

APLICAÇÃO DA MICROSSIMULAÇÃO NA GESTÃO DO TRÁFEGO URBANO – UMA VISÃO INTEGRADA

Ana Bastos Silva^{1,2}, Luis Vasconcelos^{2,3}, Raul Almeida¹ e Adriano Sousa⁴

¹ Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Rua Luís Reis Santos – Pólo II, 3030-788 Coimbra, Portugal

email: abastos@dec.uc.pt <https://citta.fe.up.pt/>

² Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente (CITTA)

³ Departamento de Engenharia Civil, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu - Campus Politécnico, 3504-510 Viseu, Portugal

⁴ Município de Vila Real, Av. Carvalho Araújo, 1, 5000-657 Vila Real

Sumário

O presente artigo centra-se na apresentação das potencialidades e limitações dos modelos de microsimulação, enquanto instrumento de apoio à gestão integrada da rede viária urbana e às tomadas de decisão. A rede da cidade de Vila Real foi considerada como estudo de caso. É apresentada a metodologia empregue na construção do modelo de microsimulação, dando-se particular relevo aos trabalhos de calibração e validação. Tendo por base o modelo validado para a situação atual e recorrendo a análises comparativas, foi possível inferir o efeito resultante da aplicação de diferentes políticas, estratégias ou medidas mitigadoras, recorrendo a um conjunto de indicadores de desempenho.

Palavras-chave: Estacionamento; Zonas de estacionamento limitado; Estacionamento residente.

1 INTRODUÇÃO

Os modelos de microsimulação constituem ferramentas com potencialidades no campo da avaliação dos impactos resultantes da alteração de políticas ou de estratégias, apoiando e facilitando os processos de tomada de decisão. As entidades gestoras das áreas urbanas e, conseqüentemente, as equipas técnicas que apoiam o poder de decisão, são cada vez mais desafiadas a, de forma integrada, dar resposta a 3 preocupações essenciais: *i*) salvaguardar um bom nível de funcionamento global, consubstanciado em adequados níveis de fluidez e capacidade das redes rodoviárias urbanas; *ii*) integrar preocupações de desenho urbano assentes na construção de espaços qualificados e funcionais; *iii*) garantir a sustentabilidade económica, social e ambiental do sistema global de transporte. O recurso a modelos convencionais de estimação dos níveis de serviço aplicados a elementos rodoviários isolados revela-se cada vez mais limitado, uma vez que não permitem dar resposta integrada a diferentes preocupações e desafios inerentes à gestão do domínio urbano. Fatores como os efeitos estocásticos, a variabilidade da procura do tráfego no tempo, a distribuição modal, assim como a redistribuição do tráfego na rede em função dos níveis de congestionamento, apenas poderão ser integrados na equação quando inseridos em modelos globais de transporte. Nessa linha de ação, os modelos de simulação vieram abrir novas perspetivas de análise, afirmando-se como instrumentos fundamentais e imprescindíveis no apoio à decisão.

Por conseguinte, este artigo procura evidenciar as potencialidades do uso da microsimulação, aplicada aos estudos de tráfego em meio urbano, comparativamente aos modelos convencionais. Recorrendo ao *software AIMSUN*, de origem espanhola, o artigo centra-se na apresentação de um estudo de caso real, que envolve a zona urbana da cidade de Vila Real, procurando-se evidenciar a metodologia de trabalho adotada, o desenvolvimento do modelo, o processo de calibração e validação, assim como a apresentação de alguns dos principais resultados. Tendo por base o modelo validado para a situação atual, foi possível, por recurso a análises comparativas, inferir o efeito resultante da aplicação de um conjunto de políticas e de medidas mitigadoras, tendo por base um conjunto de indicadores de desempenho.

