

SELEÇÃO DA TIPOLOGIA DE UMA INTERSECÇÃO UTILIZANDO UM SIMULADOR MICROSCÓPICO DE TRÁFEGO – UM CASO DE ESTUDO

Joaquim M. Macedo¹, Agostinho Benta¹

¹ Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Aveiro, Portugal

email: jmacedo@ua.pt <http://www.civil.ua.pt>

Sumário

As intersecções são pontos sensíveis das redes rodoviárias. A seleção correta da tipologia de uma intersecção possibilita evitar problemas associados à falta de capacidade, causa de congestionamentos, e de segurança. Porém, esta é uma tarefa complexa que requer um conhecimento aprofundado do potencial de funcionamento e das características de cada tipologia, assim como do local em estudo. Este trabalho pretende apresentar um caso de estudo no qual se pretende analisar, através de um simulador microscópico de tráfego, o desempenho de várias soluções alternativas para uma intersecção localizada em Aveiro. Conclui-se que a melhor solução é a implementação de uma rotunda com uma via exclusiva para viragens à direita e nele ficam evidenciadas as vantagens e os inconvenientes do recurso à microssimulação para este tipo de estudos.

Palavras-chave: Intersecções; microssimulação; congestionamento; indicadores de desempenho.

1 INTRODUÇÃO

As intersecções constituem-se como os pontos críticos de qualquer rede rodoviária, tanto ao nível da segurança rodoviária, como do escoamento do tráfego. É geralmente nas intersecções que se geram situações de congestionamento por falta de capacidade, o que origina atrasos consideráveis na realização das viagens.

A seleção da tipologia mais adequada para a regulação do tráfego numa intersecção de nível é um problema cuja solução é de alguma forma complexa. Em primeiro lugar, devido à existência de diversos tipos de intersecção (prioritárias, reguladas por sinais luminosos e rotundas) e às possíveis configurações geométricas que cada solução pode apresentar. Em segundo lugar, porque em algumas situações as flutuações nos padrões de procura, designadamente em termos de volumes de tráfego e sua repartição pelos vários movimentos, pode originar problemas de falta de capacidade que originam congestionamentos, muitas vezes devidas a conceções geométricas pouco eficientes.

Tradicionalmente o processo de seleção é efetuado com base em critérios de seleção. Esses critérios têm em consideração vários aspetos, desde o desempenho previsto para a intersecção, nomeadamente no que concerne à determinação de indicadores de desempenho, passando pela integração das intersecções numa lógica de hierarquização viária e culminando em análises custo-benefício, nas quais são comparados os custos de construção e de manutenção com os ganhos em termos de segurança rodoviária, redução dos tempos de viagem e melhoria da qualidade ambiental que cada solução permite. De todos estes critérios, os baseados no desempenho são talvez os de uso mais corrente. Para tal, são estimados indicadores de desempenho recorrendo a métodos que se podem incluir numa das seguintes categorias: estatísticos (empíricos); probabilísticos e de simulação. Nos últimos anos tem-se verificado um uso cada vez mais generalizado de modelos de simulação microscópica de tráfego como ferramenta de análise de problemas de engenharia de tráfego, nos quais esta temática se insere.

A simulação microscópica de tráfego, também conhecida na literatura por microssimulação de tráfego, é uma ferramenta de análise relativamente recente capaz de realizar análises detalhadas das condições operacionais de

uma infraestrutura rodoviária, através da simulação do comportamento de cada um dos veículos presentes numa corrente de tráfego.

Com os simuladores microscópicos de tráfego é assim possível recriar num ambiente virtual o movimento individual dos veículos num sistema de tráfego, e a partir dessa representação construir um conjunto de cenários que permitem a análise de diversas soluções, sendo por exemplo possível prever os resultados de alterações geométricas nos vários elementos da infraestrutura rodoviária, designadamente nas intersecções, e avaliar os possíveis benefícios das diferentes configurações.

O principal objetivo deste trabalho é apresentar um estudo no qual se analisaram diferentes configurações geométricas para uma intersecção real na qual é recorrente problemas de congestionamento. Para o efeito foram construídos e testados vários cenários, utilizando um simulador microscópico de tráfego, o simulador AIMSUN, refletindo esses cenários diferentes tipologias de intersecções, configurações geométricas e de regulação. Dessa forma foi possível a determinação de indicadores que possibilitaram a comparação das soluções. Para além da microssimulação foram utilizadas análises através de metodologias clássicas propostas na literatura da especialidade de modo a validar algumas das simulações.

Os resultados obtidos foram comparados entre si, tendo ficado patente as vantagens do recurso à microssimulação, apesar de ser uma ferramenta cuja utilização é mais onerosa, uma vez que permitiu a obtenção de indicações mais detalhadas sobre aquilo que é necessário fazer para melhorar a resposta da intersecção em análise para os níveis de tráfego considerados.

