



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

**Propostas de Intervenção para Carreiras de Transportes
Colectivos em Troços de Reduzida Velocidade Comercial**

Pedro Filipe Lopes Caetano

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em:

Engenharia Civil

Júri:

Presidente: Professor Doutor José Álvaro Pereira Antunes Ferreira

Orientador: Professor Doutor João António de Abreu e Silva

Vogais: Professor Doutor Filipe Manuel Mercier Vilaça Moura

Outubro 2011

Agradecimentos

Agradeço a ajuda, sem a qual não seria possível ter terminado esta dissertação:

Ao Professor João António de Abreu e Silva, o meu orientador, por todo o apoio dado e pela paciência demonstrada durante a resolução dos vários problemas associados à elaboração desta dissertação.

Ao Dr. João Cunha e a toda a equipa da Rodoviária de Lisboa, pelo apoio e ajuda disponibilizada para a realização da dissertação.

Ao Professor Filipe Manuel Mercier Vilaça e Moura, que apesar de não ser orientador desta dissertação, forneceu ajuda e sugestões importantes para o resultado final.

À Cláudia Pona e ao Rodrigo Vargas, pela partilha de algumas das informações obtidas junto da Rodoviária de Lisboa e pelas críticas feitas, que ajudaram a melhorar o resultado final.

À minha Família e Amigos, sem o apoio dos quais teria sido impossível terminar esta dissertação.

Resumo e Palavras-chave

Abstract

This dissertation has as its main objective to study the aspects that could reduce commercial speed in order to devise measures which could be applied to maximize commercial speed. With this objective and with help from Rodoviária de Lisboa, Avenida de Moscavide in Moscavide was chosen as a case study. A Microsimulation model was built to simulate Avenida de Moscavide, the bus services, traffic, pedestrian's crossings, second lane parking and loading/unloading operations. Afterwards several changes were tested in this model. They included reduction in distance between stops, variation of stops duration, variation of traffic volumes, variation of pedestrian crossings, incidence of second lane parking and loading/unloading operations. The results obtained showed that pedestrian crossing volumes, second lane parking and loading/unloading operations impact strongly on the commercial speed. Strongly reducing or eliminating these constraints imply changes of up to 42% in the commercial speeds. On the other hand reducing the distance between stops from 500m to 250m reduces the commercial speed in 14%. These results and the implications that they can have on the design of measures and policies aimed at increasing the commercial speed of buses are discussed.

Keywords

Microsimulation, Commercial Speed, Bus, Energetic Efficiency.

Resumo

Este trabalho tem como objectivo principal estudar os aspectos que podem reduzir a velocidade comercial, a fim de elaborar medidas que possam ser aplicadas para a maximizar. Com esse objectivo e com a ajuda da Rodoviária de Lisboa, a Avenida de Moscavide em Moscavide foi escolhida para ser estudada. Um modelo de Microssimulação foi construído para simular a Avenida de Moscavide, os serviços de autocarro, trânsito, peões, estacionamento em segunda fila e operações de carga/descarga. De seguida, foram testadas várias medidas potenciais neste modelo, como a redução da distância entre as paragens, a variação da duração das paragens, a variação dos volumes de tráfego, a variação dos fluxos de peões, e a incidência do estacionamento em segunda fila e das operações de cargas/descargas. Os resultados obtidos mostraram que os fluxos de peões, o estacionamento em segunda fila e as cargas/descargas têm um forte impacto na velocidade comercial. Pelo que, uma forte redução ou eliminação dessas restrições implica mudanças até 42% na velocidade comercial. Por outro lado, a redução da distância entre paragens de 500m a 250m reduz a velocidade comercial em 14%. Neste trabalho são discutidos estes resultados e as implicações que eles podem ter sobre a concepção de medidas e políticas destinadas a aumentar a velocidade comercial.

Palavras-chave

Microssimulação, Velocidade Comercial, Autocarro, Eficiência Energética.

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2	OBJECTIVOS.....	1
1.3	ESTRUTURA	2
2	ENQUADRAMENTO	3
2.1	MEDIDAS.....	9
2.1.1	<i>Veículo</i>	<i>9</i>
2.1.2	<i>Infra-estrutura</i>	<i>10</i>
2.1.3	<i>Características do Serviço.....</i>	<i>13</i>
2.1.4	<i>Medidas mais aplicadas</i>	<i>14</i>
3	CASO DE ESTUDO	16
3.1	RECOLHA DE DADOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DA REDE	19
3.2	DADOS RECOLHIDOS ATRAVÉS DO GISFROT	21
3.3	DADOS DE CARACTERIZAÇÃO DA PROCURA RODOVIÁRIA, PEDONAL, ESTACIONAMENTO E CARGAS E DESCARGAS.....	22
3.3.1	<i>Fluxos de Viaturas e Peões.....</i>	<i>22</i>
3.3.2	<i>Estacionamento em segunda fila e cargas e descargas</i>	<i>24</i>
4	MODELO	27
4.1	MICROSSIMULAÇÃO	27
4.2	CONSTRUÇÃO DO MODELO	29
4.3	TRANSPORTE COLECTIVO.....	30
4.4	TRANSPORTE INDIVIDUAL	30
4.5	PEÕES	31
4.6	ESTACIONAMENTO EM SEGUNDA FILA E CARGAS E DESCARGAS	32
4.7	VERIFICAÇÃO, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO.....	33
4.8	MEDIDAS A TESTAR	34
5	RESULTADOS.....	36
5.1	NÚMERO DE PARAGENS E CARREIRA DA CARRIS	36
5.2	ESTACIONAMENTO EM SEGUNDA FILA E CARGAS/DESCARGAS	37

5.3	PEÕES	40
5.4	VARIAÇÕES NOS VOLUMES DE TRÁFEGO	41
5.5	TEMPO DE PARAGEM.....	42
5.6	COMPARAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS	44
5.7	MEDIDAS.....	45
6	CONCLUSÕES.....	47
7	REFERÊNCIAS.....	49
8	ANEXOS.....	51

Lista de Tabelas, figuras e abreviaturas

Figuras

Figura 1 – Avaliação de um aumento da velocidade comercial.....	7
Figura 2 – Exemplo de um cruzamento com vias para ultrapassar o congestionamento	12
Figura 3 – Tempos de viagem para uma onda verde e diferentes localizações das paragens	13
Figura 4 – Avenida de Moscavide	17
Figura 5 – Primeiro cruzamento da Avenida de Moscavide, imagem recolhida no local no dia 26 de Agosto de 2010	18
Figura 6 – Terceiro troço da Avenida de Moscavide, imagem recolhida no local no dia 26 de Agosto de 2010	18
Figura 7 – Estacionamento em Segunda fila na Avenida de Moscavide, imagem recolhida no local no dia 26 de Agosto de 2010.	25
Figura 8 – Cargas e Descargas na Avenida de Moscavide, imagem recolhida no local no dia 26 de Agosto de 2010	26
Figura 9 – Modelo final da rede.....	29
Figura 10 – Movimentos permitidos e Sinalização do primeiro cruzamento	52
Figura 11 – Movimentos permitidos e Sinalização do segundo cruzamento.....	53
Figura 12 – Movimentos permitidos e Sinalização do terceiro cruzamento	53
Figura 13 – Movimentos permitidos e Sinalização do quarto cruzamento	54
Figura 14 – Movimentos permitidos e Sinalização do quinto cruzamento.....	55
Figura 15 – Movimentos permitidos e Sinalização do sexto cruzamento	56

Figura 16 – Grupos de semáforos do quarto cruzamento	57
Figura 17 – Grupos de semáforos do sexto cruzamento	58

Gráficos

Gráfico 1 – Alterações Operacionais	37
Gráfico 2 – Variação do estacionamento	38
Gráfico 3 – Variação das cargas e descargas	39
Gráfico 4 – Cargas/descargas.....	40
Gráfico 5 – Variação dos peões	41
Gráfico 6 – Variação dos fluxos de tráfego	42
Gráfico 7 – Variação do tempo de paragem	44
Gráfico 8 – Diagrama de Ciclo do quarto cruzamento	57
Gráfico 9 – Diagrama de ciclo do sexto cruzamento	58
Gráfico 10 – Diagrama de ciclo para o modelo de simulação de peões do primeiro cruzamento ..	65
Gráfico 11 – Diagrama de ciclo para o modelo de simulação de peões do segundo cruzamento..	65
Gráfico 12 – Diagrama de ciclo para o modelo de simulação de peões do terceiro cruzamento ...	66
Gráfico 13 – Diagrama de ciclo para o modelo de simulação de peões do quinto cruzamento.....	66

Tabelas

Tabela 1 – Consumos energéticos e emissões de CO ₂	4
Tabela 2 – Conjunto de velocidades dividido por categorias.....	5
Tabela 3 – Nível de serviço.....	6
Tabela 4 – Variáveis que afectam a velocidade comercial	8

Tabela 5 – Medidas aplicáveis para melhorar a velocidade comercial	9
Tabela 6 – Medidas mais aplicadas nos Estados Unidos da América	14
Tabela 7 – Largura e número de vias da Avenida de Moscavide	19
Tabela 8 – Largura e número de vias, das ruas que cruzam a avenida de em cada cruzamento ..	19
Tabela 9 – Horários da RL	20
Tabela 10 – Intervalo entre partidas da Carris	20
Tabela 11 – Média e desvio padrão calculados para o tempo de paragem	21
Tabela 12 – Fluxos de viaturas ligeiras do segundo cruzamento (vec./h).....	22
Tabela 13 – Fluxos de viaturas pesadas do segundo cruzamento (vec./h).....	22
Tabela 14 – Fluxos de viaturas ligeiras do terceiro cruzamento (vec./h).....	23
Tabela 15 – Fluxos de viaturas pesadas do terceiro cruzamento (vec./h)	23
Tabela 16 – Fluxos de viaturas ligeiras do sexto cruzamento (vec./h)	23
Tabela 17 – Fluxos de viaturas pesadas do sexto cruzamento (vec./h).....	24
Tabela 18 – Fluxo de peões (p/h)	24
Tabela 19 – Fluxos de estacionamento em segunda fila e cargas/descargas	25
Tabela 20 – Tempo de paragem do estacionamento em segunda fila e das cargas/descargas	26
Tabela 21 – Cálculos para o modelo de peões do primeiro cruzamento	32
Tabela 22 – Proporções de tempo vermelho obtidas.	32
Tabela 23 - Média e desvio padrão das velocidades comerciais obtidas	33
Tabela 24 – Alterações Operacionais	36
Tabela 25 – Estacionamento.....	37
Tabela 26 – Cargas/descargas	38
Tabela 27 – Estacionamento e Cargas/Descargas.....	39
Tabela 28 – Peões	40