2 MODELOS DE SIMULAÇÃO

2.1 Princípios básicos de modelos de atribuição de tráfego

Num modelo convencional de atribuição de tráfego, os principais *inputs* são a matriz Origem/Destino (O/D) das viagens, a rede viária com informação topológica e um conjunto de equações/parâmetros que traduzem o processo de interação entre condutores e entre estes e a rede. São identificados os caminhos alternativos entre cada par O/D e, posteriormente, as viagens geradas/atraídas entre esse par são distribuídas pelo conjunto de caminhos disponíveis. Os principais *outputs* são os fluxos de tráfego nos diferentes arcos da rede e os custos de viagem entre as zonas.

O conceito de *custo generalizado de viagem* está na base de todos os modelos de atribuição. No caso de existir mais do que uma alternativa para fazer a viagem entre um par de pontos, serão considerados diversos fatores para apoiar a decisão, sobre qual o caminho mais favorável. Estes fatores são muitas vezes difíceis de quantificar e considerar no modelo, como é o caso do conforto, sentimento de segurança ou qualidade paisagística. No caso dos modelos determinísticos, o custo de uma viagem é formulado através de uma combinação linear de tempo de viagem, extensão, e eventualmente custos fixos tais como portagens. Nos modelos estocásticos (caso em estudo), o custo de uma deslocação é constituído por uma componente determinística (normalmente o tempo de deslocação) e por uma componente aleatória, a qual reflete a influência dos restantes fatores na decisão do condutor.

Por simplificação considera-se que todas as viagens com origem (ou destino) numa zona começam (ou acabam) num ponto específico denominado de *centróide*. A rede viária é representada através de um conjunto de arcos e de nós. Em modelos mais básicos, a única função dos nós é a de ligar os arcos, enquanto os arcos são caracterizados por um conjunto de atributos que servem de base ao cálculo do custo generalizado das viagens. Nesse cálculo assume-se que o tempo de viagem varia com o tráfego de acordo com a curva *velocidade-fluxo*, também conhecida como a curva fundamental do tráfego. Na escolha de caminhos assume-se que os condutores se comportam de forma racional e escolhem o caminho associado ao menor custo. Independentemente deste princípio é sabido que há condutores que optam por diferentes trajetos para realizar uma viagem entre o mesmo par O/D. As seguintes razões podem ser apontadas para essas diferenças: *i*) a população de condutores é heterogénea, havendo condutores que valorizam de forma distinta os fatores envolvidos na viagem; *ii*) os condutores não têm todos o mesmo conhecimento da rede e das condições de circulação (efeitos estocásticos); *iii*) o tempo de viagem em cada caminho depende do nível de serviço oferecido pelos arcos, o qual varia no tempo em função das condições de saturação.

2.2 Modelos dinâmicos

Os modelos microscópicos permitem reproduzir as dinâmicas de cada veículo na rede através da representação dos comportamentos de interação entre veículos baseados nas características dos condutores e dos próprios veículos. O sub-modelo de *car-following* é um dos mais relevantes já que permite simular a resposta do condutor relativamente à posição de outro veículo que segue à sua frente (veículo líder) com efeitos diretos ao nível da capacidade das vias e das interseções. Os modelos microscópicos também usam os submodelos de *gap-acceptance* e de *lane change*. O primeiro determina as condições mínimas de que um veículo necessita para se inserir numa corrente de tráfego prioritária. O submodelo de *lane change* determina a motivação e possibilidade de um condutor mudar de via de acordo com o seu próximo objetivo. Todos estes submodelos são sensíveis às características da unidade condutor-veículo de acordo com parâmetros médios associados à agressividade do condutor e desempenho do veículo. Os valores individuais associados a cada unidade são gerados aleatoriamente a partir de distribuições de probabilidade centradas na média através de um processo de *Monte Carlo*.

Os modelos microscópicos aplicam-se cada vez mais ao desenvolvimento de análises de índole operacional nomeadamente no estudo do desempenho de medidas ITS e na gestão/otimização de redes viárias urbanas complexas. A utilização de técnicas de microsimulação permite responder com elevado nível de fiabilidade a este tipo de análises ou onde a alteração ao modo de funcionamento de um determinado elemento viário implica necessariamente a reafecção de tráfego em relação a outros caminhos alternativos. 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.