2 O SIMULADOR DE TRÁFEGO AIMSUN

O simulador de tráfego AIMSUN (*Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks*) foi concebido e desenvolvido pelo Laboratório de Investigação Operacional e Simulação (LIOS), um grupo de investigação que pertence ao Departamento de Estatística e Investigação Operacional da Universidade Politécnica da Catalunha em Espanha, tendo sido a sua versão inicial lançada em 1987 [1]. O AIMSUN é capaz de reproduzir em ambiente virtual as condições reais de tráfego em diferentes redes viárias [2]. Atualmente o AIMSUN é um produto comercial que consiste num simulador microscópico de tráfego que tem como objetivo principal a simulação de tráfego em redes urbanas e interurbanas, contendo para tal um vasto conjunto de sistemas avançados em telemática de Transportes [3]. O seu interface gráfico proporciona ao utilizador uma plataforma simples para a construção do modelo e para a utilização do mesmo como ferramenta de avaliação [3].

O AIMSUN realiza a modelação microscópica do movimento dos veículos recorrendo a um modelo de seguimento baseado no modelo proposto por Gipps [4,5] e num modelo de mudança de via desenvolvido com base no modelo de mudança de via proposto pelo mesmo autor [5,6]. Os modelos existentes no AIMSUN e a sua arquitetura são capazes de modelar detalhadamente uma rede viária, permitindo distinguir diferentes tipos de veículos, modelar a procura de tráfego através de volumes de tráfego e proporções de viragens ou de matrizes origem-destino (O/D) e de modelos de escolha de percursos. Possibilita ainda a consideração de uma vasta gama de tipos de estradas, desde vias urbanas até autoestradas, é capaz de modelar sistemas semaforizados e ainda o impacto de incidentes e de painéis de mensagem variável. Com o AIMSUN é ainda possível replicar qualquer tipo de detector, possibilitando dessa forma a recolha de dados com qualquer tipo de detalhe [7].

Na sua última versão o AIMSUN, para além do modelo de microssimulação de tráfego, contém um modelo mesoscópico e um modelo macroscópico. Isto permite-lhe que haja uma verdadeira integração ao nível do detalhe, facilitando o uso do *software* pelo utilizador pois permite-lhe com a mesma representação da rede, os mesmos dados de base e consequentemente com o mesmo modelo, obter resultados mais ou menos detalhados (www.aimsun.com).

3 METODOLOGIA DO ESTUDO

O estudo realizado consistiu na comparação do desempenho previsto, através da utilização de uma ferramenta de simulação microscópica de tráfego, de vários tipos de intersecção e correspondentes configurações geométricas, de modo a procurar-se a solução que melhor regule a circulação do tráfego numa intersecção situada em Aveiro. Foram assim considerados diversos cenários, que foram posteriormente codificados e simulados no simulador AIMSUN. Procurou-se através da utilização dessa ferramenta analisar e comparar o desempenho de cada uma

das soluções ensaiadas, de modo a encontrar-se a que melhor se ajusta às condicionantes geométricas e de tráfego locais, análise essa que seria de difícil concretização no caso de se aplicarem as metodologias tradicionais.

3.1 Caracterização da Intersecção Analisada

A intersecção em análise situa-se na junto à entrada da cidade de Aveiro, constituindo-se como a intersecção entre a Rua Condessa Mumadona, a Rua de Calouste Gulbenkian, a Rua da Pega e a Rua dos Santos Mártires. Todas estas vias têm importância na rede viária da cidade de Aveiro. A Rua Condessa Mumadona faz a ligação à rotunda do nó das pirâmides e para além disso recebe o tráfego proveniente da zona da Gafanha da Nazaré, da Costa Nova e da Barra e que utiliza a A25 para chegar a Aveiro. De referir que o nó das pirâmides constitui uma das entradas e saídas principais da cidade de Aveiro, uma vez que é por este nó que passa a maioria do tráfego gerado e atraído de importantes polos como sendo a Universidade de Aveiro, o Hospital Infante D. Pedro e parte importante da zona envolvente à Avenida Lourenço Peixinho. Quanto à Rua da Pega, esta serve predominantemente a Universidade de Aveiro, enquanto a Rua Calouste Gulbenkian serve, para além da universidade, o hospital e as zonas envolventes. Finalmente, a Rua dos Santos Mártires tem uma importância mais local, uma vez que serve a zona residencial envolvente e funciona como via de atravessamento para algum tráfego proveniente da zona a Norte.

A intersecção atualmente encontra-se regulada por sinais luminosos usando uma estratégia do tipo semi-atuado. O plano de regulação é composto por 3 fases, sendo que na fase A avança o tráfego proveniente das Ruas Condessa Mumadona e Calouste Gulbenkian, na fase B recebe o sinal verde o tráfego da Rua dos Santos Mártires e finalmente o tráfego que chega pela Rua da Pega recebe autorização para avançar na Fase C. De notar que nem todos os movimentos direcionais são possíveis, estando impedidos os movimentos de viragem à esquerda a partir, quer da Rua Condessa Mumadona, quer da Rua Calouste Gulbenkian. Os tempos de amarelo e de tudo vermelho são igual a 3 e 2 segundos, respetivamente, para todas as fases. Quer na Rua dos Santos Mártires, quer na Rua da Pega estão localizados sensores atuados pelo tráfego, que procedem à extensão do tempo de verde, sempre que os volumes de tráfego aí existentes o obriguem. Em termos geométricos, todas estas vias apresentam um perfil transversal do tipo estrada de duas vias, ou seja, uma faixa de rodagem com uma via de tráfego em cada sentido com larguras por via que variam entre os 3,5 e os 4,0 m. Na Figura 1 apresenta-se uma imagem aérea da intersecção em causa.



