por concelhos no distrito de Vila Real e por distritos para as viagens com origem/destino no resto do país (ver o Quadro 8 e as Figuras 9-11). Considerou-se ainda um segundo nível de agregação, em função da direção relativamente ao centro: no caso do centro e da envolvente, as viagens são agrupadas atendendo à posição relativamente ao rio Corgo (margem esquerda ou direita); as restantes viagens são agrupadas em sectores de acordo com os pontos cardeais.



Figura 9 – Zonamento frequências CAOP2013

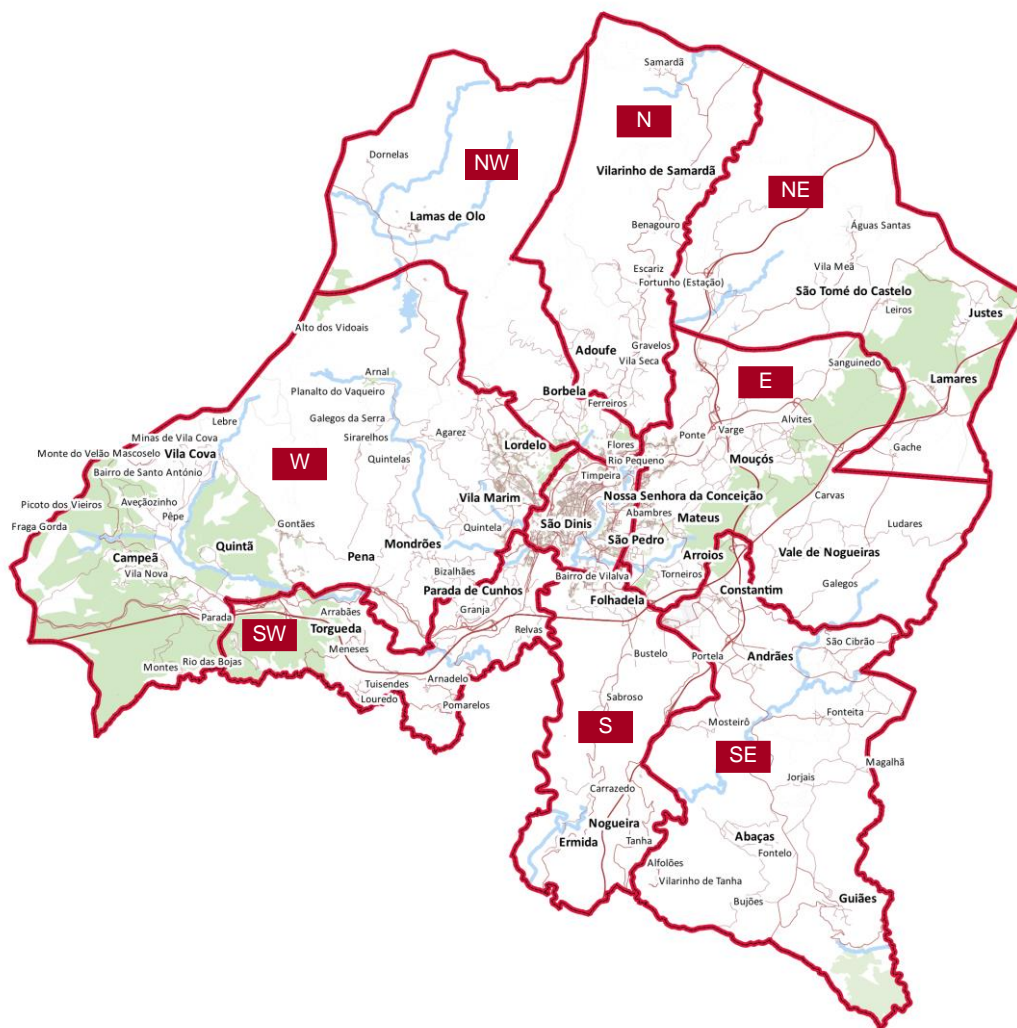


Figura 10 – Agregação de zonas em função do eixo de entrada na cidade

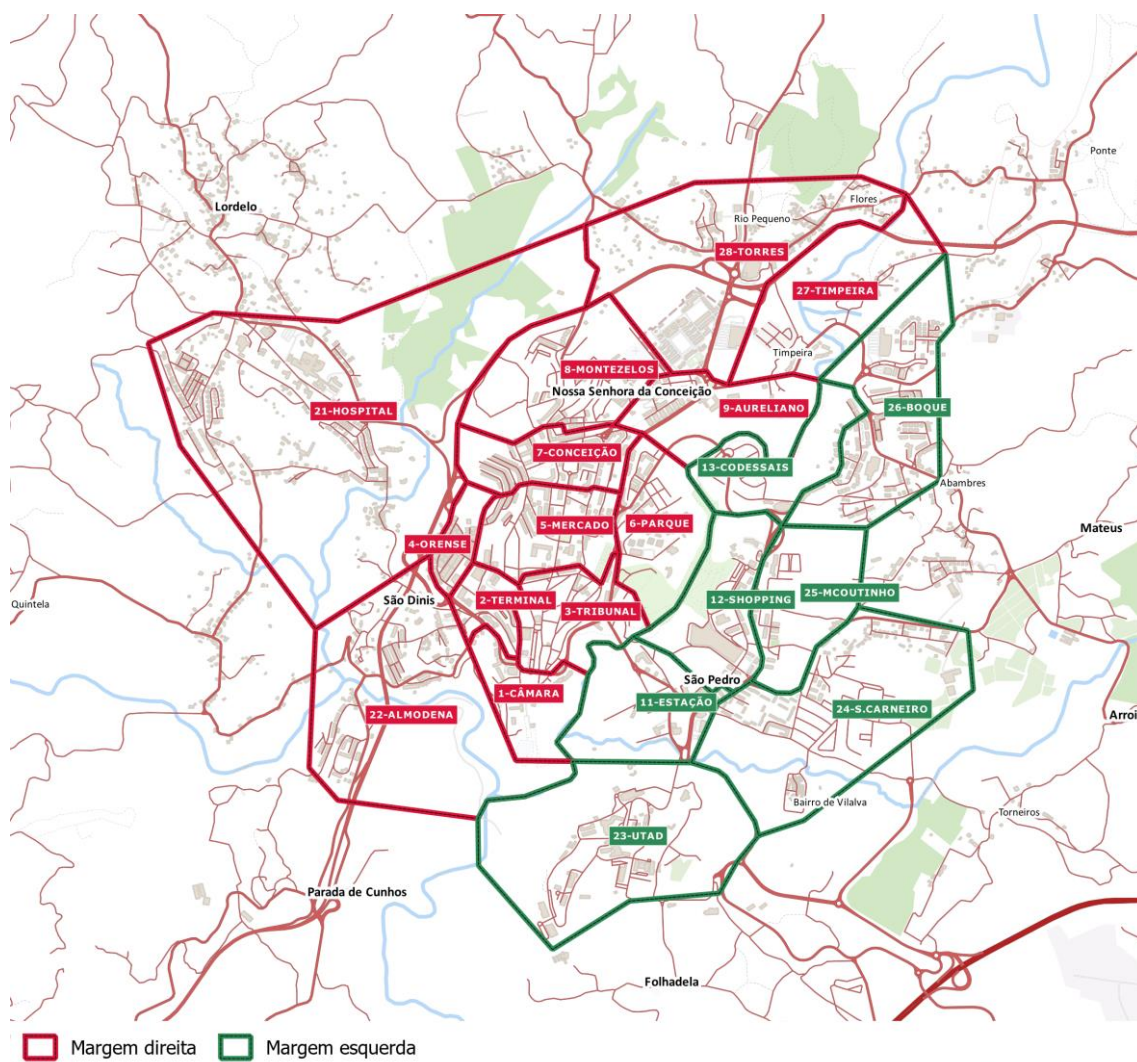


Figura 11 – Zonamento base: centro e envolvente

Quadro 8 – Zonamento e agregações

CENTRO		ENVOLVENTE	
Margem direita	Margem esquerda	Margem direita	Margem esquerda
1-CÂMARA	11-ESTAÇÃO	21-HOSPITAL	23-UTAD
2-TERMINAL	12-SHOPPING	22-ALMODENA	24-S.CARNEIRO
3-TRIBUNAL	13-CODESSAIS	27-TIMPEIRA	25-MCOUTINHO
4-ORENSE		28-TORRES	26-BOQUE
5-MERCADO			
6-PARQUE			
7-CONCEIÇÃO			
8-MONTEZELOS			
9-AURELIANO			

FREGUESIAS DO CONCELHO DE VR	
Sector	Freguesia
N	Adoufe
	Vilarinho de Samardã
NW	Borbela
W	Lordelo
	Campeã
	Vila Marim
	Mondrões
	Pena
	Vila Cova
SW	Quintã
	Parada de Cunhos
S	Torgueda
	Folhadela
SE	Nogueira
	Ermida
	Andrães
E	Abaças
	Constantim
	Arroios
	Vale de Nogueiras
NE	Mateus
	Mouços
	São Tomé do Castelo
	Lamares
	Guiães
	Justes
	Lamas de Olo