Apesar das suas inúmeras vantagens, estes modelos apresentam limitações inerentes aos próprios sistemas de informação, à origem e providência dos dados e ao próprio contexto em que os mesmos são extraídos (comparabilidade, qualidade e flexibilidade). Não obstante, os modelos de microsimulação aplicados à gestão do domínio urbano, constituem uma ferramenta considerada cada vez mais imprescindível à avaliação das melhores soluções que permitam minimizar os conflitos dos objetivos das políticas ambientais, sociais e económicas.

3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE MICROSIMULAÇÃO

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). 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, permitindo o desenvolvimento posterior, por parte do Município, 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.

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.

3.1 Modelação da rede viária

A modelação de uma rede viária a nível microscópico é um processo complexo já que obriga à quantificação de um número elevado 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 longitudinal.

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.

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.

3.2 Caracterização da procura

A caracterização da procura em transporte consistiu em associar a matriz origem-destino (39x39) construída previamente no âmbito deste estudo [1], à correspondente rede viária. Para o efeito foram introduzidas matrizes correspondentes à ponta da manhã, relativas a veículos individuais e BUS. Para cada zona foi definido um centróide 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).

Por sua vez a modelação do serviço de transportes coletivos da cidade (Urbanos de Vila Real) teve por base a informação disponibilizada pelo operador e compreendeu os seguintes passos:

- a) Criação das linhas – o serviço 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;
- b) Criação das paragens – as paragens foram caracterizadas pela sua extensão e tipologia (na via ou em baia). No caso das paragens em via única assumiu-se que não existiam condições para que os veículos ligeiros ultrapassem o autocarro;
- c) Criação de horários – para cada serviço foram indicadas as horas de saída, a linha (base ou variante) e as paragens. Atendendo à variabilidade associada aos eventos de acesso/egresso de passageiros, considerou-se que, em termos médios, em todas as paragens os autocarros ficam imobilizados durante 5 segundos.

3.3 Calibração e validação

3.3.1 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 (software associado ao equipamento da empresa Race Technology Ltd). Finalmente, as velocidades reveladas foram associadas em intervalos discretos a vias de características similares, de que resultou a distribuição de velocidades desejadas ilustrada na Figura 1.

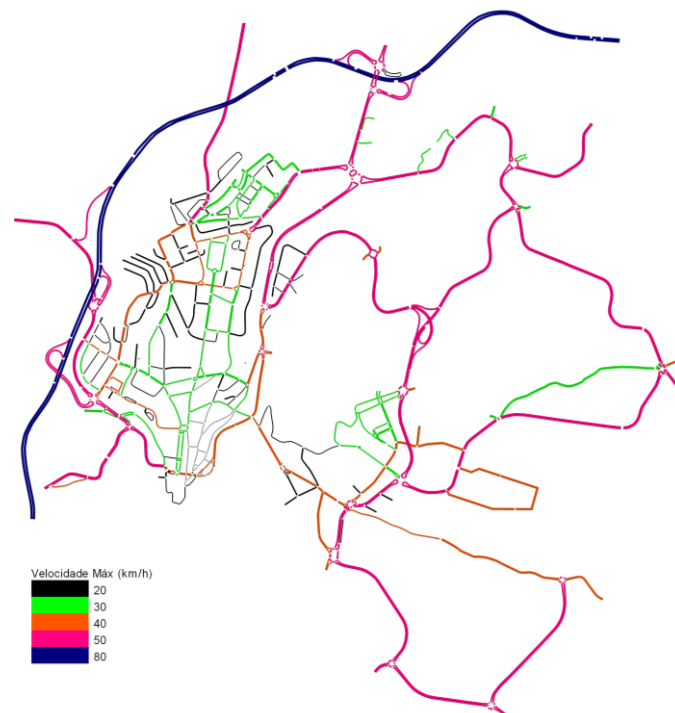


Figura 1. Velocidades máximas (desejadas) em secção

3.3.2 Escolha de trajetos

O submodelo de escolha de trajetos tem como 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 explicitamente do tempo de deslocação e implicitamente de outros fatores não quantificados (extensão do percurso, número de paragens, estado do pavimento, etc.).