Fig.1. Vista aérea da intersecção em estudo (Bing Maps, 2013)

Em relação às condicionantes, na Figura 1 é possível constatar que se trata de um local fortemente condicionado por construção marginal, o que cria condicionalismos em termos de ocupação do solo e conseqüentemente ao nível das características geométricas que podem ser implementadas nas soluções estudadas.

A escolha desta intersecção prendeu-se com o facto de, por um lado, se tratar de uma das principais entradas na cidade de Aveiro, por outro, por ser um dos principais focos de problemas relacionados com o congestionamento

na cidade. Estes problemas são apesar de tudo limitados no tempo, uma vez que ocorrem sobretudo durante a hora de ponta da manhã e coincide com o início das atividades letivas, devido fundamentalmente à chegada de alunos, funcionários e docentes. Porém, apesar de ser um problema limitado, a extensão da fila de espera que se gera na Rua Condessa Mumadona é de tal forma que cria por vezes problemas, quer na rotunda das pirâmides, quer na própria A25 (Figura 2). Para além disso, a repartição do tráfego pelos vários movimentos é muito variável, o que obriga a que a solução escolhida para a intersecção seja suficientemente flexível para acomodar essas flutuações.



Fig.2. Localização da intersecção na rede viária de Aveiro (Google Maps, 2013)

3.2 Dados Recolhidos

Com a finalidade de se conhecerem, por um lado quais as proporções do volume tráfego total que chega à intersecção que corresponde a cada entrada, e por outro lado quais as respetivas repartições direcionais, foram efetuadas contagens de tráfego para o período de ponta da manhã. Com base nessas contagens e procedendo a uma homogeneização dos volumes de tráfego em veículos ligeiros equivalentes através da conversão dos veículos pesados, encontraram-se as matrizes origem-destino que serão utilizadas no processo de modelação. O fator de equivalência de veículos pesados em veículos ligeiros utilizado foi $E=1,5$, valor indicado no HCM2000 [8] para as condições da situação em análise. Na Figura 3 apresentam-se as matrizes origem-destino, para os quatro períodos de 15 minutos que compõem a hora de ponta (que se verificou que ocorre entre as 8h15m e as 9h15min), que serão utilizadas na simulação microscópica e nas quais está patente a grande flutuação existente no padrão de procura que se observa naquele local. De notar que apesar de se tratar de uma intersecção com 4 ramos de entrada, as matrizes apresentadas consideram 5 pares de origens-destinos, de modo a que fosse possível uma modelação adequada da chegada do tráfego provenientes da A25 e rotunda das pirâmides à Rua Condessa Mumadona. Esta opção foi de crucial importância para que o modelo construído fosse capaz de representar de forma correta a evolução das filas de espera.

Período das 8h15m às 8h30m

O/D	B	C	D	E
A	0	0	396	56
B	0	0	292	44
C	12	0	136	8
D	448	176	0	0
E	32	52	16	0

Período das 8h30m às 8h45m

O/D	B	C	D	E
A	0	0	376	104
B	0	0	360	100
C	8	0	88	92
D	520	188	0	0
E	40	48	16	0

Período das 8h45m às 9h00m

O/D	B	C	D	E
A	0	0	456	320
B	0	0	456	316
C	24	0	76	96
D	412	84	0	0
E	64	72	8	0

Período das 9h00m às 9h15m

O/D	B	C	D	E
A	0	0	144	124
B	0	0	132	116
C	24	0	88	328
D	404	128	0	0
E	56	16	24	0

Legenda:

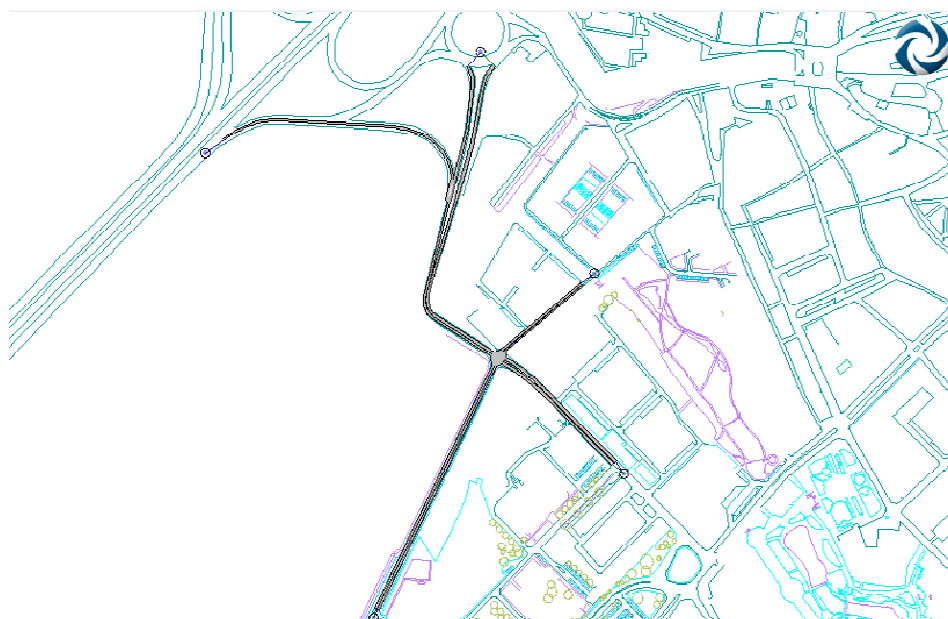
- A - Nó das Pirâmides
- B - Rotunda das Pirâmides
- C - Rua dos Santos Mártires
- D - Rua de Calouste Gulbenkian
- E - Rua da Pega