CONCELHOS DO DISTRITO DE VR	
Sector	Concelho
N	Vila Pouca de Aguiar
	Chaves
	Ribeira de Pena
NW	Montalegre
	Mondim de Basto
S	Peso da Régua
	Santa Marta de Penaguião
	Mesão Frio
SE	Sabrosa
E	Alijó
	Murça
	Valpaços

RESTO DO PAÍS	
Sector	Distrito
W	Aveiro
	Braga
	Porto
	Viana do Castelo
S	Coimbra
	Guarda
	Leiria
	Lisboa
	Santarém
E	Viseu
	Bragança

3.2.5 Matrizes origem-destino resultantes

3.2.5.1 Matrizes individuais

Numa primeira fase, foram produzidas fichas individuais para cada um dos postos, nas quais se resumem as respostas aos inquéritos com o nível máximo de detalhe. Trata-se, portanto, da caracterização dos utilizadores de uma via, em estado quase bruto. Estas fichas constituem o Anexo 3. A título de exemplo, apresenta-se de seguida uma dessas fichas (Quadro 9), referente ao Posto A (ramo de saída do IP4, sentido O-E, na rotunda da Av. da Noruega), a que está associado um fator de extrapolação de 2.5 para o período 8h00 – 9h00. Verifica-se, como seria de esperar, que estas viagens têm origem nos distritos a oeste de Vila Real (Porto, principalmente), bem como nos concelhos a sul (Santa Marta de Penaguião, Peso da Régua). No concelho, as principais origens são Campeã e Arrabães. Em termos de destinos (Quadro 10), a grande maioria dos condutores desloca-se para o centro da cidade (margem direita), e especificamente para a zona do Tribunal / Mercado Municipal e da N. Sra. da Conceição. O

número de viagens para destinos na margem direita (23-UTAD, 24-S. CARNEIRO, 11-ESTAÇÃO, 12-SHOPPING, Constantim, Mateus, Sabrosa) é pouco significativo. De seguida obtiveram-se as matrizes OD individuais de cada um dos postos, onde as origens e destinos se encontram agregadas de acordo com a estrutura referida no ponto anterior (Quadro 11).

Quadro 9 – Exemplo de matriz OD individual: Posto A (IP4 → Centro), origens

Tipo ORI N2	Origem PROX	Origem DIR	Origem N2	Origem	Soma
Freguesia	Ext	N	Adoufe	Paredes	3
		W	Campeã	Campeã	33
			Parada		3
			Pena	Sirarelhos	3
			Quintã	Quintã	3
			Vila Cova	Vila Cova	5
		SW	Torgueda	Arrabães	13
				Meneses	3
				Torgueda	8
			Par. Cunhos	Parada de Cunhos	5
E	Vale Nogueiras	Santa Marta	5		
Concelho	Ext	S	Sta M Penaguião	Carvalhais	3
				Cumeeira	5
				Fornelos	3
				Peso Régua	Peso da Régua	5
Distrito	Ext	W	Aveiro	Espinho	3
			Braga	Braga	3
			Porto	Amarante	13
				Lousada	5
				Porto	18
Total					135

Quadro 10 - Exemplo de matriz OD individual: Posto A (IP4 → Centro), destinos

Tipo	DES	N2	Destino PROX	Destino DIR	Destino N2	Destino	Soma				
Zona	Env	Dta	Esq	22-ALMODENA	Almodena		3				
				23-UTAD	UTAD		5				
				24-S.CARNEIRO	Araucária		3				
		Int	Dta		1-CÂMARA	Escola Secundária Morgado de Mateus		3			
						Câmara Municipal		3			
						Escola Secundária Camilo Castelo Branco		3			
						Governo Civil		3			
						Hotel Miracorgo		3			
						2-TERMINAL	Conservatória do Registo Civil		3		
						R. Marechal Teixeira Rebelo		3			
						Rodonorte		8			
						Shop7		3			
			3-TRIBUNAL				Av. 1º de Maio		3		
							Av. Carvalho Araújo		8		
							Caixa Geral de Depósitos		3		
	Centro Comercial Novabila						3				
	Edifício do Antigo Banco de Portugal						3				
	Mercado Municipal						13				
	Parque Florestal						3				
	Seminário						3				
	4-ORENSE	Quinta do Seixo						5			
	5-MERCADO				Escola Secundária São Pedro		5				
					Lab. de Patologia Clínica do Pioledo		3				
					Tribunal		3				
	6-PARQUE				Boxes		5				
					Escola Diogo Cão		5				
					7-CONCEIÇÃO	EMAR		5			
					Hospital da Luz		3				
					Nossa Senhora da Conceição		10				
					Esq	11-ESTAÇÃO	Mantas		3		
				12-SHOPPING	Nosso Shopping		3				
				Freguesia	Ext	W		Campeã	Seixo		3
								SE	Constantim	Zona Industrial		5
E	Mateus	Abambres						3			
Concelho	Ext	S		Peso Régua	Peso da Régua		3				
		SE	Sabrosa	Parada de Pinhão		3					
Total							135				

Quadro 11- Exemplo de matriz OD individual: Posto A (IP4 → Centro), origens e destinos

Viagens		Interior									Total	Envolvente			Total	Exterior					Total	Total
		3-TRIBUNAL	7-CONCEIÇÃO	2-TERMINAL	6-PARQUE	5-MERCADO	1-CÂMARA	4-ORENSE	12-SHOPPING	11-ESTAÇÃO		24-S.CARNEIRO	23-UTAD	22-ALMODENA		Constantim	Sabrosa	Peso Régua	Campeã	Mateus		
Ext	Campeã	10	.	5	5	3	.	5	.	.	28	.	.	.	.	3	3	.	.	3	8	35
	Porto	5	5	3	5	3	5	.	3	.	28	3	3	3	8	.	.	.	.	.	.	35
	Torgueda	8	5	5	.	3	.	.	.	.	20	3	.	.	3	.	.	.	.	.	.	23
	Sta M Penaguião	3	5	3	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
	Vila Cova	5	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
	Vale Nogueiras	.	.	.	.	.	3	.	.	.	3	.	3	.	3	.	.	.	.	.	.	5
	Par. Cunhos	3	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	3	.	.	3	5
	Peso Régua	3	.	.	.	3	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
	Aveiro	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	3	3
	Pena	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	.	.	.	3	.	.	3	3
	Braga	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
	Adoufe	.	3	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Quintã	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	
Total		35	18	15	10	10	10	5	3	3	108	5	5	3	13	5	3	3	3	3	15	135

3.2.5.2 Acessos preferenciais de/para o centro

Para além das matrizes individuais referidas no ponto anterior, considerou-se relevante identificar, para cada uma das zonas externas, os pontos preferenciais de entrada para a cidade (conjunto de zonas no interior do cordão). Estes resultados constituem o Anexo 4. No Quadro 12 apresenta-se um exemplo destes resultados relativo ao município de Vila Pouca de Aguiar. Verifica-se que das 33 viagens no período de ponta com destino ao centro, a maioria (17) foi intercetada no posto C (Av. do Regimento de Infantaria 13), o que é compatível tanto com a utilização da A4 como da EN2. Foram ainda intercetadas 7 viagens no posto J (Av. da Noruega, correspondendo a condutores que utilizaram o lanço oeste do IP4) e 4 viagens no posto G (rotunda da UTAD, correspondendo a condutores que terão feito a viagem pela A24 – A4 e deixaram a autoestrada no nó da Zona Industrial. As 5 viagens do posto G no sentido centro – rotunda (com destino no centro) respeitam a inversões de marcha, por exemplo para estacionar no supermercado LIDL ou para largar passageiros. No sentido oposto, isto é, viagem com origem no centro e destino em Vila Pouca de Aguiar, o acesso preferencial é através da Av. do Regimento de Infantaria 13 (54 viagens).

Quadro 12 – Identificação dos pontos preferenciais de entrada para a cidade (exemplo para o município de Vila Pouca de Aguiar)

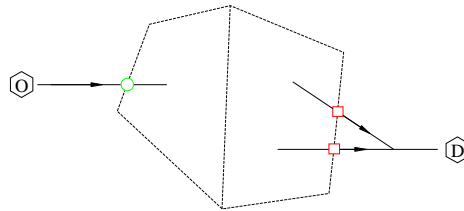
Origem N2	Posto	Sentido	Soma	Destino N2	Posto	Sentido	Soma
V. Pouca Aguiar	C	Continente - Rotunda	17	V. Pouca Aguiar	A	Centro - Rotunda	7
	G	Centro - Rotunda	5		C	Rotunda - Continente	54
	G	A4 - Rotunda	4				
	J	IP4 - Rotunda	7				

3.2.5.3 Matriz global

A matriz origem-destino para o conjunto das zonas resultou da agregação da lista de inquéritos de todos os postos. A esta lista foi aplicado um algoritmo de filtragem tendo em vista a eliminação de viagens redundantes (note-se, por exemplo, que as viagens com origem em Mateus tendo como destino o Hospital, são intercetadas tanto nos postos E e F (R. Gaspar Sameiro e R. Vasco Sameiro), a nascente, como no posto A (Av. da Noruega), a poente). Assim, para cada par OD, o valor constante da matriz resulta da aplicação das regras indicadas na figura seguinte às viagens intercetadas em cada um dos postos. A matriz resultante é apresentada na Figura 13.