Tabela 29 – Tráfego	42
Tabela 30 – Tempo de paragem	43
Tabela 31 – Fluxos de viaturas ligeiras do primeiro cruzamento (vec./h).....	59
Tabela 32 – Fluxos de viaturas pesadas do primeiro cruzamento (vec./h)	59
Tabela 33 – Fluxos de viaturas ligeiras do terceiro cruzamento (vec./h).....	60
Tabela 34 – Fluxos de viaturas pesadas do terceiro cruzamento (vec./h)	60
Tabela 35 – Fluxos de viaturas ligeiras do quarto cruzamento (vec./h)	60
Tabela 36 – Fluxos de viaturas pesadas do quarto cruzamento (vec./h)	61
Tabela 37 – Fluxos de viaturas ligeiras do quinto cruzamento (vec./h).....	61
Tabela 38 – Fluxos de viaturas pesadas do quinto cruzamento (vec./h).....	61
Tabela 39 – Fluxos de viaturas ligeiras do sexto cruzamento (vec./h)	62
Tabela 40 – Fluxos de viaturas pesadas do sexto cruzamento (vec./h).....	62
Tabela 41 – Cálculos para o modelo de peões do primeiro cruzamento	63
Tabela 42 – Cálculos para o modelo de peões do segundo cruzamento.....	63
Tabela 43 – Cálculos para o modelo de peões do quarto cruzamento	63
Tabela 44 – Cálculos para o modelo de peões do quinto cruzamento.....	64

Abreviaturas

RL – Rodoviária de Lisboa

INE – Instituto Nacional de Estatística

O/D – Origem/Destino

ICTR – Informação ao Cliente em Tempo Real

SMARTTEST – *Simulation Modelling Applied to Road Transport European Scheme Tests*

GPS – *Global Positioning System*

LED – *Light Emiting Diode*

AIMSUN – Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks

1 Introdução

1.1 Contextualização

A velocidade comercial é um dos principais factores que afectam o desempenho e a qualidade de um serviço de transportes colectivo, influenciando directamente os tempos de viagem dos passageiros e os custos de exploração dos operadores. Obter melhores velocidades comerciais traz benefícios para os operadores, os clientes e para toda a comunidade, facilitando a mobilidade (Liu, Recker e Chen s.d.).

O transporte colectivo, apesar do seu potencial de eficiência ambiental e no transporte de pessoas em comparação com os veículos privados, é percebido como lento e pouco fiável (Liu, Recker e Chen s.d.). Este facto é ainda mais óbvio quando o transporte colectivo partilha a infra-estrutura com o transporte privado. Obter maiores e mais estáveis velocidades comerciais é, assim, um dos objectivos dos operadores de transportes tornando o seu serviço mais atractivo, e, ao mesmo tempo, redireccionando utilizadores do transporte privado, diminuindo o grande consumo de energia e poluição a que este está associado.

1.2 Objectivos

Esta dissertação tem como objectivo avaliar e quantificar a influência dos diferentes factores que afectam a velocidade comercial de transportes colectivos rodoviários. Assim, é testado um conjunto de factores passíveis de afectar a velocidade comercial, dentro dos quais se contam: a distância entre paragens, as condições de circulação e volumes de tráfego, a existência de estacionamento em segunda fila e de operações de cargas e descargas na faixa de rodagem. Pretende-se também desenvolver medidas a aplicar para se obterem velocidades comerciais mais elevadas. Para a realização dos testes mencionados foi construído um modelo de microsimulação de tráfego de um troço da Avenida de Moscavide, o qual funcionou como caso de estudo.

Para a realização desta dissertação a RL foi um apoio importante tendo sido uma parte integrante de todo o processo. O caso de estudo foi sugerido pela RL, que apoiou ainda na recolha da

informação tanto através dos sistemas instalados nas suas viaturas, como também na recolha das informações no local.

1.3 Estrutura

A presente dissertação tem 6 capítulos, no presente capítulo, “Introdução”, pretende-se explicar os objectivos e a motivação para o desenvolvimento da mesma. No segundo capítulo, “Enquadramento”, faz-se uma revisão bibliográfica relativa às diferentes velocidades que se podem medir num transporte colectivo, as vantagens para as diferentes entidades de uma melhor velocidade comercial, e, por fim, algumas medidas que se podem aplicar para melhorar a velocidade comercial. No terceiro capítulo faz-se a apresentação do “Caso de Estudo” e da informação recolhida, necessária para a construção do modelo. No capítulo “Modelo” descreve-se os diferentes tipos de simulação computacional, com maior ênfase para a microssimulação, explicando-se as vantagens e o potencial desta. Explica-se ainda a construção do modelo em Aimsun e o processo de verificação e validação. No quinto capítulo “Resultados” apresentam-se os resultados obtidos com o modelo, individualmente, e constroem-se modelos de regressão linear que permitem prever as consequências de certas modificações ao modelo. Por fim, na “Conclusão” são apresentados os resultados e conclusões obtidos através deste estudo.

2 Enquadramento

Durante a maior parte do último século o uso de viaturas privadas teve um aumento, enquanto o transporte colectivo sofreu não só uma redução da procura, como também uma redução dos investimentos e da qualidade de serviço. Para estes factos contribuiu também o desenvolvimento de padrões de uso de solo e ocupação urbana que suportam um uso mais intenso do transporte privado. Alguns críticos afirmam que existem poucas razões para expandir ou encorajar o uso do transporte colectivo fora das grandes cidades, no entanto recentemente existem ideias que apontam em sentido contrário (Litman 2011):

- O envelhecimento da população, aumento dos preços dos combustíveis, aumento da urbanização, congestionamento, os altos custos da expansão rodoviária, alterações nas preferências dos clientes e aumento das preocupações de saúde e ambientais, podem conduzir a uma alteração da procura do transporte privado em detrimento do transporte colectivo.
- Muitas cidades sofreram recentemente um desenvolvimento e um crescimento populacional elevado.
- Algumas cidades atingiram um tamanho e uma procura de transporte tais que justificam uma procura maior do transporte público, incluindo algumas zonas anteriormente consideradas suburbanas, que se tornaram mais urbanizadas, e que levaram a um aumento do congestionamento, acumulação de comércio, e problemas de estacionamento que tornam o transporte colectivo mais interessante.
- Existe uma consciencialização do público em geral, que é mais útil ter um sistema de transportes mais diversificado.

Comparando o desempenho ambiental do automóvel e do autocarro urbano (Tabela 1) pode-se observar que o autocarro apresenta um consumo e emissões por passageiro quilómetro inferiores ao do automóvel. Portanto, o autocarro é um transporte urbano ambientalmente mais eficiente e sustentável que o automóvel privado. O aumento da procura do transporte colectivo, através da diminuição da utilização do transporte privado, não só diminui a utilização de um modo menos eficiente, mas também pode aumentar a taxa de ocupação do primeiro, melhorando ainda mais o seu desempenho.

Tabela 1 – Consumos energéticos e emissões de CO₂

	Índice de Ocupação (pkm/vkm)	Consumo específico (gep/vkm)	Emissões Específicas de CO₂e (g/vkm)	Consumo específico passageiro (gep/pkm)	Emissões específicas de CO₂ passageiro (g/pkm)
Automóvel de Passageiros	1,58	64	201	40,51	127,22
Autocarro Urbano	14,8	430	1373	29,05	92,77

Fonte: Adaptado de (Agência Portuguesa do Ambiente 2006)

Contudo, os transportes colectivos são percebidos como lentos e não fiáveis, sendo estas algumas das razões que levam as pessoas a preferir o transporte privado. Os transportes colectivos que partilham a infra-estrutura com o transporte privado são ainda mais afectados pela falta de fiabilidade do seu serviço.

A fiabilidade do tempo de viagem é considerado um factor importante da escolha do meio de transporte, especialmente em viagens específicas, como as viagens de casa para o trabalho, onde existem restrições de tempo que podem implicar penalizações (Liu, Recker e Chen s.d.).

Apesar de a fiabilidade do tempo de viagem ser considerado um factor importante na escolha modal, existe pouco trabalho empírico direccionado para compreender os efeitos da fiabilidade do tempo de viagem na escolha de rotas (Liu, Recker e Chen s.d.). O problema descrito pode ser estudado tanto de forma directa como indirecta. O método directo implica fazer um questionário de preferências reveladas a uma amostra da população, ou através de preferências declaradas. O método indirecto envolve a obtenção das respostas ao problema através da informação dos diferentes fluxos de rotas alternativas do mesmo par origem-destino (Liu, Recker e Chen s.d.).

Os operadores devem melhorar o seu serviço de transporte através da redução dos tempos de viagem e o objectivo deve ser no sentido de obter tempos de viagem mais próximos do tempo porta a porta conseguido através do transporte privado. Isto pressupõe uma velocidade maior ao longo das linhas com o mínimo de impedância do restante tráfego ou intersecções. O que implica intervenções que apõem a prioridade do transporte colectivo, através de prioridade em cruzamentos ou vias reservadas (Dodson, et al. 2011).

Os horários de transporte público devem ser consistentes e os padrões de paragens devem ser aplicados a grandes períodos. Isto permite ao cliente memorizar os horários sem necessitar de os consultar. Por exemplo, em Copenhaga os passageiros da rede de comboio apenas precisam de memorizar os minutos depois da hora certa (:12, :32, :52), em Zurique os serviços operam em intervalos de 7,5, 15, e 30 minutos (Dodson, et al. 2011).

No entanto, a melhoria dos tempos de viagem e da sua consistência não é uma tarefa simples, uma vez que são múltiplos os factores que influenciam a velocidade comercial do transporte colectivo rodoviário.

Nos transportes colectivos é possível definir um conjunto variado de diferentes elementos quando se fala em velocidade. Estes aspectos, que implicam diferentes definições de velocidade podem ser classificados em quatro categorias diferentes: veículos, vias, veículos em serviço e passageiros (Vuchic 2005) (Tabela 2).

Tabela 2 – Conjunto de velocidades dividido por categorias

Categorias	Velocidade
Veículos	<ul style="list-style-type: none"> • Instantânea • Máxima
Vias	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamento • Permitida Legalmente • Programada
Veículos em Serviço	<ul style="list-style-type: none"> • Entre paragens (não incluindo o tempo de paragem) • Paragem a paragem (incluindo o tempo de uma paragem) • Comercial • Ciclo • Plataforma
Passageiros	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso • Viagem em Percurso • Origem-Destino

Fonte: Adaptado de (Vuchic 2005)

No conjunto das velocidades dos passageiros pode definir-se a velocidade origem-destino que corresponde à velocidade média do passageiro desde que deixa a sua origem até chegar ao seu destino, incluindo, entre outros, o percurso de acesso à paragem de embarque, o percurso de regresso da paragem de desembarque até ao destino final. Inclui também o tempo de espera tanto para a primeira viagem como para transbordos, caso existam. Esta velocidade é um elemento da mobilidade em transporte colectivo e influencia a repartição modal (Vuchic 2005). Ao comparar esta velocidade com o transporte privado é ainda possível obter um nível de serviço relativo ao conforto e conveniência do serviço para o transporte colectivo (Transportation Research Board 2003) (Tabela 3). Assim, a melhoria desta velocidade, não só melhora o serviço dos clientes actuais como pode atrair novos clientes ou fazer com que estes alterem o seu modo de transporte.