Fig. 3 – Matrizes origem-destino com as proporções de tráfego observadas (uvl/h)

3.3 Cenários Analisados

Neste estudo foram analisados cinco cenários (Figura 4) que correspondem às seguintes tipologias de intersecções e configurações geométricas:

- Cenário Base – Corresponde à configuração geométrica da intersecção que se encontra atualmente construída e em funcionamento e cujas características foram já apresentadas neste trabalho;
- Cenário A – Otimização do sistema semafórico existente mantendo a estratégia semi-atuada. A otimização foi conseguida através da alteração do tempo de ciclo máximo para 120 segundos;
- Cenário B – Alteração da intersecção para uma do tipo prioritária, nas quais as Ruas Santos dos Mártires e da Pega são estradas secundárias (ou não prioritárias).
- Cenário C – Alteração da intersecção para uma do tipo rotunda semi-galgável, uma vez que o espaço existente não deixa que o diâmetro do círculo inscrito (DCI) seja superior a 24 m, e a existência de pesados obriga a uma compatibilização entre as necessidades de manobrabilidade dos pesados e a obrigatoriedade de deflexão e canalização dos movimentos dos veículos ligeiros;
- Cenário D – Inclusão no cenário B de uma via exclusiva para veículos que pretendam efetuar o movimento de viragem à direita a partir da Rua Condessa Mumadona em direção à Rua da Pega (em direção à universidade).