Assim, adotou-se o modelo *Logit*, o qual reconhece que a população de condutores é heterogénea e que o custo percebido para cada alternativa varia entre condutores. Nestas condições, a proporção de viagens atribuída a cada trajeto depende da utilidade relativa de cada um, 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 os condutores escolhem 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 $\theta = 10$. Note-se que este parâmetro é condicionado pela diferença absoluta dos tempos de deslocação entre trajetos alternativos e, como tal, o seu valor varia muito com as características da rede. Por exemplo, num estudo recente em Viseu, baseado em inquéritos de tendência declarada, obteve-se o valor $\theta = 100$ [2].

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 15 minutos.

3.3.3 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 simulação [3]. 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 das estimativas em termos absolutos. Optou-se assim, numa primeira fase, por manter os valores dos parâmetros predefinidos pela aplicação para cada tipo de veículo.

3.3.4 Ajustamento da matriz OD

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 observados de tráfego 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 GEH¹ 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 de procura observado no período 7h30 – 10h30.

O processo de ajustamento sobre o modelo simplificado (macroscópico) conduz a um muito bom ajustamento dos volumes simulados aos observados (Figura 2, 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 2, painel direito).

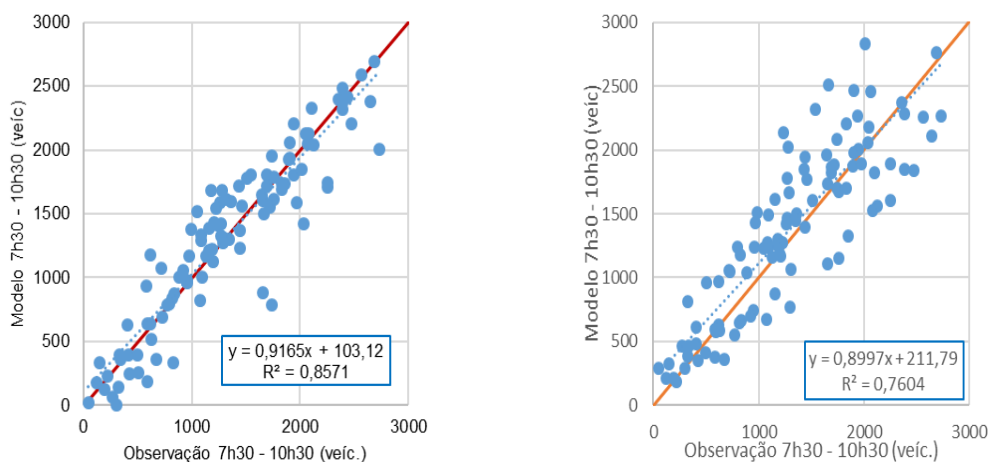


Figura 2. Comparação entre contagens reais (observadas) e simuladas. Esquerda: modelo macroscópico; Direita: modelo microscópico

3.3.5 Validação

Os trabalhos de validação assentaram nos critérios especificados pelo Departamento de Transportes do Reino Unido [4]. 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:

- a) 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 para aplicação em meio urbano;
- b) 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, utilização consistente de trajetos, replicação satisfatória dos processos de inserção nas correntes de tráfego, etc.) [5].

Assim, considerou-se não se justificar continuar a ajustar a matriz OD com o único objetivo de satisfazer os critérios. Tal resultaria em alterações profundas dos valores das células individuais com sérios riscos de perda de

¹ 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.

aderência à realidade. O modelo garante uma elevada capacidade preditiva (situações futuras) à custa de alguma capacidade descritiva (representação precisa da situação existente). Em síntese, considerou-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.