Tabela 3 – Nível de serviço

Nível de serviço	Diferença de tempo (min.)	Comentários
A	≤0	Mais rápido de transporte colectivo que de automóvel
B	1-15	Quase a mesma duração tanto de automóvel como de transporte colectivo
C	16-30	Tolerável para os utilizadores
D	31-45	Viagem de ida e volta leva mais uma hora de transporte colectivo
E	46-60	Cansativo para todos os utilizadores; pode ser possível em pequenas cidades
F	>60	Inaceitável para a maioria dos utilizadores

Fonte: Adaptado de (Transportation Research Board 2003)

Contudo, esta velocidade não depende apenas de um operador, uma vez que este pode apenas influenciar o seu serviço, ou seja, a velocidade comercial, que é calculada pela razão entre a distância percorrida e o tempo decorrido entre dois pontos extremos do percurso da viatura. O operador consegue também aumentar ou diminuir o acesso às suas paragens (Vuchic 2005). Ao aumentar o número de paragens consegue-se diminuir o tempo de acesso a estas, no entanto este aumento diminui a velocidade comercial. Deve-se, assim, encontrar um equilíbrio que se adeque ao serviço pretendido, entre tempo de percurso e acessibilidade ao modo.

A velocidade comercial está dependente de outras velocidades, como a velocidade máxima dos veículos, a velocidade máxima legal e a velocidade entre paragens.

A velocidade comercial tem um grande impacto no desempenho e custo do serviço de transporte e na importância dos transportes colectivos para a comunidade. Conseguir um aumento desta velocidade resulta geralmente em tempos de viagem mais curtos para os passageiros e, normalmente, uma diminuição do investimento e custos por parte do operador. Ainda mais importante é o impacto que esse aumento pode ter na atracção de novos passageiros (Vuchic 2005), tanto através da criação de novas viagens, como do redireccionamento de passageiros do transporte privado para o transporte colectivo, neste ultimo caso a diminuição da procura do transporte privado leva a uma diminuição do congestionamento.

Pelo contrário, uma redução da velocidade comercial, como acontece, por exemplo, com situações de congestionamento, conduz à perda de passageiros, ao aumento dos custos do operador e ainda diminui a importância do transporte colectivo para a comunidade (Vuchic 2005).

Desta forma, a importância da velocidade comercial não deve ser desprezada pelos operadores, devendo ser feito todo o esforço possível para atingir a melhor velocidade possível permitida pelas condições operacionais e económicas vigentes, sem no entanto desprezar o tipo serviço ou tecnologia de transporte colectivo utilizado.

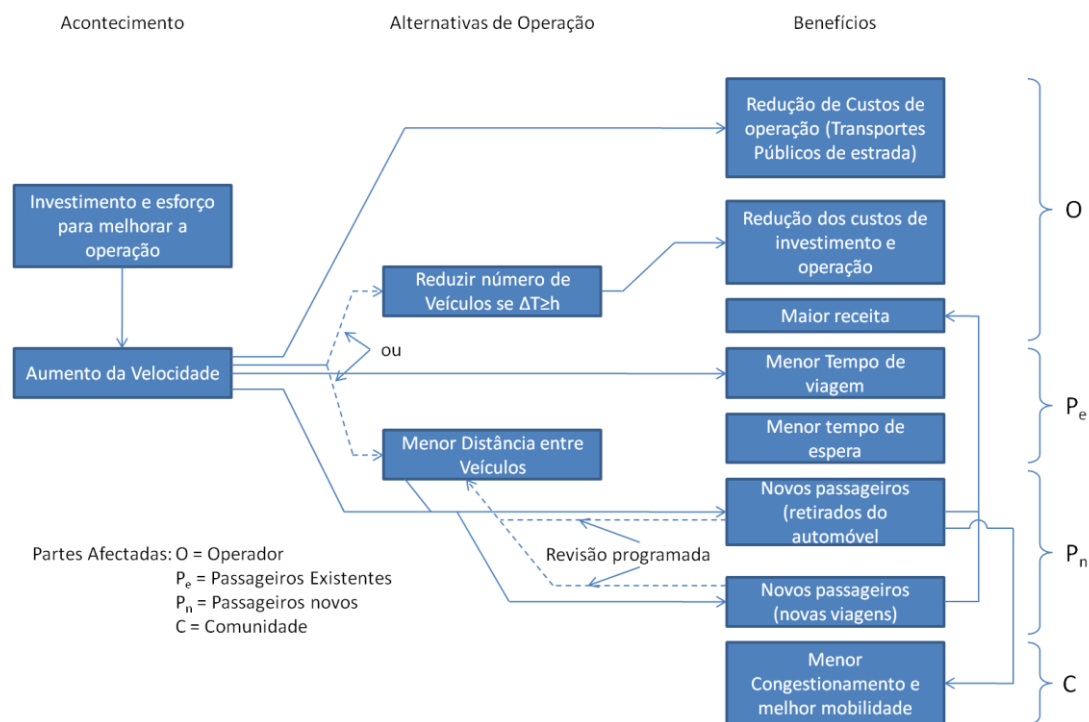
O maior número de paragens nos serviços urbanos comparados com os serviços suburbanos e regionais aumenta o peso das paragens na velocidade comercial. Com o objectivo de obter uma

velocidade comercial maior as tecnologias devem ser desenhadas para facilitar as movimentações interiores e o embarque e desembarque de passageiros, reduzindo muitas vezes o conforto. A remoção de lugares sentados, ou a utilização de portas com maiores dimensões e em maior número, reduz o tempo de paragens. As viaturas de menores dimensões onde não existe a necessidade para uma capacidade maior, não só podem melhorar a velocidade comercial devido à sua agilidade nas paragens, como normalmente têm menores consumos energéticos.

Ao aumentar o raio de acção do transporte colectivo, serviço suburbano, regional ou inter-regional, o número de paragens tende a diminuir, diminuindo o peso das paragens na velocidade comercial, pode-se desprezar muitas vezes o tempo de embarque favorecendo por sua vez o conforto dos passageiros e a capacidade do transporte(Vuchic 2005).

No diagrama da Figura 1 é possível perceber como o aumento da velocidade comercial afecta os operadores de transportes, os passageiros actuais, os novos passageiros e a comunidade. Caso a redução do tempo (ΔT) seja superior ao tempo de ciclo (h) é possível diminuir o número de veículos afectos à exploração da carreira (Vuchic 2005).

Figura 1 – Avaliação de um aumento da velocidade comercial



Fonte: Adaptado de (Vuchic 2005)

Aos passageiros interessa uma velocidade comercial elevada, no entanto, para o operador os seus custos estão directamente associados ao tempo de ciclo. Geralmente, um aumento na velocidade comercial, leva a uma diminuição do tempo de ciclo, pelo que, os esforços devem ser feitos no sentido de aumentar a velocidade dos veículos e diminuir os tempos em terminal.

A velocidade comercial é afectada por factores que fogem ao controlo do operador, como o tempo ou o congestionamento, e por factores controláveis pelos operadores como as rotas ou os comportamentos dos condutores (Surprenant-Legault e El-Geneidy 2010). A Tabela 4 mostra as diferentes variáveis que afectam a velocidade comercial.

Tabela 4 – Variáveis que afectam a velocidade comercial

Variável	Descrição
Intersecções	Número de intersecções sinalizadas
Paragens	Número de paragens
Embarque	Número de passageiros a embarcar
Desembarque	Número de passageiros a desembarcar
Hora	Período horário
Condutor	Experiência do condutor
Tempo de Serviço	Duração do serviço do condutor
Tempo perdido nas paragens	Tempo perdido nas paragens devido à configuração do autocarro
Eventos não repetitivos	Cargas e descargas, abertura de uma ponte, etc.
Direcção	Direcção do serviço, ida ou volta
Tempo	Condições meteorológicas
Via	Estado das vias de circulação
Condições de operação	Congestionamento

Fonte: Adaptado de (Surprenant-Legault e El-Geneidy 2010)

O número de intersecções e o número de paragens afectam o tempo que as viaturas estão paradas e aumenta os períodos de aceleração e desaceleração.

O número de passageiros a embarcar e a desembarcar e o tempo perdido nas paragens, aumenta o tempo de paragem dos transportes colectivos e diminui a velocidade comercial.

Nos períodos nocturnos a tendência será para aumentar a velocidade. Em vias com a direcção nascente ponte, a hora influencia a velocidade comercial, pois para horas próximas do nascer do sol ou do pôr-do-sol, este pode encadear os condutores.

A experiência do condutor e a duração do seu serviço também afectam a condução da viatura, podendo existir um impacto significativo na velocidade comercial.

A direcção em que se faz a viagem pode significar a diferença entre uma subida ou uma descida acentuada, e, no caso da subida, não será possível os autocarros atingirem velocidades elevadas. Além disso, alguns dos factores apresentados dependem da direcção da viagem tendo diferentes expressões para cada um dos sentidos ida e volta.

As condições atmosféricas e o estado da via vão igualmente afectar a velocidade das viaturas, em que, para situações de chuva, neve, ou para vias em mau estado a velocidade comercial será menor.

Por fim o congestionamento também afecta a velocidade comercial pois impede a passagem das viaturas e obriga-as a reduzir a sua velocidade.

2.1 Medidas

Existe um grande número de medidas que podem resultar num aumento da velocidade comercial, sendo que o operador deve considerar quais as medidas aplicáveis ao seu sistema, tendo em conta que a sua aplicabilidade depende fortemente das condições locais (Vuchic 2005).

As medidas para melhorar a velocidade comercial podem ser aplicadas aos veículos, à infra-estrutura (intersecções e vias), ao sistema de sinalização luminosa, às paragens e a elementos da operação do transporte colectivo (Vuchic 2005) (Tabela 5).