a) Vista geral do cenário base

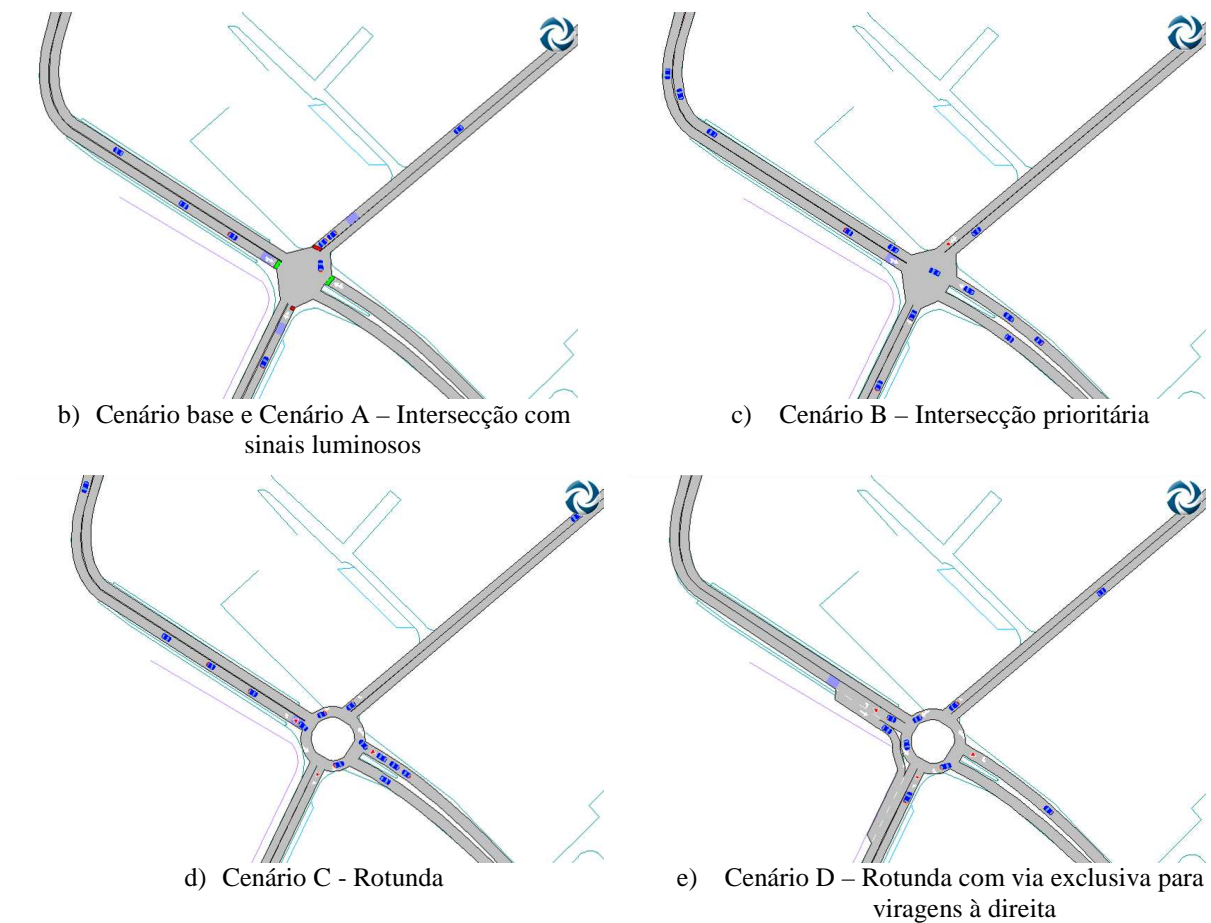


Fig. 4 – Cenários analisados

3.4 Modelação dos Cenários

3.4.1 Codificação

O processo de modelação dos vários cenários teve início com a sua codificação no simulador AIMSUN. Para esse efeito utilizaram-se fotografias aéreas disponíveis na plataforma Google Maps. Esse procedimento facilitou a codificação de toda a configuração geométrica da intersecção para o cenário base, tendo os restantes cenários sido codificados a partir dessa codificação.

Para além das características geométricas, foram também definidas as velocidades nas aproximações à intersecção, tendo-se para tal considerado uma velocidade desejável igual a 50 km/h, limite legal para circulação em meio urbano. Como simplificação admitiu-se que as correntes de tráfego eram apenas compostas por veículos ligeiros de passageiros, uma vez que o número de pesados é residual (inferior a 1,0%).

A afetação de tráfego foi realizada a partir das proporções indicadas nas matrizes O/D da Figura 3. De referir ainda, que o período de análise foi de 1h30m, correspondendo a primeira hora aos valores apresentados na Figura 2 e tendo-se utilizado para os 30 minutos finais a matriz O/D correspondente ao último período de 15 minutos da hora de ponta. Esta opção teve a ver com alguns constrangimentos na recolha de dados que impossibilitaram que se recolhesse essa informação real. Aliás, tais constrangimentos impediram que se realizasse a análise para a hora de ponta da tarde e ainda que fosse possível uma calibração e validação mais refinada da modelação utilizando mais dados reais. Na Figura 4 apresentaram-se os vários cenários que foram analisados.

Relativamente ao número de repetições em cada simulação, considerou-se, de acordo com indicações existentes na literatura [9], que seriam suficientes 10 repetições para responder ao carácter estocástico destes simuladores. Assim, os resultados apresentados correspondem aos valores médios obtidos a partir dessas 10 repetições.

3.4.2 Calibração e Validação

No que respeita à calibração do modelo, e uma vez que se trata de um estudo de carácter exploratório em que se pretende comparar o desempenho de vários tipos de intersecção, os parâmetros que foram utilizados para efetuar as várias simulações foram, numa primeira aproximação, os considerados por defeito no simulador AIMSUN. Esta opção revelou-se adequada visto que se constatou que o comportamento simulado se aproximava, nomeadamente em termos de filas de espera geradas, do observado em campo, pelo que não foram desenvolvidos esforços adicionais neste campo. Foram então usados esses parâmetros na simulação das soluções semaforizada e prioritária.

Relativamente às rotundas, realizou-se um processo de validação, no qual se comparou os resultados obtidos para a capacidade de uma das entradas através do simulador (a entrada pela Rua Condessa Mumadona) usando os parâmetros já utilizados para as outras tipologias, com os valores da capacidade estimados através da metodologia preconizada pelo *Transport Research Laboratory* (TRL) e incorporada no *software* ARCADY [10] (Figura 5). Foram utilizados nesse cálculo os seguintes parâmetros geométricos: DCI = 24 m; $\phi = 60^\circ$; $r = 10$ m; $e = 3,5$ m; $v = 3,5$ m; $l' = 0$. Os resultados obtidos através do simulador correspondem ao valor médio de 10 repetições efectuadas para cada simulação, tendo-se feito variar o volume conflituante em cada uma delas usando as mesmas sementes aleatórias em todas as simulações.