3.4 Indicadores de desempenho

A natureza microscópica do modelo permite dispor de 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, foram selecionados 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. São exemplos destes indicadores, o tempo total de deslocação, a distância total percorrida, o 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;
- 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. São exemplo os volumes horários médios e as densidades na hora de ponta da manhã (8h00 – 9h00).

4 ORGANIZAÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA EM VILA REAL

4.1 Modelação da situação atual

O modo de organização atual da rede urbana de Vila Real é extremamente simples. A rede municipal é suportada pela rede coletora formada pelas estradas de âmbito nacional (IP4, A4 e A24) as quais no seu conjunto funcionam como uma circular externa, protegendo o espaço urbano do tráfego de âmbito nacional e regional.

A nível interno, a acessibilidade ao centro é assegurada através de um conjunto de vias dispostas radialmente em relação ao centro, garantindo a sua ligação aos principais nós com a rede primária nacional. Essa estrutura é complementada por um conjunto de vias estruturantes que constituem uma “circular interna” incompleta, formada na margem direita do rio Corgo pela Av. da Europa/Av. de Onasbruck/ R. Fundadores do circuito de Vila Real e, na margem esquerda, pelo IP4.

O rio Corgo constitui uma condicionante física significativa, separando a cidade em duas partes com características diferenciadas. A margem direita que inclui o centro histórico, é situada a uma cota elevada, e integra áreas urbanas caracterizadas por disporem de uma rede viária consolidada enquanto que a margem esquerda, integra, na sua maioria extensas áreas em franco desenvolvimento ou que mantêm potencial de crescimento. A ligação entre as duas margens é assegurada pelas pontes da Timpeira (norte), Codessais (centro) Metálica (sul). A Ponte Metálica estabelece o acesso mais direto ao núcleo histórico e de serviços da cidade e continua a exercer um papel importante na acessibilidade ao centro, não obstante a existência das alternativas a norte e o facto de a sua largura apenas permitir a circulação em sentido alternado.

A aplicação do modelo de microsimulação à rede atual e à hora de ponta da manhã permitiu concluir que a rede apresenta um modo de funcionamento satisfatório, embora evidencie um conjunto de pontos críticos, cujo funcionamento se aproxima do limiar de capacidade, com geração de períodos pontuais de bloqueio e consequente aumento das demoras. Esses pontos críticos concentram-se nos eixos principais, sendo de destacar os atrasos associados à Av. 1º de Maio, resultante do deficiente funcionamento do cruzamento com a R. Miguel Bombarda (acesso à ponte). Justifica-se ainda realçar a rotunda dupla junto a Quartel que apresenta demoras pontuais associadas aos movimentos de entrada na cidade, fruto do elevado peso dos fluxos confluentes. Merecem ainda destaque as demoras pontuais registadas nas rotundas da R. Fundadores do Circuito de Vila

Real, para acesso à N15 (R. do Boque) e à R. Gaspar Sameiro. No lado oeste da cidade, as demoras concentram-se no circuito constituído pela Av. da Noruega, designadamente nas rotundas de acesso ao IP4 e na rotunda com a R. das Botelhas (antiga EN2), sendo essa situação agravada em dias de feira.

4.2 Cenários de evolução potencial da procura

Tendo por base a infraestrutura rodoviária atual, foram testados os 3 cenários de possível evolução da procura, de modo a avaliar quais os impactos previsíveis no normal funcionamento da rede viária, em função das diferentes políticas de mobilidade e de acessibilidade adotadas.

O cenário “passivo” (C1) correspondente a uma situação em que não são adotadas medidas que promovam a transferência modal das viagens em TI para modos de transporte mais sustentáveis (TP e pedonal), sendo portanto representativo do funcionamento previsível da rede, num futuro próximo, numa situação de “se nada for feito”. Os outros dois cenários, “minimalista” (C2) e “pró-ativo” (C3) refletem uma atuação no sentido de manutenção e redução dos níveis atuais de procura de TI na zona central da cidade, assumindo diferentes níveis de desenvolvimento das zonas envolventes e periféricas.