Tabela 5 – Medidas aplicáveis para melhorar a velocidade comercial

Tipo de Alteração	
Veiculo	<ul style="list-style-type: none">• Melhor Circulação Interna• Portas Duplas• Piso Rebaixado• Tipo de viatura
Infra-estrutura	<ul style="list-style-type: none">• Extensões do passeio• Eliminação do estacionamento• Vias reservadas• Sinalização luminosa variável• Localização das paragens
Características do Serviço	<ul style="list-style-type: none">• Cobrança• Percurso

Fonte: Adaptado de (Vuchic 2005)

2.1.1 VEÍCULO

As medidas, que se podem aplicar nas viaturas, devem ser planeadas para novas aquisições pois as alterações a veículos existentes são limitadas.

O tempo de paragem necessário para efectuar as operações de embarque e desembarque é influenciado pela existência ou não de piso rebaixado no veículo, uma vez que a necessidade de subir ou descer escadas aumenta o tempo requerido para as operações de embarque e desembarque dos passageiros (Direcção-geral de Transportes Terrestres e Fluviais 2005).

Do mesmo modo, a existência de passageiros em pé aumenta o tempo necessário para o embarque, na medida em que os primeiros têm que se deslocar dentro do veículo, de modo a disponibilizar espaço para os passageiros que embarcam. Melhorar a circulação interna,

removendo uma fila de cadeiras entre a primeira porta e a porta central, pode diminuir os atrasos nas paragens (Direcção-geral de Transportes Terrestres e Fluviais 2005), (Vuchic 2005).

A existência ou não de várias portas, permitindo o embarque e desembarque em simultâneo, influencia o período necessário para efectuar estas operações e, portanto, o período de imobilização do autocarro na paragem. E devem ser consideradas para todos os veículos, excepto para os utilizados em linhas suburbanas, onde as vantagens de se ter um melhor tempo de embarque são ultrapassadas pelas vantagens de se aumentar ao máximo a capacidade da viatura (Direcção-geral de Transportes Terrestres e Fluviais 2005),(Vuchic 2005).

Algumas características dinâmicas devem ser adequadas ao tipo de percurso efectuado, utilizar veículos movidos a energia eléctrica, autocarros com motores mais potentes, ou uma caixa de velocidades especial em vias de grande declive podem ser necessários para se conseguir velocidades razoavelmente elevadas. Autocarros que circulem em auto-estradas e comboios com linhas regionais necessitam de uma velocidade máxima elevada, no entanto, em meios urbanos os veículos beneficiam de acelerações/desacelerações mais elevadas do que de uma velocidade máxima alta (Vuchic 2005).

2.1.2 INFRA-ESTRUTURA

Quando os autocarros partilham a infra-estrutura com as viaturas privadas, estas interferem com o autocarro diminuindo a velocidade comercial e o desempenho deste meio de transporte.

Estas medidas devem ser desenhadas para dar prioridade ao transporte colectivo, aumentando a sua velocidade e melhorando o desempenho geral. Estas medidas para além de tornarem o transporte colectivo mais atractivo podem criar o efeito contrário no transporte individual reduzindo a sua utilização.

A construção de extensões do passeio junto de zonas de estacionamento longitudinal permite aos autocarros parar sem precisarem fazer manobras, reduzindo o tempo de paragem e o conforto. O espaço adicional facilita o embarque de cadeiras de rodas e mais espaço para os passageiros. Aumenta ainda o estacionamento disponível, pois a área antes da paragem que seria necessária para as manobras dos autocarros fica disponível para o estacionamento (Transportation Research Board 2000).

A eliminação do estacionamento permite a utilização de toda a largura da via e permite ainda melhores velocidades pois diminui o congestionamento e atrito entre veículos. Contudo, esta situação cria objecções por parte dos comerciantes e residentes, o que pode ser atenuado criando estacionamento nas vias adjacentes (Vuchic 2005) (Transportation Research Board 2000).

Permitir aos autocarros virar à esquerda ou à direita onde normalmente não é permitido, leva a rotas mais directas diminuindo a distância necessária a percorrer. Isto pode ser feito sem um

impacto negativo no cruzamento caso a proibição se deva a problemas de congestionamento e não de segurança (Transportation Research Board 2000).

A introdução de vias reservadas a transporte colectivo representa a medida mais importante no aumento da velocidade destes veículos (Vuchic 2005), permitindo aos autocarros contornar o estacionamento ou ultrapassar o congestionamento verificado num cruzamento semaforizado através de uma prioridade no semáforo (Vuchic 2005) (Transportation Research Board 2000).

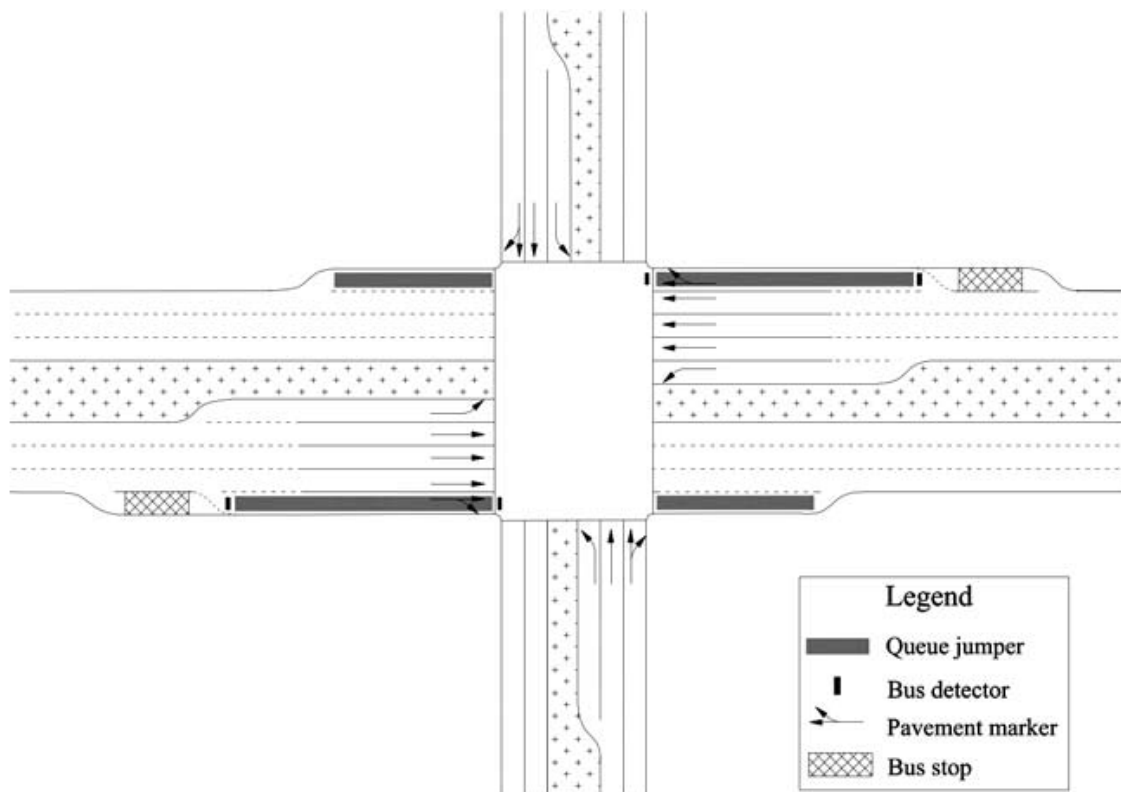
O uso de vias reservadas em vias com reduzida frequência de autocarros (menos que 20/h) é um uso ineficiente do espaço, no entanto existem alternativas como a via bus intermitente em que existe uma via que pode mudar de uma via normal para uma via reservada através de LEDs instalados no pavimento. Com este sistema, nos testes efectuados, conseguiu-se aumentos entre os 20 e os 25% da velocidade comercial dos autocarros onde este sistema foi implementado (Viegas, et al. 2007).

Nos cruzamentos com sinalização luminosa é possível dar prioridade ao transporte colectivo diminuindo, conseqüentemente, o atraso nos cruzamentos. A prioridade pode ser dada de uma forma passiva, aumentando o tempo de verde às vias com transporte colectivo ou criando fases específicas para este. A prioridade também pode ser dada de forma activa, sendo que o sinal verde pode aparecer antes do tempo com a chegada do transporte colectivo; o tempo de verde pode ser aumentado para permitir a sua passagem; a sequência de fases pode ser alterada; ou a activação de uma fase ou de um movimento programado pode ser usado quando pedido. A prioridade pode ainda ser pré-actuada, para que o transporte colectivo tenha um sinal verde quando chegar ao cruzamento, apesar da programação do semáforo. Este sistema pode ser construído de maneira a que não seja necessária a paragem do veículo, como é usado nas linhas de comboio quando estas cruzam vias (Vuchic 2005).

Os sistemas que não precisam de intervenção do condutor são preferíveis, pois funcionam mesmo que este se esqueça de os activar.

A prioridade em cruzamentos com sinalização pode ser ineficiente durante as horas de ponta pois os autocarros são incapazes de contornar o congestionamento. Para contornar esta fraqueza podem ser criadas vias reservadas para transportes colectivos rodoviários em pontos específicos, de modo a possibilitar que estes evitem as situações de congestionamento. Assim pode-se usar uma via específica para viragem à direita ou uma via bus que permite ao autocarro contornar o congestionamento e na intersecção ter uma fase específica para conseguir ultrapassar a fila de viaturas. Esta solução não precisa obrigatoriamente de uma via bus, basta uma via de viragem à direita ou à esquerda facilitando assim a sua implementação. Na Figura 2 podemos observar um exemplo de uma configuração de uma via para ultrapassar o congestionamento (Zhou e Gan 2009).