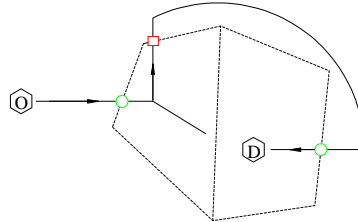
Caso 1: EXTERIOR → EXTERIOR

$$q_{OD} = \left(\sum_i q_{OD}^i + \sum_j q_{OD}^j \right) / 2$$



Caso 2: EXTERIOR → INTERIOR

$$q_{OD} = \sum_i q_{OD}^i - \sum_j q_{OD}^j$$



Caso 3: INTERIOR → INTERIOR

$$q_{OD} = \sum_i q_{OD}^i - \sum_j q_{OD}^j + \sum_k q_{OD}^k$$

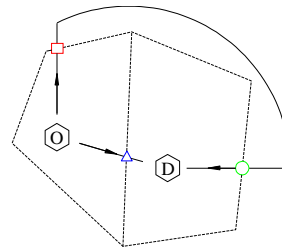


Figura 12 – Regras para contabilização das viagens relativas a um determinado par OD (*i* e *j* são, respetivamente, os índices dos postos de entrada e saída no cordão exterior e *k* é o índice do posto no cordão interior - pontes)

Figura 13 – Matriz origem-destino global para o período 8h00 – 9h00

3.2.5.4 Matriz global com agregação das zonas exteriores

Tendo em vista a aplicação da matriz origem-destino ao modelo de microssimulação de tráfego, o qual não inclui a rede viária no exterior do cordão, procurou-se obter uma variante da matriz em que as viagens com proveniência ou destino numa das zonas exteriores ao cordão são agregadas num único ponto (centróide) correspondente à interseção da via de acesso mais provável com o cordão exterior (ver a Figura 14). Este processo não é trivial já que não é possível estabelecer uma relação unívoca entre as zonas exteriores e os respetivos pontos de acesso. Por exemplo, os condutores que se encontram no norte da cidade e se dirigem a Mateus tenderão a optar pela R. Gaspar Sameiro; já os condutores que se encontram a sul tenderão a optar pela R. Vasco Sameiro. Assim, esta afetação foi feita manualmente para cada uma das respostas, tendo em atenção a localização do respetivo posto de inquérito.

De seguida, e com o objetivo de facilitar a análise dos resultados, as viagens associadas às zonas envolventes foram agregadas aos centróides mais próximos, tal como indicado no Quadro 13 (ver ainda a Figura 14).

Quadro 13 - Agregações de zonas envolventes aos centróides exteriores

Zonas originais	Zona agregada
24-S. CARNEIRO R. Vasco Sameiro	R. Vasco Sameiro
21-HOSPITAL Av. Noruega	Av. Noruega
28-TORRES N2 NORTE	N2 NORTE
26-BOQUE (N) N15	N15
26-BOQUE (S) R. Gaspar Sameiro	R. Gaspar Sameiro
22-ALMODENA N2 SUL	N2 SUL
25-MCOUTINHO 12-SHOPPING	12-SHOPPING
23-UTAD N313	N313

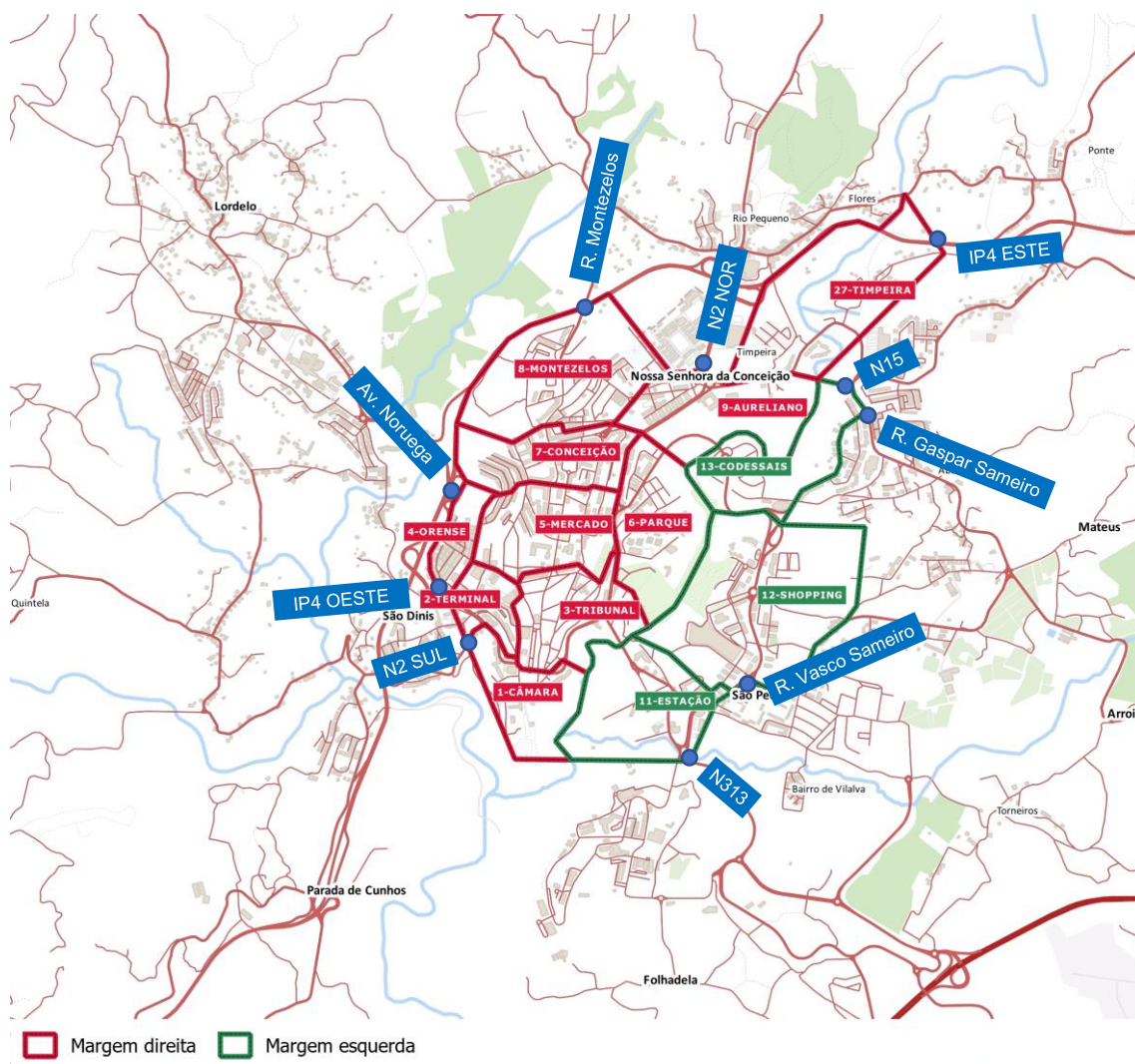


Figura 14 - Zonamento com agregação das zonas exteriores

Finalmente, foi necessário aplicar o algoritmo de ponderação de respostas descrito no ponto anterior, com o objetivo de eliminar as viagens redundantes. Deste processo resultou a matriz indicada no Quadro 14.

Quadro 14 - Matriz OD global com agregação de zonas exteriores ao cordão para o período 8h00 – 9h00