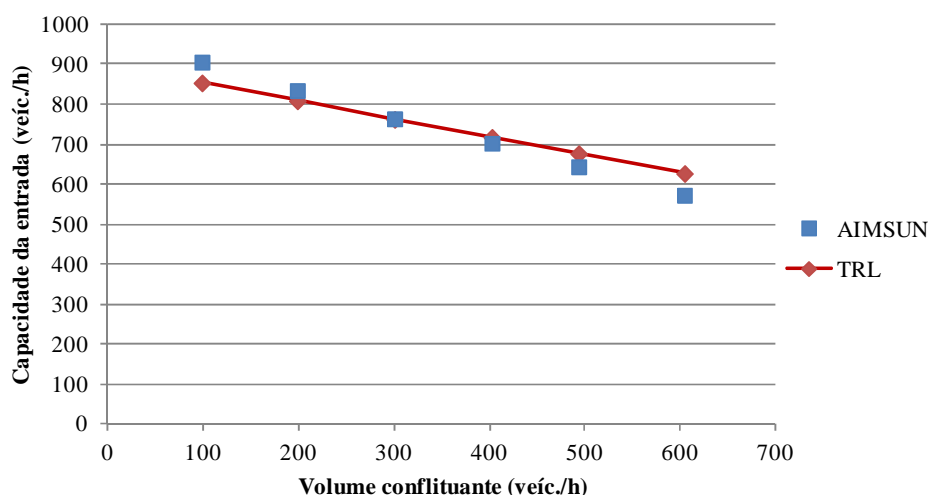


Fig.5. Validação dos resultados para o caso da rotunda

Os resultados ilustrados na Figura 5 mostram que os valores obtidos através do microsimulador se aproximam dos atingidos por intermédio da metodologia do TRL. Assim, também para esta tipologia se utilizaram os parâmetros definidos por defeito no simulador AIMSUN.

4 RESULTADOS OBTIDOS

As simulações efetuadas para os vários cenários possibilitaram a obtenção, para o período de análise de 1h30m, dos valores médios dos atrasos ao fim de cada período de 5 minutos. Uma vez que a entrada correspondente à Rua Condessa Mumadona é aquela que apresenta problemas, optou-se numa primeira fase por a analisar individualmente. A Figura 6 ilustra os resultados atingidos para cada um dos cenários simulados.

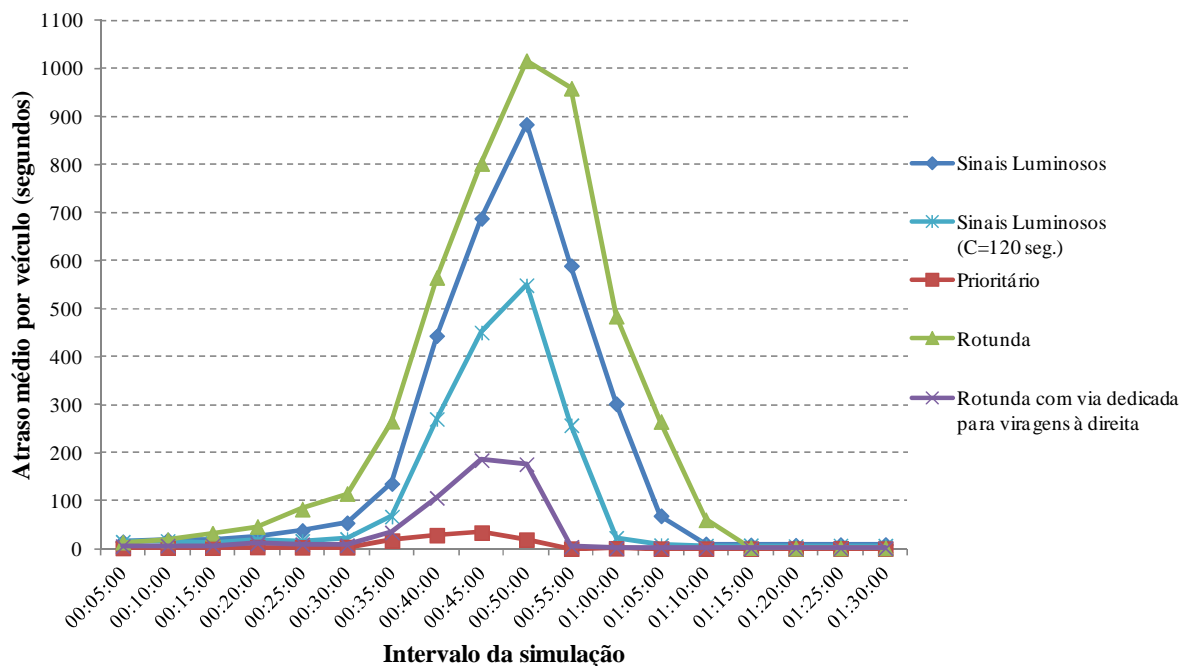


Fig.6. Atrasos médios para a entrada – Rua Condessa Mumadona

Analisando estes resultados verifica-se que a solução prioritária é aquela que apresenta os melhores resultados, quando se analisa isoladamente esta entrada. Relativamente à solução semaforizada existente, a rotunda apresenta piores resultados, no entanto o seu comportamento melhora consideravelmente quando se adota uma via exclusiva para os movimentos de viragem à direita, que como se pode constatar da análise das matrizes O/D tem neste caso um peso importante. Fica também patente que o desempenho da solução semaforizada existente pode ser melhorado, mantendo-se a mesma estratégia de regulação. Para tal, basta que seja aumentado o tempo de ciclo para 120 segundos (valor que usualmente é considerado para o ciclo máximo [11]), o que irá permitir que a fase que possibilita o avanço dos veículos a partir do ramo da Rua Condessa Mumadona possa ter 80 segundos de tempo de verde.