Figura 2 – Exemplo de um cruzamento com vias para ultrapassar o congestionamento

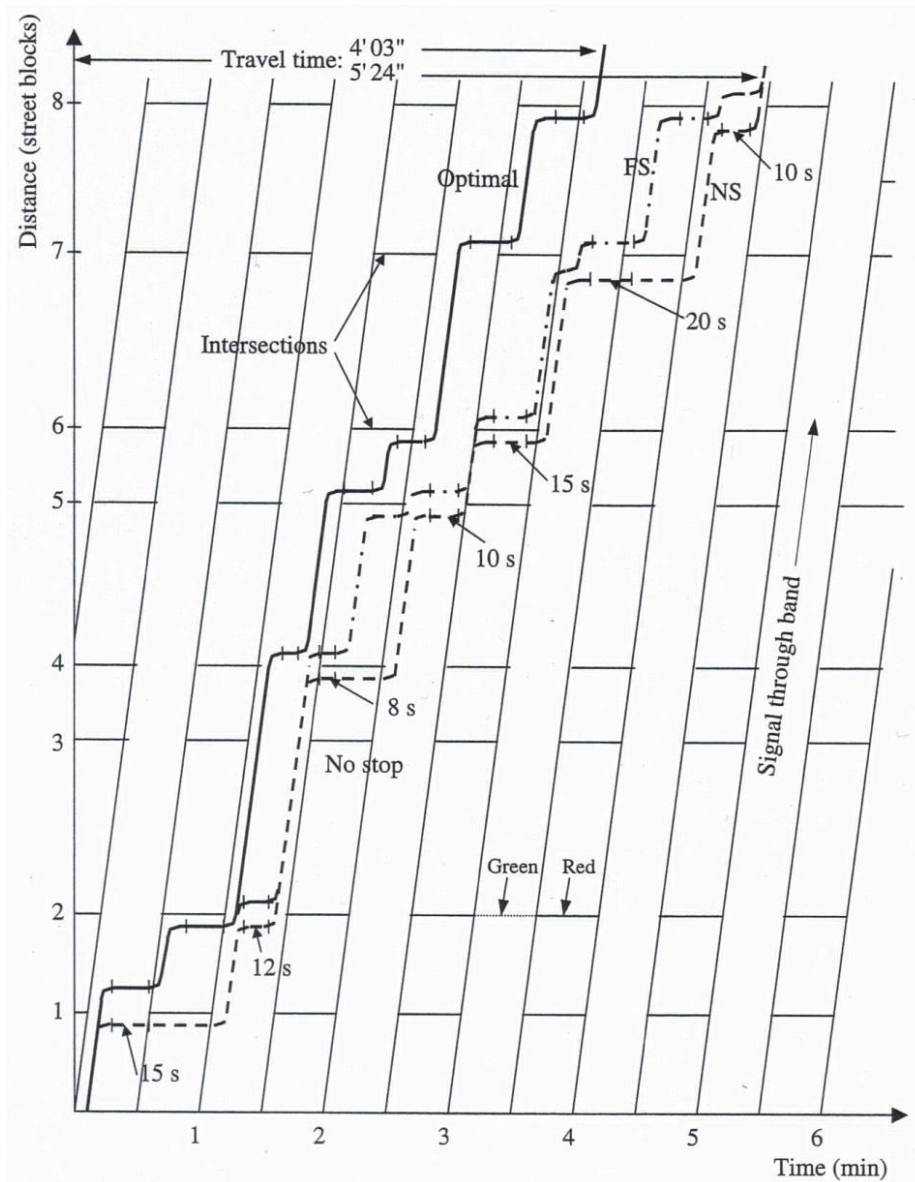


Fonte: (Zhou e Gan 2009)

A localização das paragens tem um grande impacto na velocidade dos transportes colectivos. Uma medida que permite melhorar a velocidade é o aumento da distância entre paragens. Quanto maior for a distância entre paragens, maior será o número de passageiros em cada paragem e portanto, maior o tempo de paragem do autocarro em cada paragem. No entanto, quanto menor for a distância entre paragens, menor será a velocidade comercial da viagem devido ao tempo perdido em acelerações e desacelerações. Torna-se portanto necessário encontrar um ponto de equilíbrio entre as duas situações, tendo em atenção que a distância entre paragens é determinante para as distâncias que os passageiros são obrigados a percorrer a pé (Direcção-geral de Transportes Terrestres e Fluviais 2005).

Em vias com sinalização luminosa e sincronização entre cruzamentos criando ondas verdes, ao se alternar a localização das paragens entre imediatamente antes e imediatamente depois dos cruzamentos, reduz-se o tempo de atraso das viaturas, ver Figura 3 (Vuchic 2005).

Figura 3 – Tempos de viagem para uma onda verde e diferentes localizações das paragens



Fonte: (Vuchic 2005)

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DO SERVIÇO

Quanto à operação do transporte colectivo, a forma como a cobrança é feita influencia o tempo de paragem. Nos casos em que o pagamento do bilhete é feito durante o embarque o tempo é mais longo. Com a introdução de bilhetes pré-comprados e passes o tempo de embarque diminui.

No entanto estes métodos de pagamento têm diversos problemas que podem afectar consideravelmente o tempo de paragem, tais como:

- A cobrança demora tempo. Com autocarros cheios, o processo de pagamento, que requer desde o pagamento ao condutor, emitir ou recolher bilhetes, ou verificar os passes, aumenta o tempo de paragem e diminui o nível de serviço.

- O processo de recolha desvia a atenção do condutor da condução para os passageiros a embarcar.

Os bilhetes sem contacto têm o potencial para resolver alguns destes problemas. O leitor a bordo verifica automaticamente o estado dos bilhetes sem contacto e cobra o valor correcto. Este processo é mais rápido, preciso e conveniente que outras formas de processar os bilhetes. Os condutores apenas precisam desviar a sua atenção quando existe um problema, como o bilhete não ser válido, ou um mau funcionamento do cartão sem contacto (Giuliano, Moore II e Golob 2000).

A eliminação de viragens excessivas ou a simplificação das rotas, podendo não ter um impacto significativo na velocidade comercial, aumenta a fiabilidade do serviço (Vuchic 2005).

Alguns operadores de transportes colectivos implementaram serviços expresso (número de paragens limitado) de autocarro, como um meio de melhorar a atractividade e a competitividade do autocarro comparado com o automóvel. Estes serviços melhoram a velocidade comercial reduzindo o número de paragens, no entanto para serem bem sucedidos os ganhos de tempo por parte dos passageiros devem ser substanciais e perceptíveis (Surprenant-Legault e El-Geneidy 2010)

2.1.4 MEDIDAS MAIS APLICADAS

Em muitos dos casos a aplicação de medidas implica uma troca entre os vários utilizadores de uma via. Qualquer medida a ser considerada deve ter em conta tanto as suas vantagens como as consequências que lhe estão associadas, como o atraso para os outros utilizadores, o custo, a alteração na qualidade do serviço. Na Tabela 6 apresentam-se as vantagens e desvantagens de algumas das medidas apresentadas anteriormente (Transportation Research Board 2000).

Tabela 6 – Medidas mais aplicadas nos Estados Unidos da América

Medida	Vantagens	Desvantagens
Prioridade nos sinais luminosos	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz o atraso • Melhora a fiabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de interromper a coordenação da sinalização • Pode piorar o nível de serviço da intersecção • Os autocarros noutras vias do cruzamento podem sofrer atrasos maiores que os ganhos da via favorecida
Contornar o congestionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz o atraso nos congestionamentos em rampas de acesso ou outros locais 	<ul style="list-style-type: none"> • É necessária uma via reservada a autocarros e deve começar antes do fim do congestionamento

Medida	Vantagens	Desvantagens
Ultrapassar congestionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz o atraso na sinalização luminosa • É possível ultrapassar tráfego parado 	<ul style="list-style-type: none"> • É necessária uma via reservada a autocarros e deve começar antes do fim do congestionamento • É necessário um sinal para viragem à direita ou uma sinalização especial • Reduz o tempo de verde disponível para outras vias na intersecção • Os condutores de autocarros devem têm que estar atentos ao reduzido tempo de verde
Extensões de passeio	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz o atraso para voltar à via de tráfego numa paragem • Aumento o conforto pois o autocarro não precisa fazer manobras para parar • Aumenta o espaço disponível para o estacionamento pois reduz o espaço necessário na berma 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer pelo menos duas vias no mesmo sentido para evitar o bloqueio do tráfego durante uma paragem • As vias para bicicleta necessitam de considerações especiais.
Ilhas de Embarque	<ul style="list-style-type: none"> • Melhora a velocidade do autocarro permitindo que este utilize a via mais rápida da esquerda 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer pelo menos duas vias no mesmo sentido para evitar o bloqueio do tráfego durante uma paragem • É necessário maior prioridade que noutras soluções • O acesso e segurança dos peões deve ser correctamente considerado
Restrições de Estacionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Melhora as velocidades dos autocarros e automóveis ao remover os atrasos associados às manobras de estacionamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode influenciar os usos adjacentes (tanto comércio e serviços como residencial) • Requer constante fiscalização
Relocalização das paragens	<ul style="list-style-type: none"> • Aproveita a progressão dos semáforos como vantagem 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode aumentar a distância a percorrer pelos passageiros num transbordo
Remover restrições de viragem	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta a velocidade ao eliminar a necessidade de um desvio para evitar uma restrição de viragem 	<ul style="list-style-type: none"> • É possível que diminua o nível de serviço de um cruzamento • Os problemas de segurança devem ser cuidadosamente considerados
Vias reservadas a autocarros	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta a velocidade ao reduzir as fontes de atraso • Melhora a fiabilidade • Melhora a visibilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Os efeitos no tráfego e no estacionamento devem ser cuidadosamente estudados • Requer uma constante fiscalização

Fonte: Adaptado de (Transportation Research Board 2000)