Soma de Viagens		Destino																												
Origem	Origem	Interior													Interior Total	Exterior													Exterior Total	Total
		3-TRIBUNAL	7-CONCEIÇÃO	1-CÂMARA	12-SHOPPING	5-MERCADO	6-PARQUE	2-TERMINAL	11-ESTAÇÃO	8-MONTEZELOS	27-TIMPEIRA	4-ORENSE	13-CODESSAIS	9-AURELIANO		AV. NORUEGA	N313	R. GASPAR S	IP4 ESTE	N2 NORTE	R. VASCO S	N2 SUL	IP4 OESTE	N15	R. MONTEZELOS					
Interior	7-CONCEIÇÃO	5	.	.	12	.	.	.	9	.	.	.	.	.	26	114	68	70	71	44	27	21	55	7	15	492	518
	3-TRIBUNAL	8	1	.	15	12	4	4	9	.	.	.	.	.	54	110	55	23	88	55	31	29	35	9	2	437	491
	6-PARQUE	39	44	25	17	.	4	.	5	19	4	.	4	.	162	41	18	12	40	46	19	22	21	12	.	231	393			
	12-SHOPPING	38	6	34	5	1	31	12	.	6	.	.	.	.	133	26	50	8	13	9	41	.	5	9	.	161	294
	1-CÂMARA	.	.	.	11	.	.	.	12	.	.	.	4	.	27	33	55	8	7	13	23	44	11	9	2	204	231			
	5-MERCADO	.	.	.	14	.	.	.	1	.	.	.	.	.	15	70	36	23	7	7	4	27	9	14	4	202	217
	11-ESTAÇÃO	19	15	3	.	3	10	1	5	1	.	.	1	.	58	23	41	4	.	9	16	35	2	.	.	130	188			
	8-MONTEZELOS	.	.	.	13	.	.	.	.	.	14	.	.	.	27	38	14	19	.	46	4	7	6	4	15	153	179
	27-TIMPEIRA	8	.	1	6	6	38	.	.	12	.	.	.	.	72	.	9	12	9	18	12	.	9	4	.	72	144
	9-AURELIANO	4	.	.	2	.	.	1	27	.	.	.	.	.	34	19	5	.	18	.	.	4	.	4	.	50	84
	2-TERMINAL	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	18	17	.	20	.	.	4	17	.	5	81	82
	13-CODESSAIS	.	6	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	12	10	.	.	.	.	8	4	9	.	.	31	43
	4-ORENSE	.	.	.	4	.	.	.	1	.	.	.	.	.	5	11	9	.	4	7	4	.	2	.	.	37	42
Interior Total		121	72	62	99	23	94	19	70	39	18	.	10	.	627	514	375	179	279	255	189	196	180	71	42	2281	2908			
Exterior	R. VASCO S	67	77	82	115	29	.	10	0	19	.	.	.	.	399	79	155	30	.	33	35	15	27	8	1	382	781
	N313	58	53	76	98	27	27	27	27	.	4	5	.	4	406	111	65	13	5	9	66	18	4	12	.	302	708			
	N2 NORTE	82	106	50	28	41	43	22	26	17	14	2	.	.	433	28	37	57	18	18	16	18	6	10	.	206	639			
	AV. NORUEGA	100	38	48	30	46	23	38	3	16	.	8	.	.	349	.	41	45	86	24	24	13	37	1	2	271	620			
	R. GASPAR S	66	67	24	4	36	13	11	.	.	9	.	.	.	231	96	18	53	27	59	24	21	27	21	.	346	577			
	N2 SUL	43	17	76	24	32	24	25	24	.	5	14	5	.	288	46	51	23	12	.	25	2	4	2	3	169	457			
	N15	46	35	19	52	12	29	5	23	6	6	6	.	6	243	25	21	68	4	16	18	2	4	15	.	172	415			
	IP4 ESTE	33	44	48	2	54	17	11	4	9	.	.	2	.	225	82	11	15	9	1	8	8	.	1	.	136	360			
	IP4 OESTE	44	52	10	11	10	19	15	3	.	.	5	.	.	168	41	15	32	10	9	7	1	1	2	.	118	286			
	R. MONTEZELOS	34	18	6	.	29	.	7	.	22	.	2	.	.	119	1	.	1	.	.	1	.	1	.	1	6	124			
Exterior Total		572	507	441	365	314	195	169	110	89	38	42	7	10	2859	508	414	337	171	168	223	97	112	71	7	2108	4967			
Total		693	579	503	464	337	289	188	180	129	56	42	17	10	3486	1022	789	516	450	423	412	293	292	142	48	4389	7874			

3.3 Considerações finais

Em síntese, durante a hora de ponta da manhã (8h-9h) entram para a cidade cerca de 5057 veículos, verificando-se um menor número de saídas. Os locais onde se verifica o maior fluxo de entrada na cidade correspondem à zona norte da EN2, junto ao Regimento de Infantaria 13 (com 944 veíc./h), à entrada este através da R. Vasco Sameiro (com 900 veíc./h) e à entrada oeste através da Av. da Noruega, junto ao Hospital (com 675 veíc./h). A saída mais solicitada da cidade é notoriamente a zona norte da EN2, junto ao Regimento de Infantaria 13 (com 1025 veíc./h), sendo que nas restantes saídas foram observados fluxos muito inferiores a este valor (cerca de 400 veíc./h nas saídas a este e a oeste).

No que toca ao atravessamento das pontes, no sentido de entrada na cidade, verifica-se que o fluxo horário é mais reduzido na ponte metálica (com 418 veíc./h), quando comparado com os restantes atravessamentos (Ponte de Codessais e de Timpeira), sendo explicado pelo facto de o atravessamento nesta ponte se fazer de forma alternada. Neste caso, as origens são maioritariamente externas, principalmente a sul através da N313 e de Mateus (com 264 veíc./h). As restantes viagens correspondem internamente à zona da Estação e do Shopping, e às zonas envolventes (UTAD, Bairro Dr. Sá Carneiro).

4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE MICROSSIMULAÇÃO

4.1 Introdução

A avaliação das condições de circulação oferecidas pela rede viária da área urbana de Vila Real foi suportada pela construção de um modelo microscópico baseado na aplicação Aimsun (v. 8.1.3). Nesse contexto, este capítulo apresenta de forma sumária o processo de construção e de validação do modelo de simulação microscópica aplicado à rede viária na sua forma atual, tendo em vista o desenvolvimento posterior de análises sustentadas sobre diversas estratégias de otimização do sistema viário, tais como a entrada em funcionamento de novas vias estruturantes, alterações de esquemas de circulação ou correção geométrica e funcional de interseções.

Refira-se que a utilização de técnicas de microsimulação permite responder com elevado nível de fiabilidade a este tipo de análises particularmente quando associadas a rede complexas, e onde a alteração ao modo de funcionamento de um determinado elemento viário implica necessariamente a reafecção de tráfego em relação a outras alternativas de caminho. Os índices de congestionamento elevados a que estão sujeitos alguns elementos das redes rodoviárias urbanas limitam seriamente a aplicação de modelos analíticos simples, ou mesmo de modelos macroscópicos dinâmicos de atribuição de tráfego.

Nessa linha de ação, os próximos pontos centram-se na descrição sumária do processo de modelação da procura (transporte individual e transportes coletivos), na caracterização da rede viária e na descrição das principais opções respeitantes à caracterização comportamental dos condutores. É ainda descrito o processo de calibração e de validação do modelo e são identificados os indicadores de desempenho considerados como os mais relevantes na avaliação dos diferentes cenários alternativos.

4.2 Modelação da rede viária

A modelação de uma rede viária a nível microscópico é um processo complexo já que obriga à representação explícita de um elevado número de parâmetros associados à geometria e às condições de funcionamento das vias e das interseções. Especificamente, numa primeira fase, foram codificados os seguintes elementos:

Vias (secções)

- Geometria geral, com base em cartografia e em imagens Google Maps;
- Número de vias de circulação em cada sentido (variável em alguns segmentos);
- Afetação de vias (limitações a veículos pesados, vias exclusivas BUS, etc.);
- Localização de paragens de autocarro (na via ou em baia);
- Velocidade máxima de circulação;
- Inclinação.

Interseções (nós)

- Tipologia (prioritário / rotunda / semaforizado);
- Topologia (ligações entre segmentos convergentes no nó);
- Afetação de vias (identificação das vias atribuídas a cada um dos movimentos de viragem);
- Regras de prioridade (identificação dos movimentos não prioritários e do tipo de controlo – STOP ou cedência de passagem);
- Programação semafórica.

A rede viária foi modelada a nível microscópico em toda a área de estudo. Com o objetivo de simplificar o modelo e diminuir o tempo de simulação, foram omitidos alguns arruamentos locais, sendo que esta medida não condiciona a avaliação das estratégias na rede estruturante. Da mesma forma, a geometria de alguns arruamentos foi simplificada (ver a Figura 15 e o Desenho 2 em anexo).

Refira-se ainda que a rede modelada extravasa a área de estudo que tinha sido inicialmente definida (delimitada a nascente pela Av. da Universidade, Av. da Europa, Av. de Osnabruck e Rua dos Promotores do Circuito de Vila Real), passando a incluir, de forma simplificada, as principais vias a poente de Mateus. Esta alteração teve como objetivo viabilizar a análise do impacto da construção de uma nova ligação entre a Zona Industrial e o IP4.



Figura 15 – Modelo Aimsun VR - rede viária da situação existente

4.3 Caracterização da procura

4.3.1 Transporte individual

A caracterização da procura em transporte individual consiste, essencialmente, em associar a matriz origem-destino definida na secção 3.2.5 à rede viária. Para o efeito é necessário definir para cada zona o centróide (ponto fictício que se assume como origem e destino das viagens da zona) e as respetivas ligações (conectores) à rede. No caso dos centróides com múltiplos conectores, a respetiva proporção de viagens geradas / atraídas foi preenchida manualmente em função da real capacidade de indução de viagens (por oposição à predefinição do software, que distribui equitativamente as viagens por todos os conectores).

Nesta fase verificou-se que o elevado número de conectores que era necessário associar ao conjunto de 23 zonas constantes da matriz OD agregada (Quadro 14) dificultava a análise dos resultados e o processo de calibração (descrito na próxima secção). Optou-se assim por uma

nova subdivisão da matriz, com 39 zonas, renomeadas de acordo com as ruas, bairros ou equipamentos mais representativos (ver a Figura 16 e o Desenho 2 em anexo).

A este zonamento corresponde naturalmente uma matriz OD. Uma vez que um dos passos do processo de calibração e validação do modelo consistiu na introdução de ajustamentos à matriz, remete-se para respetiva secção (4.4.4) a apresentação da versão resultante final.