A análise efetuada procura assim e, de forma genérica, avaliar o impacto sobre a rede viária atual destes diferentes cenários de evolução da procura. Para o efeito, considerou-se que a procura poderá variar não uniformemente em toda a rede, em função da distância ao centro urbano e do nível de consolidação das zonas. Isto é, reconhece-se que nas zonas afastadas do centro:

- Os espaços não se encontram consolidados, existindo potencial para o crescimento de viagens geradas e atraídas;
- Os transportes públicos são pouco competitivos, em termos de frequência, flexibilidade de horários e tempos de trajetos, relativamente ao transporte individual.

Os cenários de evolução da procura foram estabelecidos tendo por base o agrupamento de zonas (em central, envolvente e periférica) onde se considerou que as zonas “centrais” estão consolidadas, enquanto as zonas “envolventes” ao centro e as “periféricas” mantêm um potencial limitado de desenvolvimento. O Quadro 1 apresenta as variações de tráfego admitidas para os vários cenários, considerando as diferentes combinações de origens e destinos.

Quadro 1. Definição dos cenários avaliados relativos à evolução da procura

Tipo de Zona	Cenário 1 (C1)			Cenário 2 (C2)			Cenário 3 (C3)		
	Central	Envolv.	Perif.	Central	Envolv.	Perif.	Central	Envolv.	Perif.
Central	+10%	+10%	+10%	0%	0%	0%	-10%	-10%	-10%
Envolvente	+10%	+15%	+15%	0%	+15%	+15%	-10%	+15%	+15%
Periférica	+10%	+15%	+20%	0%	+15%	+20%	-10%	+15%	+20%

Analisando os resultados da simulação obtidos para os diferentes cenários comparativamente com o cenário “atual”, salientam-se os seguintes pontos:

CENÁRIO 1: A aplicação das variações indicadas na tabela aos vários pares OD da matriz resulta numa variação global de 12,0% (28338 → 31731 veículos no período 7h30 – 10h30). A análise da simulação demonstra que a rede não tem capacidade para suportar este aumento de tráfego, com a formação de bloqueios do tipo *gridlock* nas vias envolventes do mercado e filas extremamente prolongadas na ponte metálica, nas rotundas da GNR e das Boxes e na Av. 1.º de Maio. A simulação foi interrompida pelo que não é possível apresentar os respetivos *outputs*.

CENÁRIO 2: Neste cenário admite-se que o crescimento do tráfego se restringe às zonas envolventes e periféricas e resulta num crescimento global de 5,3% (28338 → 29838 veículos no período 7h30 – 10h30). Em termos globais e considerando indicadores independentes do volume total de veículos simulados, pode confirmar-se que este cenário conduz a um agravamento das condições de circulação, e.g. velocidade de circulação: 37,0 km/h → 36.5 km/h e número total de paragens: 20521 → 22626.

É assim dedutível, que mesmo na assunção de que o crescimento do tráfego se concentra nas zonas com maior potencial de desenvolvimento, a rede viária urbana, designadamente a circular urbana, tende a ultrapassar o

limiar de capacidade e a gerar demoras significativas, nomeadamente nos nós e arruamentos de acesso ao espaço central.

CENÁRIO 3: Este cenário admite que será possível criar incentivos à utilização dos transportes públicos e/ou restrições à circulação do transporte individual nas zonas centrais da cidade, permitindo diminuir em 10% os volumes de tráfego dos pares OD com origem ou destino no centro. Estas variações representam uma diminuição global de 1,4% no tráfego total da matriz (28338 → 27944 veículos no período 7h30 – 10h30).