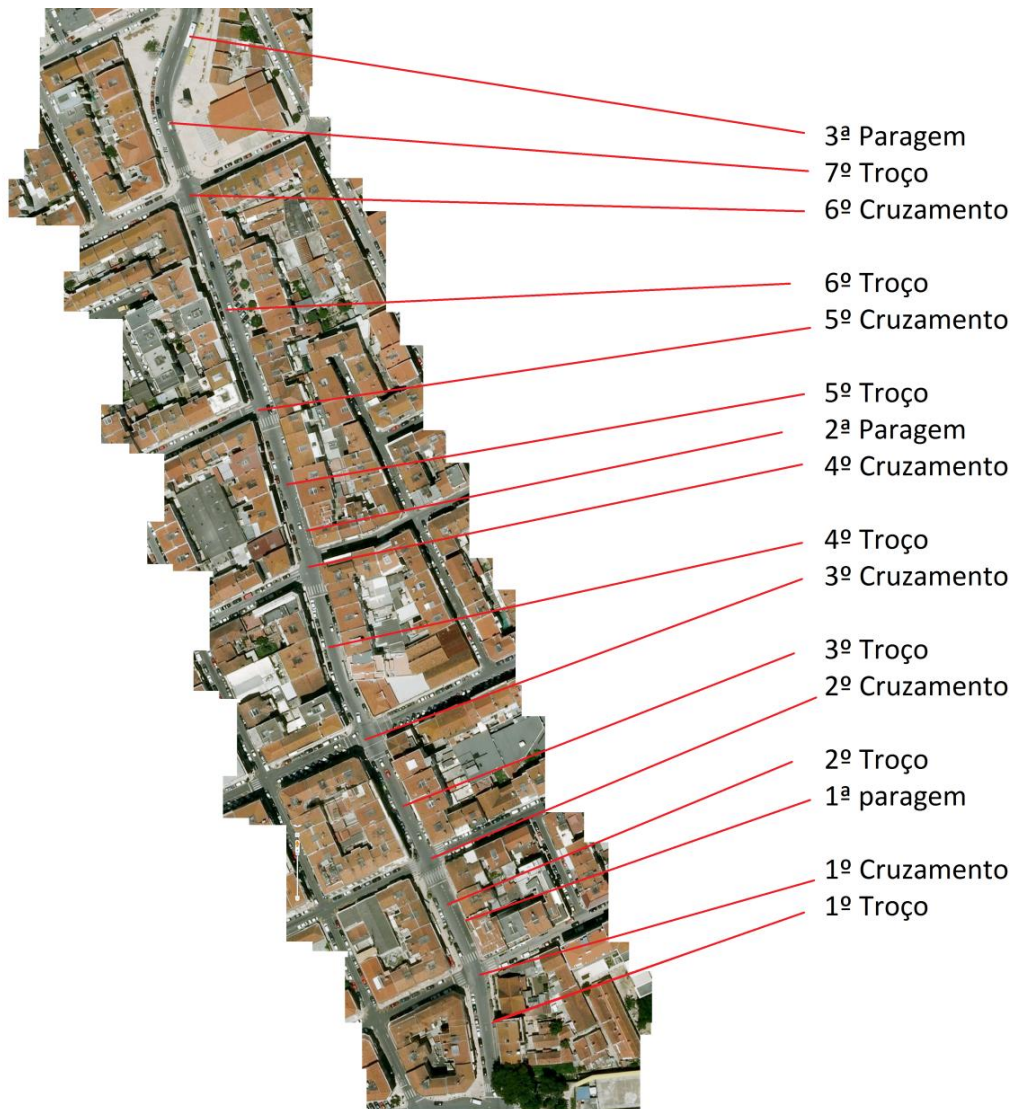
3 Caso de Estudo

Utilizou-se como caso de estudo um percurso servido pela Rodoviária de Lisboa S.A. (RL). Esta empresa foi parte integrante do trabalho, ajudando não só na escolha do percurso a estudar como fornecendo informações, dados, e apoiando todo o desenvolvimento deste trabalho.

A RL é uma empresa de transporte rodoviário de passageiros que actua nos concelhos de Lisboa, Loures, Odivelas e Vila Franca de Xira. Estes concelhos em conjunto têm uma população de quase 1 milhão de habitantes (Instituto Nacional de Estatística s.d.), transportando a RL 200 mil pessoas por dia. Em 2010 a frota era constituída por 392 viaturas com uma idade média de 15,4 anos. Em 2009 a empresa empregava um total de 577 motoristas, 74 pessoas na manutenção, e 127 pessoas em outras funções, perfazendo um total de 778 funcionários (Rodoviária de Lisboa 2010).

Por sugestão da RL foi escolhida para este estudo a Avenida de Moscavide, em Moscavide, no concelho de Loures. A avenida está incluída no percurso de seis carreiras da RL e três carreiras da Carris. Existem três paragens, com distâncias aproximadas de 250m. Duas paragens são utilizadas pela Carris e pela RL, uma no início da Avenida de Moscavide que é uma paragem na via, no entanto neste caso a via é uma via reservada, outra no final, que é uma paragem com uma baía. Há ainda uma paragem no meio da avenida que é apenas utilizada pela Carris, utilizando os autocarros o espaço entre o estacionamento fora da via. A avenida possui apenas um sentido de circulação e é constituída por um total de 7 troços divididos por 6 cruzamentos, (Figura 4) sendo dois deles semaforizados. Todas as ruas que cruzam a Avenida de Moscavide têm apenas um sentido e apenas uma via, limitando bastante o número de movimentos possíveis em cada uma das intersecções. A largura total da faixa de rodagem da Avenida de Moscavide varia entre 5 e 8 metros dependendo da existência ou não de estacionamento na berma. No caso das ruas que cruzam a Avenida de Moscavide a sua largura varia entre 3 e 4 metros. A avenida tem um declive bastante reduzido, razão pela qual o mesmo não foi considerado no modelo construído.

Figura 4 – Avenida de Moscavide



Fonte: Construído utilizando imagens do (Google s.d.)

É uma zona com forte presença de comércio e serviços como se pode ver nas figuras 5 e 6, logo com uma grande circulação de peões e movimentações no estacionamento. O intervalo horário com a velocidade mais baixa situa-se entre as 9.00 e as 10.00, com uma velocidade comercial de 9,79 km/h obtida através do sistema ICTR da RL.

Figura 5 – Primeiro cruzamento da Avenida de Moscavide, imagem recolhida no local no dia 26 de Agosto de 2010



Figura 6 – Terceiro troço da Avenida de Moscavide, imagem recolhida no local no dia 26 de Agosto de 2010



Para a correcta caracterização e construção do modelo de simulação foi necessário recolher informações relativas à oferta e procura disponível na zona. A RL tem à sua disposição alguns sistemas informáticos que recolhem automaticamente algumas informações. Um dos sistemas está associado ao projecto GISFROT, que é um projecto formativo que monitoriza o estilo de condução dos motoristas, registando os comportamentos desviantes verificados durante a

realização do serviço. Os autocarros têm disponível uma caixa negra e um integrador de sinais FM 200 da Siemens-VDO que permite recolher informações relativas a eventos com determinadas características, por exemplo, a duração, o consumo ou a localização (Rodoviária de Lisboa 2010). A RL tem ainda disponível o sistema de Informação ao Cliente em Tempo Real (ICTR), que permite gerir a frota utilizando o GPS para obter a localização da viatura na rede e ainda fornecer esta informação sob a forma de tempos de espera aos clientes através dos painéis instalados nas paragens (Rodoviária de Lisboa 2010). O sistema ICTR permite posteriormente obter tempos de viagem e tempos de atrasos de cada um dos autocarros. As informações recolhidas podem assim ser divididas em dados de recolha própria sobre as características da rede, dados recolhidos através do GISFROT, dados da procura rodoviária, pedonal, estacionamento em segunda fila e cargas e descargas.

3.1 Recolha de dados sobre as características da rede

Para caracterizar a oferta recolheu-se informação relativa às características físicas da via: largura das vias e número (tabelas abaixo) utilizando-se para tal a planimetria em Autocad fornecida pela Câmara Municipal de Loures, através da RL. Para além destes elementos foram recolhidos elementos relativos às características dos cruzamentos, movimentos permitidos e as prioridades (Anexo 1); limites de velocidade impostos, que para vias urbanas o limite máximo de velocidade 50 km/h; e localização das passadeiras para peões, que estão localizadas junto aos cruzamentos, uma por via excepto na via a norte de cada um dos cruzamentos.

Tabela 7 – Largura e número de vias da Avenida de Moscavide

Troço	Largura por via (m)	Número de vias
1	6,18	1
2	4,19	2
3	5,65	1
4	4,93	1
5	5,14	1
6	5,43	1
7	3,82	2

Tabela 8 – Largura e número de vias, das ruas que cruzam a avenida de em cada cruzamento

Via	Oeste (m)	Este (m)
1	2,62	2,62
2	4,77	2,93
3	3,08	3,73
4	2,59	3,55
5	3,00	-
6	2,5	2,5

Para os transportes colectivos foi necessário identificar os percursos, horários (Tabela 9 e Tabela 10), localização das paragens (Figura 4) e tempo de paragem. Foram, então, identificadas as seis carreiras da RL que utilizam as paragens 1 e 3 e que se iniciam todas na Estação do Oriente:

- 301 - Loures (Qta Sapateiras)
- 309 - Cabeço da Agueira
- 310 - Charneca do Lumiar
- 316 - Sta Iria de Azóia
- 317 - Bairro da Covina
- 318 - Portela de Azóia

E as três carreiras da Carris que utilizam as paragens 1, 2 e 3:

- 21 - Saldanha - Moscavide Centro
- 28 – Restelo, Av. Descobertas - Portela / Av. Descobrimentos
- 31 - Av. José Malhoa - Moscavide Centro

Na tabela abaixo mostra-se as horas de partida de cada uma das carreiras da RL e o desvio padrão desta, obtido através do sistema ICTR e que se considerou igual para todas as viaturas.

Tabela 9 – Horários da RL

Carreira	Hora de Partida	Desvio Padrão
301	9:03:00; 9:23:00; 9:43:00	4min 40s
309	9:13:00; 9:33:00	4min 40s
310	9:18:00; 9:48:00	4min 40s
316	9:13:00; 9:43:00	4min 40s
317	9:18:00; 9:48:00	4min 40s
318	9:18:00; 9:48:00	4min 40s

Para a Carris obteve-se o intervalo entre partidas e o desvio padrão através da informação dos horários presente nas paragens, os valores obtidos encontram-se na tabela abaixo.

Tabela 10 – Intervalo entre partidas da Carris

Carreira	Intervalo entre partidas (min)	Desvio Padrão (min)
21	15	2
28	10	2
31	14	1

3.2 Dados recolhidos através do GISFROT

Para se obter o tempo de paragem foi criado um evento no sistema GISFROT com as seguintes características:

- Ocorrer num dia útil;
- O autocarro ter uma das portas abertas;
- Velocidade <1km/h;
- Hora entre as 9:30 e as 10:30.

Tendo a paragem sido identificada através da posição do GPS.

Posteriormente realizou-se um teste de hipóteses relativo à diferença de médias para avaliar se as duas paragens da RL tinham o mesmo tempo de paragem.

Tabela 11 – Média e desvio padrão calculados para o tempo de paragem

	Média (s)	Desvio Padrão (s)	Dimensão Amostra
Paragem 1	23,73	16,75	26
Paragem 2	16,23	13,07	26

Considerando:

X_A – O tempo de paragem na primeira paragem

X_B – O tempo de paragem na segunda paragem

Y - A diferença entre X_A e X_B

Tem-se assim como hipóteses:

$$H_0: \mu_y = 0 \quad (1)$$

$$H_1: \mu_y \neq 0 \quad (2)$$

Em que:

$$\mu_y = \mu_A - \mu_B \quad (3)$$

Utilizando a equação (8) para calcular o erro e o intervalo de confiança:

$$\varepsilon = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}} \quad (4)$$

Ao utilizar um grau de confiança de 95% ($\alpha/2 = 0,025$) e 50 graus de liberdade para a função *t-student* ($t_{\alpha/2}$) obtêm-se como intervalo de confiança [0,49; 14,51]. Como este intervalo de confiança não contém o zero rejeita-se a hipótese nula, utilizando-se no modelo médias diferentes para cada uma das paragens.

3.3 Dados de caracterização da procura rodoviária, pedonal, estacionamento e cargas e descargas

Estes dados foram recolhidos durante os meses de Maio e Junho de 2010, no período entre as 9 e as 10 horas em dias úteis.