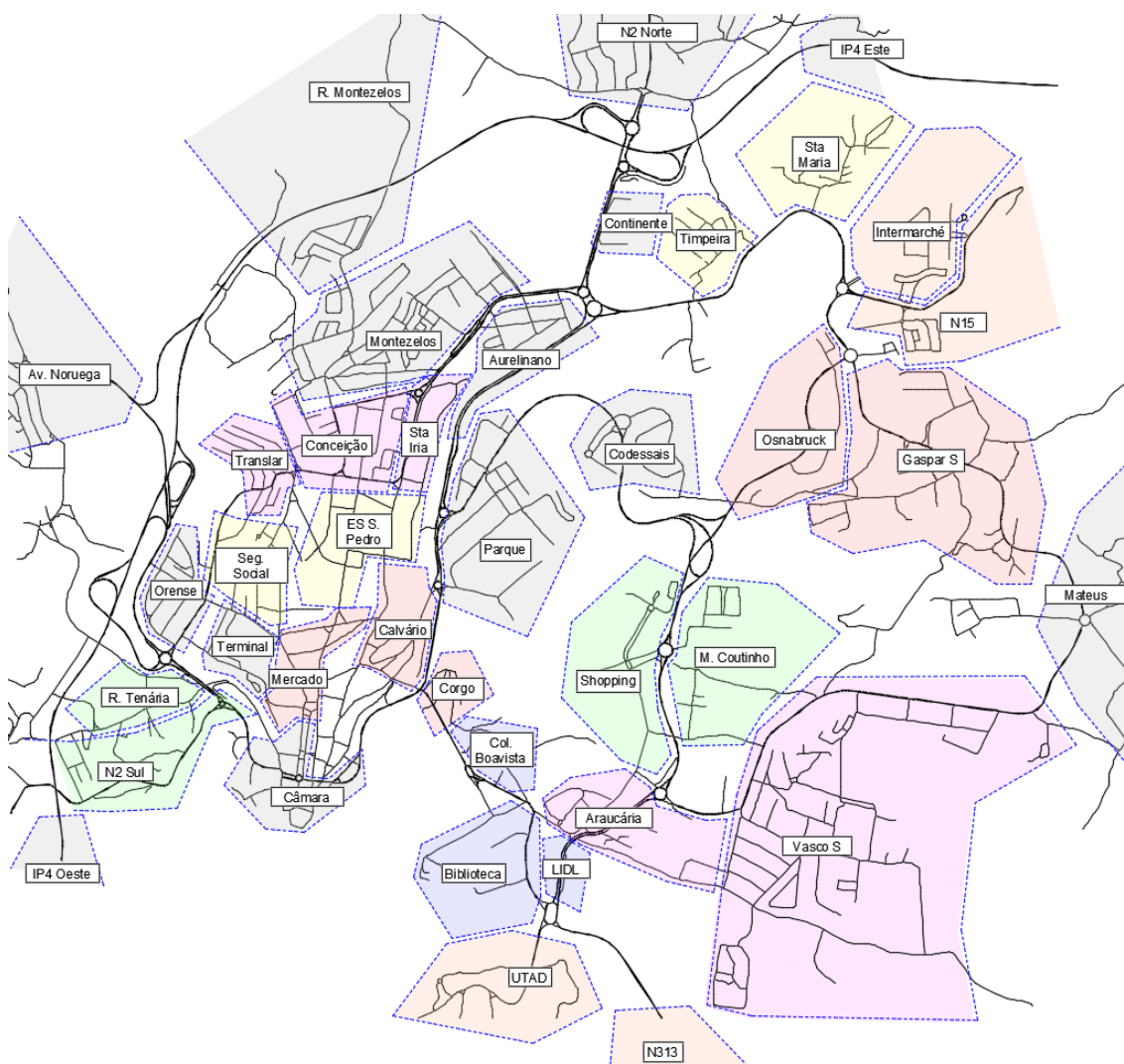


Figura 16 - Zonamento adotado no modelo Aimsun VR (a cor do preenchimento indica a correspondência com a zona agregada da Figura 14)

4.3.2 Transportes coletivos

A modelação do serviço de transportes coletivos da cidade (Urbanos de Vila Real) teve por base a informação disponibilizada no site do operador (<http://www.urbanosvilareal.pt/pt/horarios-pdf/>) e compreendeu os seguintes passos:

- Criação das linhas – o serviço é constituído por 5 linhas principais: 1: Lordelo – UTAD, 2: Fonte de Rainha – Bairro do Boque, 3: Flores – Zona Industrial, 4: Montezelos – UTAD e 5: Ranginha – Praça da Galiza. A linha 3 possui uma variante que é seguida em metade dos horários (ver a Figura 17);
- Criação das paragens – as paragens são caracterizadas pela sua extensão e tipologia (na via ou em baía). No caso das paragens em via única assume-se que não existem condições para que os veículos ligeiros ultrapassem o autocarro;
- Criação de horários – para cada serviço foram indicadas as horas de saída, a linha (base ou variante) e as paragens. Considerando a incerteza associada aos eventos de acesso/egresso de passageiros, considerou-se que em todas as paragens os autocarros são imobilizados durante 5 segundos.

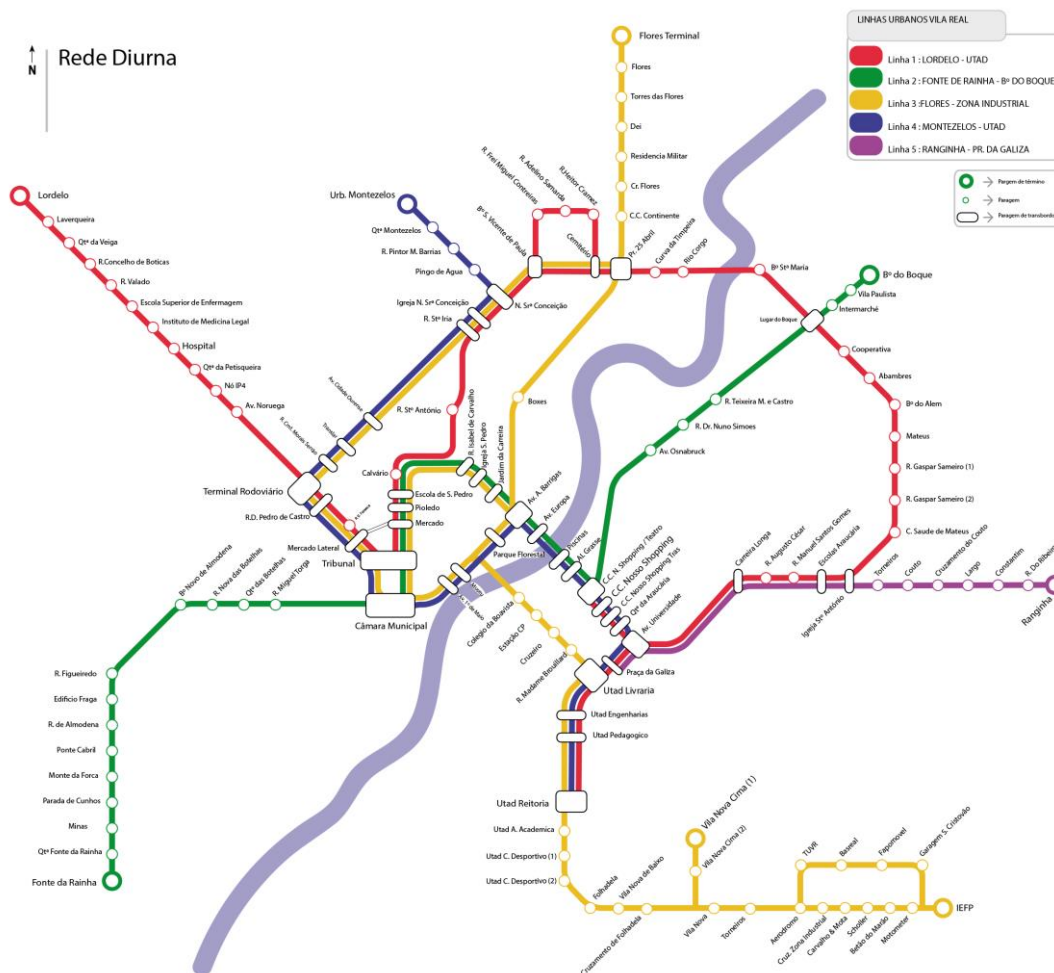


Figura 17 - Rede de transportes coletivos de Vila Real

4.4 Calibração e validação

4.4.1 Velocidades em condições livres

O modelo de condução utilizado pelo Aimsun pressupõe que os condutores não restringidos por outros veículos ou por elementos de controle (sinalização semafórica, linhas de STOP, etc.) tendem a acelerar até atingir a velocidade desejada. Em meio urbano esta velocidade é condicionada pelo limite legal e também por outros fatores, como a proximidade a interseções, estado do pavimento, atrito lateral (e.g. estacionamento, fachadas), inclinação das vias, etc.