Esta diminuição, apesar de pouco significativa, revela-se suficiente para melhorar visivelmente as condições de circulação. Os pontos críticos são genericamente os mesmos identificados no cenário C2, mas verifica-se um desagravamento visível das condições de circulação. Tendo por referência os mesmos indicadores referidos no ponto anterior, a velocidade média aumenta de 37,0 km/h para 37,7 km/h e o número total de paragens diminui de 20521 para 19187.

SÍNTESE COMPARATIVA: O Quadro 2 apresenta de forma comparativa os indicadores globais de desempenho obtidos para cada um dos cenários estudados. A rede viária atual está a funcionar muito próxima da sua capacidade, sendo que o previsível crescimento do tráfego, mesmo que reduzido (0,5% ao ano), tenderá a resultar no seu bloqueio geral em menos de 10 anos (Cenário 1). Mesmo a assunção de que os espaços centrais já se encontram consolidados e, portanto, não apresentam potencial adicional quer de geração quer de atração de tráfego, não permitirão mitigar as previsões, as quais tenderão igualmente para o congestionamento geral a médio prazo. Apenas a adoção de uma política ativa, capaz de fomentar a transferência modal e a inerente redução dos fluxos automóveis no espaço central consolidado, designadamente através de uma política forte de gestão do sistema de estacionamento, permitirá manter a estrutura atual e preservar o carácter histórico e patrimonial do centro.

Quadro 2. Análise comparativa de indicadores de desempenho para os vários cenários estudados

INDICADOR	CENÁRIOS			
	Atual	Cenário 1 (*)	Cenário 2	Cenário 3
Vel. média harmónica (km/h)	37.0	--	36.5	37.7
Distância total percorrida (km)	81336	--	86411	80880
Atraso total (s/km)	18.3	--	19.9	17.0
Número total de paragens	20521	--	22626	19187
TTD: tempo total de deslocação (h)	2109	--	2270	2068

(*) Bloqueio da rede – não foi possível calcular indicadores

Os resultados obtidos confirmam a necessidade de implementação de medidas ativas ao nível da política de mobilidade e acessibilidade para a cidade de Vila Real no sentido de uma alteração efetiva da matriz da mobilidade, reflexo da transferência modal das deslocações em Transporte Individual para modos de transporte sustentáveis. De forma a salvaguardar alguma reserva de capacidade no acesso ao centro, essas medidas devem ser complementadas por algum nível de atuação nas redes estruturantes (coletora e distribuidora principal), principalmente ao nível dos pontos nodais.

4.3 Avaliação do impacto associado à imposição de um sentido único na ponte metálica

Por limitação da extensão do documento, foi selecionada, a título de exemplo, a avaliação de uma única medida mitigadora aos congestionamentos identificados. Optou-se por estimar o impacto resultante da imposição de um sentido único de circulação na ponte metálica, no sentido de saída do espaço central. Esta medida permitiu responder a dois problemas em simultâneo: (1) eliminar as longas filas de espera na Av. 1º de Maio; (2) dissuadir a utilização do eixo de atravessamento entre a Av. 1º de Maio e a R. Miguel Torga, protegendo o centro nobre dos movimentos de atravessamento.

A Ponte Metálica é, das três travessias urbanas do rio Corgo, a que estabelece a ligação mais direta ao centro histórico e de serviços da cidade. Está, por isso, sujeita a uma elevada procura de tráfego, principalmente a partir das zonas sul da margem esquerda. À altura, a ponte assegurava os dois sentidos de trânsito, o que face à exiguidade do perfil transversal da Rua Miguel Bombarda (ex-N313) na proximidade do cruzamento junto à Pensão Areias e a impossibilidade de proceder ao seu alargamento (edificações consolidadas), tornava inviável a

circulação simultânea nos dois sentidos. A regulação semafórica vigente estabelecia a circulação com sentidos reversíveis, o que impunha demoras extremamente elevadas. A circulação alternada limitava substancialmente a capacidade já que a necessidade de disponibilizar tempos de limpeza muito prolongados nos dois sentidos, reduzia o tempo de verde efetivo a menos de metade do ciclo semafórico, anormalmente longo (140 s).