No entanto, e apesar da solução prioritária ter apresentado os melhores resultados, habitualmente a implementação deste tipo de solução acarreta alguns problemas ao nível do escoamento de tráfego nas vias que perdem prioridade, uma vez que os veículos não prioritários têm de ceder a passagem aos veículos que circulam nas vias prioritárias, aumentando-lhes consideravelmente os seus atrasos.

Assim, analisando mais em pormenor o comportamento da intersecção prioritária, e tomando agora como referência os atrasos médios obtidos para toda a intersecção (Figura 7), verifica-se que a solução prioritária deixa de ser a mais interessante, tornando-se claramente na pior solução.

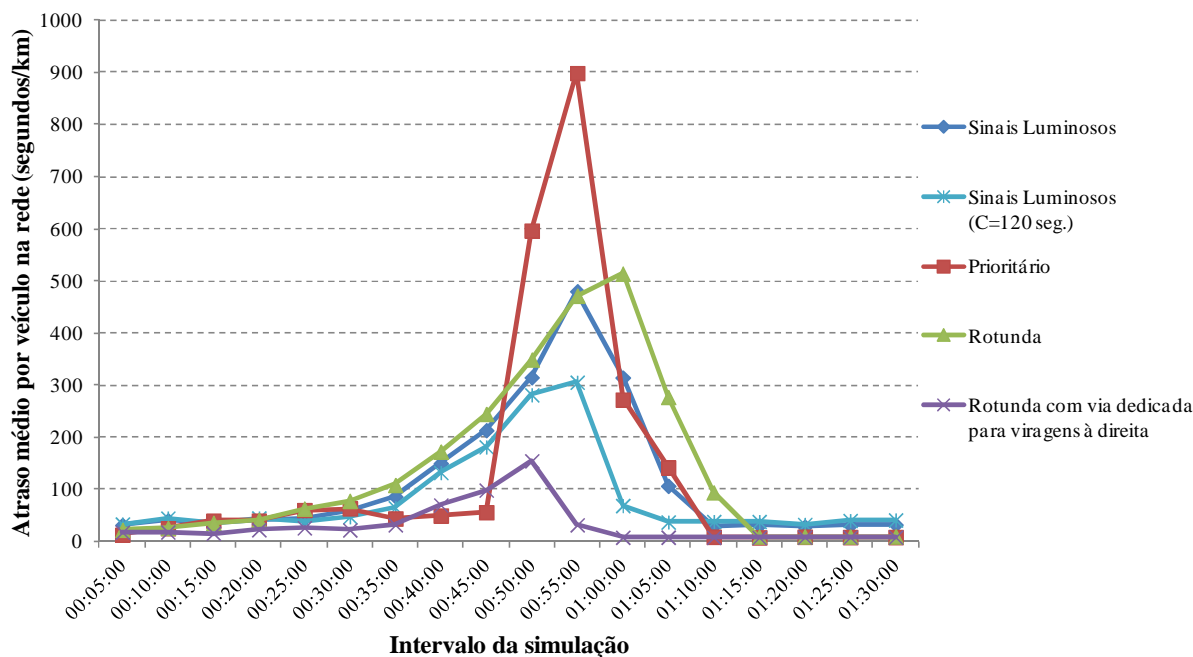


Fig.7. Atrasos médios na intersecção

Mais uma vez a solução rotunda convencional apresenta resultados ligeiramente piores do que a solução semaforizada existente quando os volumes de tráfego são mais elevados. Porém, neste caso verifica-se que para volumes de tráfego baixos a rotunda apresenta melhores resultados do que as soluções com sinais luminosos, visto que nessas condições não impõe atrasos aos movimentos que têm de aguardar pelo verde, mesmo que não haja tráfego nos movimentos que têm permissão para avançar. De realçar ainda que o tempo perdido por ciclo, que nos casos considerados é de 15 segundos, irá corresponder a atraso que será sofrido por todos os veículos que entram na intersecção e que no caso das rotundas esse atraso não existe.

Tal como já tinha ficado patente anteriormente, a solução semaforizada existente pode ser otimizada, melhorando-se o seu desempenho quando os volumes de tráfego são mais elevados. No entanto, para volumes de tráfego mais baixos o aumento do tempo de ciclo irá prejudicar o desempenho, situação que poderá ser facilmente ultrapassada através da modificação da estratégia de regulação para o tipo totalmente atuado.

Destes resultados ressalta que o comportamento da rotunda com via dedicada para viragens à direita na Rua Condessa Mumadona, é claramente o melhor. Esta solução exibe todas as vantagens associadas normalmente às rotundas [12], conseguindo ainda minimizar consideravelmente o problema de congestionamento que a Rua Condessa Mumadona apresenta.