Com o objetivo de determinar estas velocidades, recorreu-se ao “método do observador móvel”: durante o período noturno, com volumes de tráfego muito reduzidos, foram seguidos veículos aleatórios em diversas zonas da cidade, procurando manter a mesma velocidade desses veículos e ultrapassando o mesmo número de veículos que ultrapassaram o veículo de prova. As trajetórias foram registadas com um equipamento GPS e analisadas posteriormente com uma aplicação específica. Finalmente, as velocidades desejadas foram associadas em intervalos discretos a vias de características similares, de que resultou a distribuição de velocidades desejadas ilustrada na Figura 18.

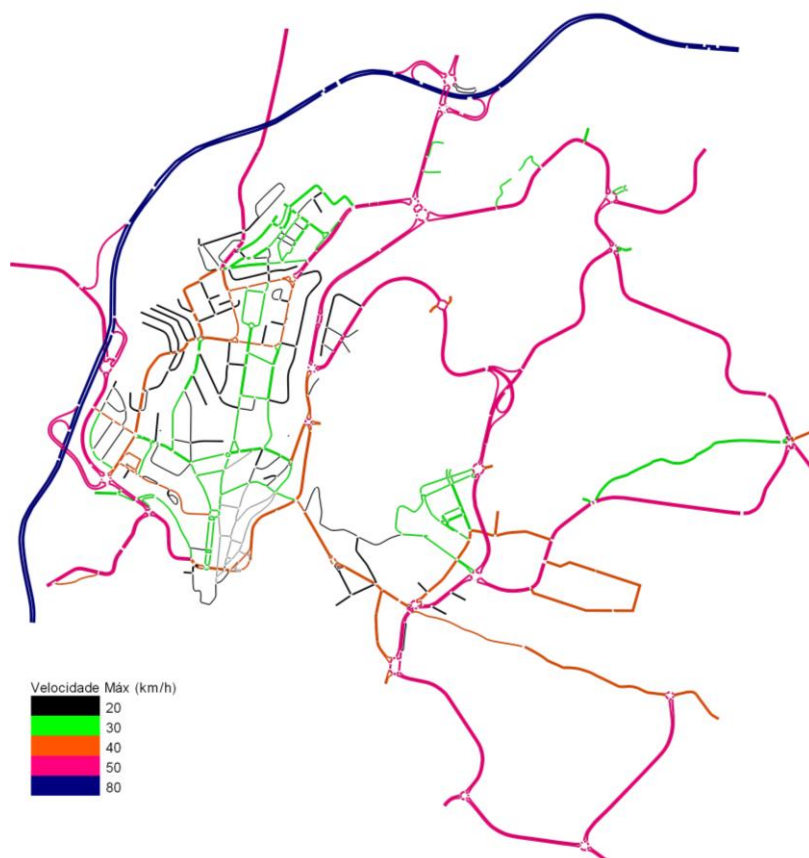


Figura 18 - Velocidades máximas (desejadas) em secção

4.4.2 Escolha de trajetos

O submodelo de escolha de trajetos tem com o objetivo fracionar o número total de viagens entre cada par OD pelos diversos trajetos alternativos. Assume-se que todos os condutores procuram minimizar o custo “percebido” individual da viagem, o qual depende do tempo de deslocação e de outros fatores não explicitados (extensão do percurso, número de paragens, estado do pavimento, etc.).

Assim, adotou-se o modelo Logit, com o qual se reconhece que a população de condutores é heterogênea e que o custo percebido de cada alternativa varia entre condutores. Nestas condições, a proporção de condutores que escolhe um dado trajeto depende da utilidade relativa desse trajeto, isto é, da diferença de tempo para os trajetos alternativos, e de um parâmetro de calibração θ que controla a dispersão das viagens pelas diferentes alternativas. Quando o parâmetro tende para infinito todos os condutores tendem a escolher o trajeto mais rápido, e quando θ tende para 0 os condutores repartem-se equitativamente pelos diversos percursos considerados. Pode assim afirmar-se que deve ser adotado um valor θ muito alto quando todos os condutores decidem o percurso essencialmente em função do tempo de trajeto e quando a maioria dos condutores consegue estimar corretamente o tempo de percurso; por outro lado, um valor de θ muito baixo deve ser adotado quando uma parte significativa dos condutores não são utilizadores frequentes da rede e/ou quando existem outros fatores relevantes, que não a duração dos trajetos, a condicionar as decisões dos condutores.

A calibração do parâmetro θ no presente modelo foi efetuada através de um processo iterativo manual, em que se procurou identificar o valor ótimo que conduz à minimização das diferenças entre os volumes de tráfego observados e previstos. Verificou-se que essas diferenças, medidas pelo coeficiente de determinação r^2 , diminuem à medida que θ aumenta, atingindo-se o valor ótimo para $\theta = 10$.

Como referido, o tempo de deslocação é um *input* para este mecanismo de repartição de viagens. Como a duração das viagens tende a aumentar com os níveis de tráfego na rede, o modelo permite a atribuição sequencial de viagens à rede, sendo a escolha de trajetos decidida em função dos tempos de deslocação atualizados. Neste modelo considerou-se que os tempos de deslocação são atualizados com uma frequência de 5 minutos.

4.4.3 Parâmetros comportamentais dos condutores

É reconhecida a importância que os parâmetros que descrevem o comportamento das unidades veículo-condutor (tempo de reação, aceleração máxima, etc.) têm nos resultados da simulação⁵. Contudo, neste estudo é especialmente importante garantir que o modelo possui capacidade para avaliar o desempenho relativo dos cenários alternativos, não sendo essencial a precisão

⁵ Vasconcelos, Luís, et al. "Calibration of the Gipps car-following model using trajectory data." *Transportation research procedia* 3 (2014): 952-961.

das estimativas em termos absolutos. Optou-se assim por manter os valores dos parâmetros predefinidos pela aplicação para cada tipo de veículo.

4.4.4 Ajustamento da matriz OD

Como referido na secção 4.3.1, para efeitos de aplicação ao modelo Aimsun, foi necessário ajustar o zonamento e a respetiva matriz origem-destino. Os resultados das primeiras simulações com o modelo resultante revelaram várias imprecisões de representação da situação existente, motivadas por incorreções pontuais a nível da geometria e da topologia, entretanto corrigidas, bem como por inconsistências na matriz OD. Estas inconsistências devem-se a dois fatores principais: a) os postos de inquérito não permitem quantificar as viagens entre todos os pares OD, b) a natureza aleatória do tráfego, associada ao processo de amostragem, resulta em sobrestimação ou subestimação das viagens entre vários pares OD. Assim, procedeu-se ao ajustamento da matriz através da seguinte metodologia:

1. Criação de uma versão simplificada da rede (nível macroscópico) para viabilizar o processo de ajustamento automático;
2. Associação dos fluxos reais de tráfego (observados, Desenho 1) às correspondentes secções do modelo Aimsun;
3. Criação de uma matriz de ajustamento que indica a variação percentual máxima admissível em cada célula da matriz OD, tendo por referência uma estatística GEH⁶ máxima de 6.0 entre o valor inicial e o final;
4. Procedimento iterativo automático de minimização de diferenças entre os fluxos observados e os fluxos simulados;
5. Conversão da matriz resultante (3h) num conjunto de 12 matrizes de 15 minutos, de acordo com o perfil apresentado na Figura 7.

Na Figura 19 apresenta-se a matriz OD resultante deste processo de ajustamento, para o período de 3 horas (7h30 – 10h30), correspondente ao zonamento anteriormente definido (Figura 16).

⁶ GEH: estatística atribuída a Geoffrey E. Havers (Londres, década de 1970). $GEH = \sqrt{(x - y)^2 / (x + y)}$, onde x é o valor de referência (valor inicial da matriz) e y é o valor a comparar (valor final da matriz). A estatística tolera erros percentuais muito altos se os volumes em análise forem baixos, sendo a margem de erro progressivamente menor à medida que os volumes aumentam.