3.3.1 FLUXOS DE VIATURAS E PEÕES

Nos dias 18, 19 e 20 de Maio foram recolhidas informações relativas aos fluxos em cada um dos cruzamentos. Em cada um dos cruzamentos as vias têm todas apenas um sentido facilitando a recolha da informação por apenas uma pessoa. No dia 25 de Maio de 2010 fez-se a recolha dos fluxos de peões e de viaturas ligeiras e pesadas dos cruzamentos 1, 2, 4, 5, em que as contagens para cada um dos casos tiveram uma duração de 15 minutos (para o cruzamento 2 ver Tabela 12 e Tabela 13 para os restantes ver Anexo 3, os fluxos de peões podem ser consultados na Tabela 18), optou-se por este intervalo de tempo e por se fazer apenas uma medição devido a limitações de tempo para a recolha dos dados, tendo-se escolhido o período entre as 9 e as 10 horas correspondendo ao período que seria simulado.

Tabela 12 – Fluxos de viaturas ligeiras do segundo cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	312	-	20	100	432
E	-	-	-	-	0
O	-	-	-	-	0
Total	312	0	20	100	432

Tabela 13 – Fluxos de viaturas pesadas do segundo cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	24	-	-	-	24
E	-	-	-	-	0
O	-	-	-	-	0
Total	24	0	0	0	24

Nos dias 19 e 20 de Maio fez-se as medições dos cruzamentos 3 e 6, para estes o período de recolha de dados teve a duração de uma hora, optando-se neste caso por este período por estes cruzamentos serem semaforizados e com maior impacto na Avenida de Moscavide. Para o cruzamento 3 a recolha foi feita no dia 26 de Maio entre o período das 9 e 10 horas (tabelas abaixo), após este processo e no mesmo dia foi feita a recolha dos dados sobre o sistema de semaforização, obtendo-se a duração do ciclo, as fases do cruzamento, e os tempos de verde amarelo e vermelho (Anexo 2).

Tabela 14 – Fluxos de viaturas ligeiras do terceiro cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	274	-	-	-	274
E	64	-	-	-	64
O	73	-	-	-	73
Total	411	0	0	0	411

Tabela 15 – Fluxos de viaturas pesadas do terceiro cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	41	-	-	-	41
E	7	-	-	-	7
O	7	-	-	-	7
Total	55	0	0	0	55

Para o sexto cruzamento repetiu-se o processo descrito anteriormente no dia 20 de Maio os resultados das medições são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 16 – Fluxos de viaturas ligeiras do sexto cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	334	-	-	48	382
E	-	-	-	-	0
O	-	43	43	-	86
Total	334	43	43	48	468

Tabela 17 – Fluxos de viaturas pesadas do sexto cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	48	-	-	4	52
E	-	-	-	-	0
O	-	2	3	-	5
Total	48	2	3	4	57

Na Tabela 18 apresentam-se os movimentos de peões de todos os cruzamentos.

Tabela 18 – Fluxo de peões (p/h)

Cruz a a via	Primeiro Cruzamento	Segundo Cruzamento	Terceiro Cruzament o	Quarto Cruzament o	Quinto Cruzament o	Sexto Cruzament o
S	164	292	169	332	332	244
E	276	332	249	392		169
O	212	252	209	372	372	181

3.3.2 ESTACIONAMENTO EM SEGUNDA FILA E CARGAS E DESCARGAS

Durante as medições anteriores constatou-se que as operações de cargas e descargas e o estacionamento em segunda fila por vezes bloqueavam a passagem das viaturas da RL. Considerou-se assim importante modelar este problema e decidiu-se voltar ao local para contabilizar os fluxos de viaturas que estacionam em segunda fila e as operações de cargas e descargas.

As medições foram feitas no dia 1 de Junho de 2010.

Para a recolha dos dados a via foi dividida em três. A primeira parte contém os troços 1, 2 e 3, tendo-se feito medições apenas nos troços 2 e 3 uma vez que se considerou que o troço 1 teria os mesmos movimentos que o troço 3. A segunda parte é constituída pelos troços 4, 5 e 6 e as medições foram feitas nos troços 4 e 5, considerando-se o troço 6 igual ao troço 4. Por fim, a última parte é apenas constituída por o troço 7 onde se efectuaram as medições. Recolheu-se para cada um dos troços 2, 3, 4, 5, 7, o número de viaturas paradas em segunda fila (Tabela 19) e o tempo de paragem durante um período de 15 minutos. Na Figura 7 pode-se ver um exemplo de estacionamento em segunda e fila, e na Figura 8 um exemplo de uma carga e descarga.

Para as cargas e descargas as medições foram feitas no dia 8 de Junho de 2010. O processo utilizado é equivalente ao processo acima descrito, o número de veículos em estacionamento em segunda fila e a executar operações de cargas e descargas são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 19 – Fluxos de estacionamento em segunda fila e cargas/descargas

Troço	Estacionamento Segunda fila (n.º/h)	Cargas/descargas (n.º/h)
1	0	0
2	4	8
3	0	0
4	4	12
5	12	4
6	4	4
7	8	0

Figura 7 – Estacionamento em Segunda fila na Avenida de Moscavide, imagem recolhida no local no dia 26 de Agosto de 2010.



Figura 8 – Cargas e Descargas na Avenida de Moscavide, imagem recolhida no local no dia 26 de Agosto de 2010



Com os tempos de paragem medidos para o estacionamento em segunda fila e para as cargas e descargas foram calculadas as médias e os desvios padrões apresentados na tabela abaixo.

Tabela 20 – Tempo de paragem do estacionamento em segunda fila e das cargas/descargas

	Média (s)	Desvio Padrão (s)
Estacionamento em segunda Fila	177,6	215,6
Operações de Cargas e descargas	168,3	54,2

4 Modelo

4.1 Microssimulação

A simulação de tráfego utiliza técnicas computacionais para replicar e, assim, estudar comportamentos de tráfego. Os modelos de simulação podem dividir-se em modelos microscópicos, mesoscópicos e macroscópicos. A distinção entre estes vários tipos de modelos está na escala da análise feita, um modelo macroscópico passa pela análise e modelação de fluxos de viaturas numa rede. No modelo mesoscópico a escala será menor correspondendo à análise de uma fila de veículos. No caso do modelo microscópico este corresponde à modelação e análise de uma viatura. Correspondendo à simulação de um veículo, de uma fila de veículos ou de um fluxo de veículos, respectivamente. É também possível classificar consoante o objectivo: simulação de veículo, de uma zona, ou de uma rede (Li, Tang e Jiang 2010).

Um modelo de microssimulação, de tráfego urbano faz a simulação das decisões tomadas por cada ocupante de uma viatura inserida dentro de uma rede. E consegue representar através de um modelo computacional um veículo, as suas decisões e movimentos baseados num conjunto de regras. Devido às limitações das capacidades computacionais este tipo de simulação estava limitado a estudos de pequenas dimensões, como uma rua ou um cruzamento. Recentemente, com a grande evolução da capacidade computacional é possível criar redes de grande dimensão, com a possibilidade de simular condições complexas de tráfego, assim como de novos problemas, permitindo também uma representação visual destes. Por estas razões e por ser económico, sem risco e rápido, a microssimulação tem sido cada vez mais utilizada na avaliação de sistemas de transportes e operações de tráfego. Como exemplos de softwares comerciais de microssimulação pode referir-se o Aimsun, PARAMICS e VISSIM (Li, Tang e Jiang 2010),(Li, Liu e Li 2010).

Na microssimulação cada um dos veículos é simulado individualmente, conjuntamente com um vasto leque de decisões de todos os intervenientes oferecendo assim uma maior robustez ao nível comportamental. A microssimulação permite testar a aplicação de sistemas inteligentes de transportes fazendo a ligação do sistema ao modelo, ou mesmo o teste de novos sistemas, o que facilita o teste de medidas controversas sem ser necessário fazer alterações na realidade e sem riscos (Li, Tang e Jiang 2010).

Segundo o projecto SMARTTEST existem cerca de 58 modelos diferentes de microssimulação, em que a maioria foi desenhada com o objectivo de avaliar o desempenho, impacto e sensibilidade de estratégias de intervenção na rede rodoviária (Algers, et al. 1997),(Archer e Kosonen 2000).

O Aimsun era originalmente o centro de um programa de pesquisa da Universidade da Catalunha. Neste momento vai na sexta versão comercial e foi lançada a versão beta da sétima edição. Tendo ultrapassado o objectivo inicial da sigla AIMSUN “advanced interactive microscopic simulator for urban and non-urban networks”, inclui simuladores microscópicos, mesoscópicos e macroscópicos. A nova funcionalidade principal da sétima edição é um simulador híbrido, que utiliza ao mesmo tempo uma visão microscópica e mesoscópica (Casas, et al. 2010).

Para a construção de um modelo em Aimsun são necessários dois tipos de informação. A informação da oferta que inclui tudo o que está relacionado com a infra-estrutura e os serviços, e a informação da procura que corresponde às necessidades de deslocação e é representada por matrizes de origem e destino (Casas, et al. 2010).

A criação de um modelo de simulação de transporte divide-se em 3 etapas. A primeira consiste na construção do modelo, ou seja a recolha e o processamento dos dados a utilizar no modelo. A segunda etapa inclui a verificação, calibração e validação, pretendendo-se confirmar se a lógica de implementação do modelo é correcta, e compara os resultados com as medições reais para verificar o ajustamento e a validade do mesmo. Por fim, a última etapa corresponde à obtenção dos resultados de acordo com os objectivos do projecto (Casas, et al. 2010).

A caracterização da oferta inclui parâmetros como a geometria e especificações funcionais da rede, os sistemas de controlo de tráfego, e os serviços de transporte colectivo. A procura pode ser inserida no modelo através de matrizes origem-destino ou através de fluxos de tráfego (também designados como estados de tráfego) que podem ser dependentes do tempo. Para a utilização de matrizes origem-destino, é necessário criar um zonamento no modelo de modo a permitir a criação de centróides, que correspondem a pontos de origem e destino, e as suas ligações à rede criada. No caso da utilização de estados de tráfego é necessário especificar os fluxos de entrada na rede e as percentagens de viragem em cada um dos cruzamentos. Normalmente, a utilização de estados de tráfego não é recomendada, sendo apenas aceitável para redes de pequena dimensão e que não permitam viagens circulares. Não é possível ainda utilizar estados de tráfego para previsões futuras caso as alterações criem mudanças nos percursos utilizados (Casas, et al. 2010).