De notar que todas as soluções apresentaram valores para os atrasos médios por veículo superiores ao valor máximo definido no HCM2000 [8] para o nível de serviço E (50 segundos para intersecções prioritárias e rotundas, 80 segundos para intersecções com sinais luminosos), pelo que todas elas estariam tecnicamente congestionadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do estudo realizado concluiu-se que para este caso de estudo e tendo como base as soluções testadas, a solução que apresenta melhor desempenho global é a de rotunda com via dedicada para os movimentos de viragem à direita. Como já foi referido esta solução apresenta todas as vantagens geralmente associadas às rotundas, conseguindo-se ainda uma melhoria considerável de desempenho com a via exclusiva para viragens à direita, que nesta situação em concreto tem um importância considerável. Para além disto, esta solução possibilita a reposição dos movimentos de viragem à esquerda a partir da Rua Condessa Mumadona e Rua de Calouste Gulbenkian, que atualmente estão proibidos, pois estes deterioram consideravelmente o desempenho de qualquer

solução semaforizada. Ficou ainda claro que a solução semaforizada existente pode ser otimizada, melhorando-se de forma considerável o seu desempenho com um investimento residual.

No entanto, ficou também evidente que nenhuma das soluções é capaz de resolver definitivamente o problema de congestionamento que se verifica naquele local. Uma solução definitiva teria sempre de passar pelo desnivelamento de parte dos movimentos, por forma a conseguir-se uma segregação espacial dos conflitos entre correntes de tráfego, eliminando-se dessa forma o congestionamento.

Importa ainda referir que neste caso em concreto, seria extremamente interessante a realização de um estudo antes e depois, no qual se comparasse o desempenho da solução atual, com o desempenho de uma solução do tipo rotunda (uma vez que ficou claro neste estudo que as rotundas têm vantagens e desvantagens relativamente aos sinais luminosos) que seria implementada de forma provisória através da desativação da sinalização luminosa, da colocação da sinalização vertical de rotunda e da materialização de uma ilha central, por exemplo, através de separadores do tipo “New Jersey” de plástico. Dessa forma, com um investimento modesto seria possível verificar, através de uma monitorização contínua, se haveria ou não melhorias de desempenho, poder-se-ia otimizar a solução e regressar à solução original caso se constata-se que não haveria vantagens na alteração. Uma metodologia deste tipo seria também útil para validar com dados reais as previsões efetuadas a partir da microsimulação e ainda para efetuar a comparação das soluções com níveis de tráfego muito distintos ao longo do dia, característicos deste local de estudo.

Um outro aspeto que importa salientar deste trabalho é a constatação das inúmeras vantagens que a utilização dos modelos de simulação microscópica de tráfego apresentam, relativamente às metodologias tradicionais, pois possibilitam a análise de configurações geométricas complexas e cenários que essas metodologias não contemplam. No estudo aqui apresentado, a análise do desempenho da solução de rotunda com a via exclusiva para viragem à direita seria de muito difícil consecução caso se utiliza-se, por exemplo, uma metodologia como a proposta pelo TRL [10] ou pelo HCM2000 [8]. No entanto, a utilização deste tipo de ferramentas é mais onerosa do que as metodologias tradicionais, pois requer mais tempo, informação e um conhecimento do seu funcionamento.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores desta comunicação agradecem a: Luís Amaral Silva; Luís Barbosa; Mamadú Sambú e José António Gonçalves a colaboração na fase de recolha de dados de tráfego. Um agradecimento especial ao Eng.º Frederico Moura e Sá pela preciosa ajuda e comentários.

7 REFERÊNCIAS

1. J. Barceló, Microscopic Traffic Simulation: A tool for the Analysis and Assessment of ITS Systems, Highway Capacity Committee, *Half Year Meeting*, Lake Tahoe, July 2001.
2. TSS, *Microsimulator and Mesosimulator Aimsun 6.1 User's Manual*, TSS- Transport Simulation Systems, 2010.
3. SMARTTEST, *SMARTTEST Project Deliverable D3*, European Commission, 4th Framework Programme, Transport RTD Programme, Contract N°: RO-97-SC.1059, August 1997.
4. Gipps, P. G., A behavioural car-following model for computer simulation, *Transportation Research Part B: Methodological*, 15(2) 105-111, 1981.
5. Gipps, P. G., MULTSIM: a model for simulating vehicular traffic on multi-lane arterial roads, *Math Computation Simulation*, 28 291-295, 1986.
6. Gipps, P. G., A model for the structure of lane-changing decisions, *Transportation Research Part B: Methodological*, 20(5) 403-414, 1986.
7. Xiao, H., Ambadipudi, R., Hourdakakis, J., Michalopoulos, P, *Methodology for Selecting Microscopic Simulators: Comparative Evaluation of AIMSUN and VISSIM*, Technical Report CTS 05-05, Department of Civil Engineering, Univ. of Minnesota, 2005.

8. TRB, *Highway Capacity Manual 2000*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., U.S.A, 2000.
9. Bloomberg, L., Dale, J., A Comparison of the VISSIM and CORSIM Traffic Simulation Models, *Institute of Transportation Engineers Annual Meeting*, Agosto de 2000.
10. Semmens, M.C. *ARCADY2: An Enhanced Program to Model Capacities, Queues and Delays at Roundabouts*, TRRL Research Report 35, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, U.K., 1985.
11. Costa, A.P., Seco, A., Vasconcelos, A., Sinais Luminosos, *Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária*, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDRN), 2008
12. Macedo, J., *Seleção da Tipologia de Cruzamentos em Função da Procura*, Dissertação de Mestrado em Vias de Comunicação, FEUP, 2005.