name	ARAUCÁRIA	AURELIANO	AV. NORUEGA	BIBLIOTECA	CALVÁRIO	CODESAIS	COL. BOAVISTA	CONCEIÇÃO	CONTINENTE	CORGO	CÂMARA	ES. S. PEDRO	GASPAR S	INTERMARCHÉ	IP4 ESTE	IP4 OESTE	LIDL	M. COUTINHO	MATEUS	MERCADO	MONTEZELOS	N15	N2 NORTE	N2 SUL	N313	ORENSE	OSNABRUCK	PARQUE	R. MONTEZELOS	R. TENÁRIA	SEG. SOCIAL	SHOPPING	STA MARIA	TERMINAL	TIMPEIRA	TRANSAR	UTAD	VASCO S	Total		
ARAUCÁRIA	1	0	34	0	1	10	1	13	1	0	12	0	105	108	0	13	0	14	21	3	1	143	43	30	48	0	46	0	0	14	0	215	1	6	3	0	1	36	1	926	
AURELIANO	22	1	11	22	6	1	57	3	1	182	56	3	3	2	6	2	16	3	3	2	0	1	2	3	15	0	31	0	1	1	18	0	1	1	1	0	12	20	513		
AV. NORUEGA	21	1	1	3	189	1	6	52	7	30	232	54	27	2	145	10	0	7	27	627	3	0	25	5	10	1	4	11	0	6	29	155	11	1	67	1	7	6	9	1796	
BIBLIOTECA	10	0	1	1	0	75	10	1	0	0	1	0	2	10	1	0	30	1	21	1	0	6	0	41	65	0	3	1	0	9	0	23	0	30	0	0	0	92	3	438	
CALVÁRIO	1	75	164	1	1	10	1	1	23	1	1	1	1	2	30	99	0	10	14	0	1	0	16	10	3	1	1	93	1	3	0	1	1	1	1	1	1	2	1	575	
CODESAIS	65	2	8	2	60	2	12	5	1	1	90	50	1	0	3	5	1	4	2	90	0	1	2	70	12	1	0	9	0	5	2	23	1	0	50	1	0	11	60	654	
COL. BOAVISTA	16	0	3	2	2	90	3	2	0	0	3	1	3	44	2	1	1	1	11	3	0	16	1	48	7	0	4	1	0	24	0	16	0	0	1	0	0	31	6	344	
CONCEIÇÃO	81	21	86	10	137	17	28	48	127	5	28	31	66	51	58	33	7	53	56	230	6	48	39	65	15	2	67	10	8	9	17	211	10	16	16	25	6	27	116	1886	
CONTINENTE	9	1	5	1	3	1	2	14	1	64	44	7	4	3	3	1	1	2	3	3	0	0	1	0	4	0	1	38	0	0	2	2	2	9	0	13	2	2	2	250	
CORGO	5	0	2	1	1	20	2	1	0	2	1	0	2	83	1	1	0	1	5	1	0	9	0	21	2	0	2	0	0	9	0	12	0	6	1	0	0	2	195		
CÂMARA	12	0	206	7	5	92	13	8	28	1	4	6	0	16	30	41	0	1	8	70	7	29	33	1	7	1	1	7	99	6	3	30	3	1	6	1	3	5	796		
ES. S. PEDRO	24	12	37	7	24	70	11	28	28	11	62	18	37	56	36	5	1	112	33	12	4	11	26	45	27	1	22	85	6	7	10	123	6	8	5	14	4	26	170	1225	
GASPAR S	3	0	151	0	25	0	0	152	24	0	139	44	1	0	31	31	0	0	0	38	0	0	45	228	0	0	0	0	16	50	3	28	2	112	3	20	6	1	1156		
INTERMARCHÉ	2	50	62	0	10	0	2	4	23	0	70	5	1	1	16	16	1	1	1	4	5	0	43	0	0	12	0	1	1	2	5	1	4	3	41	3	4	7	1	399	
IP4 ESTE	5	36	220	2	17	1	3	98	32	79	144	47	14	6	1	30	0	2	14	29	3	6	13	25	3	0	2	59	0	1	11	3	18	2	6	2	8	2	7	951	
IP4 OESTE	8	1	147	2	81	1	4	64	4	9	33	8	29	3	25	1	0	3	22	170	0	1	15	0	3	1	4	7	0	1	4	32	13	2	19	2	8	1	3	731	
LIDL	13	0	0	1	0	10	6	0	0	0	0	0	5	4	0	0	1	0	12	0	0	0	0	35	5	0	5	0	0	14	0	1	0	6	0	0	0	3	5	130	
M. COUTINHO	2	10	50	1	1	10	6	42	3	1	11	1	0	0	3	7	1	15	1	2	1	0	7	65	100	0	13	0	29	1	85	3	1	11	2	2	78	8	640		
MATEUS	80	0	49	2	1	10	6	42	3	1	11	1	0	0	3	7	1	15	1	2	1	0	7	65	100	0	13	0	29	1	85	3	1	11	2	2	78	8	640		
MERCADO	58	9	58	18	20	70	33	26	32	14	50	13	9	19	23	67	1	8	43	30	4	39	33	81	16	5	27	126	4	18	32	148	2	3	7	5	2	16	22	1194	
MONTEZELOS	2	1	29	0	1	0	0	1	6	0	0	1	5	2	0	2	0	1	4	3	1	1	11	11	2	0	1	0	10	3	1	6	1	28	1	42	1	2	1	181	
N15	36	100	101	6	105	0	27	124	39	0	126	116	1	1	27	27	2	2	1	70	8	1	72	11	0	18	0	2	0	5	59	27	23	7	63	10	17	43	6	1283	
N2 NORTE	108	13	97	13	37	1	22	187	1	9	81	34	69	13	53	15	12	22	41	54	4	11	1	5	47	0	10	39	0	2	8	139	41	91	12	136	31	143	53	1657	
N2 SUL	0	0	39	1	59	2	1	117	0	1	10	145	14	1	4	5	0	0	0	255	2	1	0	1	0	12	2	11	16	1	102	2	23	21	176	32	16	0	0	1072	
N313	130	1	15	83	5	50	101	7	1	1	31	3	4	10	3	3	60	48	85	10	0	9	2	96	18	81	4	6	1	45	1	140	1	30	32	1	0	237	50	1401	
ORENSE	13	1	26	5	1	1	9	1	2	1	1	1	1	2	5	2	0	2	8	3	3	0	7	0	6	1	0	1	0	1	1	61	1	1	1	1	1	3	5	182	
OSNABRUCK	1	0	12	0	5	0	1	0	2	0	96	5	0	1	2	2	0	0	0	1	0	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	67	2	0	1	4	220
PARQUE	141	14	47	33	45	18	107	45	4	45	136	18	6	0	12	14	22	51	14	41	2	12	6	114	92	1	1	20	2	13	2	188	4	1	6	3	2	86	141	1506	
R. MONTEZELOS	1	0	3	0	115	1	0	13	1	3	12	39	2	1	2	1	0	1	2	121	15	1	1	1	1	1	1	0	2	3	0	21	2	3	1	7	1	2	1	1	380
R. TENÁRIA	1	1	49	1	1	5	1	3	1	1	9	3	2	4	14	28	0	0	1	10	9	0	1	0	0	16	1	15	24	1	3	1	3	2	132	2	3	0	1	352	
SEG. SOCIAL	1	2	13	0	4	1	0	4	19	0	2	3	6	5	1	1	0	0	10	11	3	2	1	0	11	0	1	0	7	0	1	2	1	3	3	3	1	7	0	130	
SHOPPING	25	0	1	0	1	10	1	1	0	0	2	0	20	80	1	0	0	1	28	1	0	42	1	12	3	0	65	4	0	4	0	6	0	10	2	0	0	3	11	335	
STA MARIA	17	2	45	2	6	1	2	20	18	6	17	3	8	5	7	12	3	2	45	60	6	2	34	1	7	2	1	0	6	3	15	17	1	3	15	3	6	52	3	457	
STA MARIA	2	2	2	0	2	0	2	1	17	0	21	2	1	2	26	26	0	1	1	1	7	0	35	0	0	0	0	36	0	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	198	
TERMINAL	5	9	72	19	9	10	37	14	6	4	13	6	17	10	78	58	0	1	17	11	10	7	3	11	17	2	5	20	126	20	1	18	5	10	2	10	5	15	2	686	
TIMPEIRA	23	2	2	0	19	0	2	1	26	0	26	136	1	2	39	39	0	1	1	12	11	0	52	0	0	0	0	62	0	1	76	4	1	1	1	1	1	3	4	554	
TRANSAR	0	2	2	0	1	1	0	1	11	0	0	1	2	5	12	1	0	0	25	2	1	0	20	0	7	0	1	0	12	0	1	0	1	3	0	3	1	7	0	126	
UTAD	3	0	3	2	1	19	1	1	1	0	2	1	25	43	1	1	0	1	2	2	0	1	12	6	0	15	1	0	5	0	11	0	3	1	0	0	9	1	183		
VASCO S	6	0	78	2	3	10	6	31	3	1	35	1	286	46	0	37	1	65	45	5	4	229	98	80	298	0	134	1	0	39	0	396	2	2	7	0	1	192	1	2144	
Total	952	375	1930	248	1002	622	522	1142	503	475	1608	808	780	655	721	655	164	436	684	1989	130	643	745	1147	883	173	438	816	334	330	463	2123	218	330	879	334	168	1183	729	28338	

Figura 19 - Matriz OD final (39 zonas)

O processo de ajustamento sobre o modelo simplificado (macroscópico) conduz a um muito bom ajustamento dos volumes simulados aos observados (Figura 20, painel esquerdo). A qualidade do ajuste diminui ligeiramente quando a matriz do período 7h30 – 10h30 é desagregada em

matrizes de 15 minutos e associada ao modelo microscópico, já que este contém inúmeras restrições não contempladas no modelo simplificado (Figura 20, painel direito).