A análise dos resultados da simulação evidenciou os benefícios resultantes da aplicação desta alteração, com impactes evidentes quer na rede envolvente quer no funcionamento das 2 outras pontes sobre o Rio Corgo. Com efeito, no sentido de saída do centro, o tráfego tenderá a aumentar significativamente ao longo da R. Miguel Bombarda, Ponte Metálica e Av. da Europa (sentido anti-horário), diminuindo na Av. 1.º de Maio entre o cruzamento junto à Pensão Areias e a rotunda da GNR. No sentido de entrada na cidade, o padrão inverte-se registando-se um aumento da procura na Av. da Europa (sentido anti-horário) e no troço da Av. Aureliano Barrigas entre a Rotunda das Boxes (Av. Europa) e a rotunda da GNR (Av. Almeida Lucena).

Em termos globais, e tendo por base comparativa o cenário de referência, esta intervenção terá um impacto que se estende, direta ou indiretamente, a grande parte da rede e que representa uma redução do tempo total de deslocação de aproximadamente 60 veíc.xhoras. A implementação da medida deverá, contudo, originar uma redistribuição do tráfego pelos acessos alternativos que importa prever e intervir de forma pró-ativa. Refira-se que, para vários pares OD que atualmente recorrem à Ponte Metálica para aceder ao centro e que tenderão a circular pela Ponte de Codessais ou pela Ponte da Timpeira, o acréscimo de tempo de trajeto será pouco significativo e poderá mesmo diminuir já que a intervenção eliminará o tráfego conflituante de inversão na rotunda da GNR, aumentando significativamente a fluidez dos movimentos provenientes da rotunda das boxes em direção ao centro através da Av. 1.º de Maio ou da Av. Almeida Lucena.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos de microssimulação de tráfego simulam o comportamento individual de veículos e condutores dentro de uma rede viária, afirmando-se como instrumentos capazes de prever os impactos previsíveis resultantes da imposição de alterações aos padrões de mobilidade, na infraestrutura física ou modos de regulação. A microssimulação de tráfego centra-se na criação de um modelo virtual da infraestrutura de transporte de uma área de intervenção o qual procura representar uma realidade de forma fidedigna.

Este artigo apresentou a construção de um modelo de simulação aplicado à cidade de Vila Real. Através deste estudo foi possível identificar que as principais potencialidades destes modelos se consubstanciam na flexibilidade da sua utilização e na capacidade de previsão relativamente a tomadas de decisão relacionadas com a alteração de políticas, estratégias ou medidas de gestão da rede viária urbana, dada a rapidez da obtenção de resultados e a reduzida margem de erro dos mesmos. Essa margem de erro depende substancialmente da capacidade dos modelos operarem com amostras representativas das populações e do parque automóvel local, pelo que as suas principais limitações residem na morosidade da construção dos modelos bem como na necessidade de operarem com dados exaustivos, os quais padecem maioritariamente de atualização sistemática.

6 REFERÊNCIAS

1. Vasconcelos, A.L.P.; Bastos Silva A.M.C; Almeida R.; Seco A.J.M., *Definição de uma Política e de Princípios De Organização da Rede Rodoviária em Vila Real – Caracterização da Mobilidade e Construção do Modelo*, Relatório técnico, 2018
2. Chaves, C., Vasconcelos, A.L.P., Bastos Silva, A., Almeida, R. (2018). Microsimulation-based evaluation of a 30 km/h zone. Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure. Zadar, Croatia, 17-19 May
3. Vasconcelos, Bastos Silva A.M.C; Seco A.J.M., Calibration of the Gipps car-following model using trajectory data. *Transportation research procedia* 3 (2014): 952-961, 2014
4. 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.
5. Dowling, R., Alexander S., and Vassili A., *Traffic analysis toolbox volume III: guidelines for applying traffic microsimulation modeling software*. No. FHWA-HRT-04-040, 2004