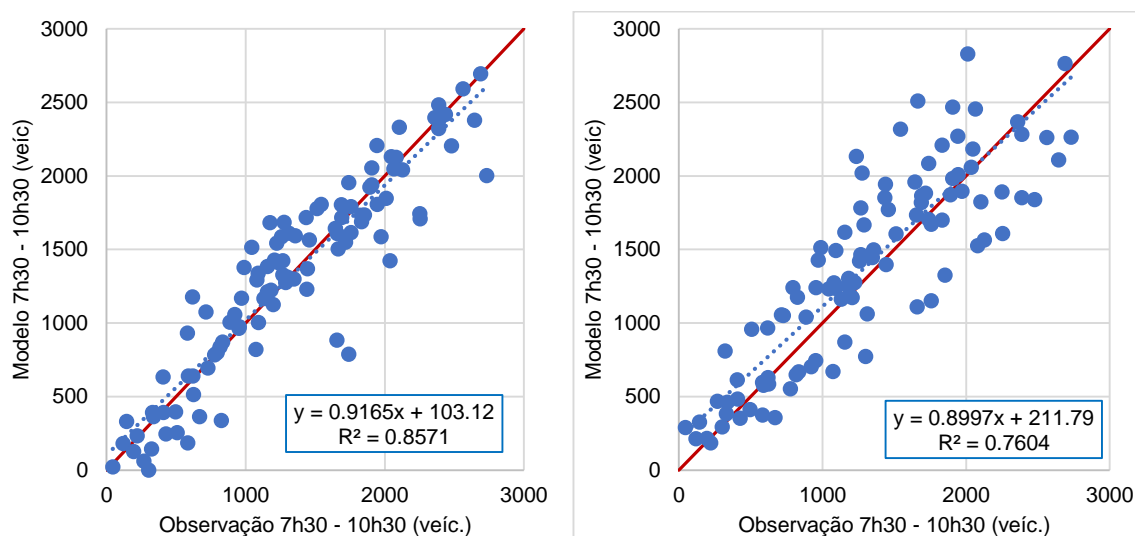


Figura 20 – Comparação entre contagens reais (observadas) e simuladas. Esquerda: modelo macroscópico; Direita: modelo microscópico

4.4.5 Validação

Avaliou-se o desempenho do modelo tendo por base os critérios de validação do Departamento de Transportes do Reino Unido⁷. Estas normas preconizam um valor máximo GEH = 5 médio em pelo menos 85% dos registos. Na rede de Vila Real este critério não foi respeitado, não obstante ter sido obtido um valor GEH = 4.8 para o conjunto de observações. Colocando-se a questão de continuar o processo de calibração para melhorar o ajuste e eventualmente satisfazer os critérios de validação, ponderaram-se os seguintes pontos:

- As metas definidas pela Departamento de Transportes do Reino Unido foram estabelecidas para redes interurbanas, com um número muito limitado de vias, onde as demoras nas interseções são praticamente constantes e onde o número de percursos alternativos é muito reduzido; como tal, são critérios excessivamente exigentes em meio urbano;
- Nos processos convencionais de calibração é permitida a variação livre das células individuais da matriz OD, isto é, apenas se restringe a variação nos totais das linhas e das colunas.

Complementarmente, importa referir que foram respeitados os critérios de validação específicos de modelos microscópicos relacionais com os padrões de tráfego (filas nos locais esperados,

⁷ Highways Agency, 1996. Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) Volume 12 - Traffic Appraisal Road Schemes, Section 2 - Traffic Appraisal Advice, 12. HMSO, England, United Kingdom.

utilização consistente de trajetos, replicação satisfatória dos processos de inserção nas correntes de tráfego, etc.)⁸.

Ou seja, não se justifica continuar a ajustar a matriz OD com o único objetivo de satisfazer os critérios. Tal resultaria em alterações profundas dos valores das células individuais e na perda de aderência à realidade. Garante-se assim um modelo com uma elevada capacidade preditiva (situações futuras) à custa de alguma capacidade descritiva (representação precisa da situação existente).

Em síntese, considera-se que o modelo, embora não replicando com precisão as condições de circulação de um dia específico, é plenamente representativo das condições de circulação típicas atuais, constituindo-se uma ferramenta de trabalho extremamente fiável para comparar situações futuras.

4.5 Indicadores de desempenho

A natureza microscópica do modelo permite obter um grande número de indicadores de desempenho com diferentes níveis de detalhe, permitindo, por exemplo, obter a trajetória de um veículo específico ou calcular o tempo total de trajeto na rede para a totalidade dos condutores. Considerando o tipo de aplicações que se preveem para este modelo, são particularmente relevantes os seguintes indicadores:

- Nível do sistema – resultam da operação da totalidade dos utilizadores (transporte individual e transporte coletivo) e permitem quantificar os impactos globais associados a um conjunto de intervenções. No Quadro 15 apresenta-se uma seleção destes indicadores, relativos ao tempo total de deslocação, à distância total percorrida, ao número total de paragens, etc.;
- Nível do par origem-destino – por vezes os ganhos de eficiência em termos globais são conseguidos à custa de um acréscimo significativo do tempo de percurso de um conjunto limitado de utilizadores. É assim importante identificar os utilizadores mais afetados por uma determinada intervenção, o que se consegue comparando a matriz OD dos tempos de trajeto. A Figura 21 indica os tempos médios de deslocação para a situação atual;
- Nível do eixo viário – para além dos indicadores anteriores relativos aos utilizadores, é também possível avaliar o desempenho do sistema ao nível do eixo viário, nomeadamente para apoiar a definição de medidas de gestão da rede. Os Desenhos 3, 4 e 5 em anexo indicam, respetivamente, os volumes horários médios, as demoras e as densidades no período 7h30 – 10h30.

4.6 Considerações finais

Importa salientar que no desenvolvimento do modelo foram assumidas diversas simplificações e que são sempre cometidos erros de diferentes tipos (conceptuais, computacionais, etc.), pelo

⁸ Dowling, Richard, Alexander Skabardonis, and Vassili Alexiadis. *Traffic analysis toolbox volume III: guidelines for applying traffic microsimulation modeling software*. No. FHWA-HRT-04-040. 2004.

que os valores absolutos dos indicadores devem ser utilizados com fortes reservas (note-se, por exemplo, que não foram efetuados inquéritos ou contagens que permitam estimar o tráfego de continuidade este – oeste no IP4, pelo que os respetivos fluxos simulados, indicados no Desenho 3, estão claramente subestimados). Da mesma forma, apenas foi considerado um corte interior à área de estudo, pelo que também algumas viagens interiores ao espaço central não são contabilizadas, designadamente as intra-zonais. Consequentemente, sempre que possível, deve privilegiar-se a realização de análises comparativas. Da mesma forma, deve ser adotada uma atitude conservadora na avaliação do impacto de pequenas intervenções na rede. Com efeito, em alguns pares OD os principais trajetos alternativos apresentam tempos de trajeto muito semelhantes, pelo que uma pequena perturbação nesses tempos poderá sugerir a transferência de um grande número de viagens para o trajeto mais rápido, o que nem sempre se verifica na realidade.

Quadro 15 – Indicadores globais de desempenho para a situação atual

Indicador	Valor	Unidades
Veículos simulados	28189	-
Tempo total de deslocação	2109	h
Vel. média harmónica	37.0	km/h
Distância total percorrida	81336	km
Atraso total	18.3	s/km
Número total de paragens	20521	-

Figura 21 - Tempos médios de trajeto entre pares OD para a situação atual (min.)

5 SÍNTESE FINAL

O presente relatório incidiu sobre a caracterização da mobilidade em transporte individual na cidade de Vila Real e na descrição dos procedimentos para a construção, calibração e validação de um modelo de microssimulação representativo da rede viária atual e do seu modo de funcionamento.

Dos trabalhos de caracterização foi possível concluir que a hora de ponta da manhã se regista entre as 8 e as 9h e que, nesse período, entram na cidade de Vila Real cerca de 5057 veículos. As entradas mais solicitadas são a norte, através da EN2 junto ao Regimento de Infantaria 13, a este através da R. Vasco Sameiro, e a oeste através da Av. da Noruega junto ao Hospital. A saída mais utilizada é a norte junto ao Regimento de Infantaria 13, tendo como destinos exteriores principais o Porto (nó do IP4) e Vila Pouca de Aguiar.

Registou-se algum equilíbrio entre os movimentos de entrada e de saída, constatando-se que nos atravessamentos internos (através das 3 pontes) este equilíbrio é observado com maior incidência nas Pontes da Estação e de Timpeira, sendo que na Ponte de Codessais verifica-se um maior fluxo de entrada, com 902 veíc./h em hora de ponta (8h-9h), quando comparado com o fluxo de saída, de apenas 576 veíc./h. No entanto, este valor acaba por ser superior ao fluxo de saída na ponte metálica, com apenas 463 veíc./h. Por se encontrar, à data da recolha de dados, com circulação alternada, esta ponte é aquela onde se verifica um maior equilíbrio entre os movimentos de entrada e de saída da cidade.

A construção da matriz OD evidenciou a relevância assumida pelo centro da cidade (zonas do Tribunal, N. Sra. da Conceição e Câmara Municipal), enquanto destino preferencial das viagens na ponta da manhã (23% do total de viagens), seguindo-se as zonas do Shopping e do Mercado Municipal como destinos preferenciais.

Esta matriz foi inserida no modelo de simulação, o qual após algumas tarefas complementares relativas à calibração e validação, constitui uma ferramenta essencial à realização de análises comparativas, permitindo avaliar a alteração do nível de desempenho geral da rede viária, resultante da imposição de diferentes propostas de intervenção na rede. Essas propostas são objeto de análise no relatório 2 correspondente ao “Diagnóstico e Propostas de Intervenção na rede viária de Vila Real”.