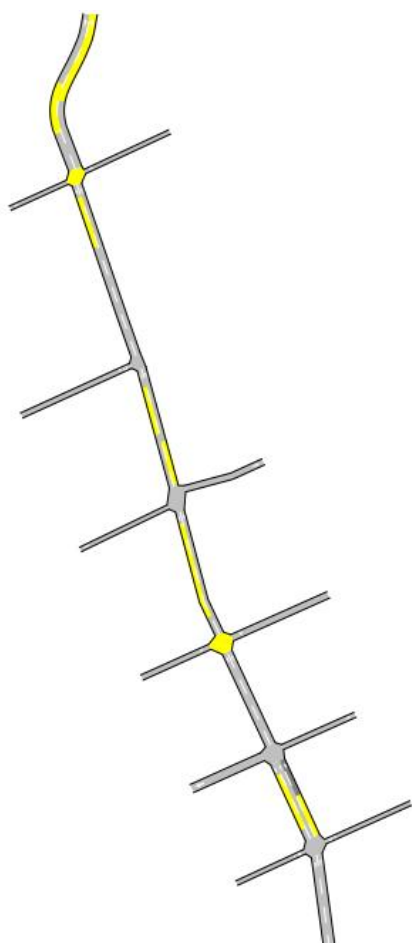
A verificação consiste em garantir que o modelo foi correctamente editado no programa e que corre sem erros. O Aimsun tem uma função que verifica a rede quanto a erros de edição. A calibração e validação consiste em alterar parâmetros do modelo e comparar os resultados com dados reais até que um dado critério seja verificado (Casas, et al. 2010).

4.2 Construção do Modelo

Para a construção do modelo de microsimulação foi utilizado o software Aimsun 6. O processo de construção iniciou-se com a criação das vias utilizando como apoio para o alinhamento das vias a planimetria da Avenida de Moscavide fornecida pela Câmara Municipal de Loures. Em cada uma das vias criadas definiu-se a sua largura e o número de pistas de acordo com a informação recolhida. Para a definição do débito de saturação da via escolheu-se, dos tipos de vias disponíveis, a via sinalizada (*signalised street*), que se adequa às condições da Avenida de Moscavide, e tem o limite de velocidade de 50 km/h. A via sinalizada predefinida no Aimsun tem um débito de saturação de 1400 vec./h. Para cada um dos 6 cruzamentos definiu-se os movimentos permitidos fazendo a ligação entre cada uma das vias, definiu-se também a sinalização vertical presente de acordo com o Anexo 1.

Na Figura 9 encontra-se o modelo final na rede criada no programa.

Figura 9 – Modelo final da rede



Fonte: Adaptado de Software Aimsun

Apresentam-se, então os pressupostos utilizados para a construção do modelo, sistematizados em transporte colectivo, transporte individual, peões e estacionamento em segunda fila e cargas e descargas.

4.3 Transporte Colectivo

Os serviços de transporte colectivos foram definidos utilizando as linhas e os planos de transporte colectivo do software utilizado. Um plano de transporte colectivo consiste num conjunto de linhas de transporte colectivo e a atribuição a cada linha o seu horário, sendo que uma linha consiste numa rota fixa e um conjunto de paragens. A esta linha está associado um conjunto de horários que contém para além dos tempos de partida de cada viatura, os tempos de paragem médios e os desvios padrões para cada uma das paragens (TSS - Transportation Simulation Systems 2010). O percurso foi definido ao longo da Avenida de Moscavide para todos os autocarros, e foi definido que os autocarros da RL paravam na primeira e última paragem, enquanto as viaturas da Carris utilizam todas as paragens. Os tempos de paragem da RL foram definidos de acordo com a informação recolhida e apresentada no capítulo anterior. Para os autocarros da Carris, como não foram feitas medições relativas ao tempo de paragem considerou-se que os tempos seriam iguais aos da RL para a primeira e última paragem e, no caso da segunda paragem, considerou-se que seria igual à última paragem. Os horários da RL utilizados encontram-se na Tabela 9. O desvio padrão dos atrasos foi calculado com base na informação disponível através do sistema ICTR tendo-se obtido um valor de 4 minutos e 40 segundos. Por sua vez, para a Carris, o tempo entre partidas e desvio padrão foi definido de acordo com a informação presente na paragem de autocarro no local (Tabela 10).

4.4 Transporte Individual

Para a procura do transporte individual utilizaram-se estados de tráfego visto que a rede é de pequena dimensão e não permite ciclos fechados. Os estados de tráfego são definidos para um período horário e correspondem a uma descrição do estado de secção. São caracterizados por fluxos de viaturas nas secções com entradas que não se encontram ligadas a outra secção e, para as restantes secções e cruzamentos, por percentagens para cada um dos movimentos possíveis (TSS - Transportation Simulation Systems 2010). Utilizou-se um estado de tráfego para as viaturas ligeiras e outro para as pesadas.

4.5 Peões

Devido a uma limitação da licença do programa que não permitia a utilização do simulador de peões foi necessária a criação de um modelo para utilização nos cruzamentos não semaforizados, considerando-se que nos cruzamentos semaforizados os peões utilizam o tempo disponibilizado. Para tal utilizaram-se semáforos com ciclos fixos, em que o tempo de vermelho total corresponde ao tempo que o fluxo de peões durante uma hora necessita para atravessar a passadeira. Para chegar a este tempo utilizou-se um factor de bloqueio dos peões definido no *Highway Capacity Manual* (Transportation Research Board 2000).

$$f_{pb} = \frac{v_x \left(\frac{W}{S_p} \right)}{3600} \quad (5)$$

Onde:

- f_{pb} = Factor de bloqueio dos peões
- v_x = Número de grupo de grupos de peões num período de uma hora
- W = Largura da via
- S_p = Velocidade dos peões

Para a velocidade dos peões utilizou-se uma velocidade de 1,2 m/s (Transportation Research Board 2000). Apesar da percentagem de população com mais de 65 anos na freguesia em 2001 ser de 37% (Instituto Nacional de Estatística s.d.), optou-se por considerar um valor inferior a 20% pois a proporção de população com mais de 65 anos no concelho de Loures para o ano de 2009 é de 16% (Instituto Nacional de Estatística s.d.). Também é necessário ter em conta que a zona não é apenas utilizada pelos habitantes de Moscavide, e devido à grande densidade de serviços a população que a utiliza será mais jovem que a residente. Além disso, é expectável, segundo a Junta de Freguesia, algum rejuvenescimento da população com a recepção de jovens adultos que aproveitaram as novas oportunidades oferecidas pelo Parque das Nações (Junta de Freguesia de Moscavide s.d.). Para se obter o número de grupos de peões utilizou-se um factor de grupo de 1,5 obtido através das medições nos locais nos dias 18, 19 e 20 de Maio. Na Tabela 21 podem ser consultados os resultados do primeiro cruzamento, os restantes cruzamentos podem ser consultados no Anexo 2. Na Tabela 22 apresentam-se as proporções finais obtidas para cada cruzamento.

Tabela 21 – Cálculos para o modelo de peões do primeiro cruzamento

Rua	Fluxo total (P/h)	W (m)	v_x (Grupos de peões/h)	f_{pb}
S	164	6,18	136,67	0,19
E	276	2,62	230,00	0,13
O	212	2,62	176,67	0,10

Tabela 22 – Proporções de tempo vermelho obtidas.

Rua	Primeiro Cruzamento	Segundo Cruzamento	Quarto Cruzamento	Quinto Cruzamento
S	0,19	0,47	0,32	0,33
E	0,13	0,19	0,27	-
O	0,10	0,23	0,19	0,22

Os ciclos de semaforização foram criados com o objectivo de simular as paragens associadas aos peões a atravessar. O tempo de vermelho correspondente ao tempo de atravessamento dos peões, e foi distribuído ao longo do tempo para cada um dos grupos de semáforos. Os diagramas utilizados podem ser consultados no Anexo 4.

Este modelo tem algumas limitações, nomeadamente não consegue reflectir a aleatoriedade associada aos peões, obriga a paragem em toda a largura da via e, ainda, simula os peões a atravessar em grupos grandes e espaçados de um ciclo de 100 segundos. Assume-se também aqui que os peões apenas atravessam nas passadeiras e que cumprem as regras de trânsito.

4.6 Estacionamento em Segunda Fila e Cargas e Descargas

Uma vez que o Aimsun não tem qualquer modelo para a simulação de estacionamento em segunda fila ou de cargas/descargas, foi necessário criar uma alternativa que permita simular este comportamento da forma mais realista possível. Utilizou-se para tal as linhas de transporte colectivo. Tal como para o transporte colectivo foi necessário definir um percurso, um conjunto de horários e um conjunto de paragens.

Foram colocadas paragens nos locais onde existe mais estacionamento em segunda fila e cargas/descargas. O intervalo entre partidas foi definido de acordo com a informação recolhida. O tempo de paragem e o desvio padrão foram obtidos através das medições feitas no local.

Como apenas se tem uma via na maioria dos casos, o trânsito fica bloqueado com a paragem de uma viatura. Situação que nem sempre acontece na realidade Para contornar esta situação no

local onde se colocaram paragens aumentou-se o número de vias, tendo-se reduzido o débito de saturação da via na mesma proporção.

4.7 Verificação, Calibração e Validação

Após a construção do modelo foi necessário verificar, calibrar e validar o modelo. No processo de verificação utilizou-se a ferramenta que verifica e corrige a rede (Check and fix network), que não encontrou erros. Fez-se também uma verificação visual utilizando o microssimulador para perceber se todos os comportamentos seriam os esperados.

De seguida passou-se para a validação do modelo tentando perceber se este precisaria de um processo de calibração. Utilizou-se como critério de validação a velocidade comercial das viaturas da RL real (real porque obtida a partir de medições dos tempos de percurso), devendo a velocidade média comercial obtida pelo modelo passar num teste estatístico relativo à diferença destas duas médias. Escolheu-se este valor de comparação pois não foi utilizado para a criação do modelo e é o valor que se vai comparar e avaliar posteriormente. A velocidade comercial real obtida é a que tem como tempo de viagem entre o instante em que o autocarro pára na primeira estação até que o autocarro sai da estação seguinte, incluindo os dois tempos de paragem. Para se obter esta velocidade no modelo foi necessário criar um caminho (stream) que apenas inclui este percurso. No modelo foram utilizadas 50 simulações diferentes.

Obtiveram-se as seguintes médias e desvios padrão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Média e desvio padrão das velocidades comerciais obtidas

	Média (km/h)	Desvio Padrão (km/h)	Nº de observações
Modelo	9,26	2,20	634
Observado	9,79	1,84	26

Considerando:

X_A – A velocidade comercial real

X_B – A velocidade comercial modelada

Y - A diferença entre X_A e X_B

Tem-se assim como hipóteses:

$$H_0: \mu_y = 0 \quad (6)$$

$$H_1: \mu_y \neq 0 \quad (7)$$

Em que:

$$\mu_y = \mu_A - \mu_B \quad (8)$$

Utilizando a equação (4) para calcular o erro e o intervalo de confiança:

$$\varepsilon = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}} \quad (9)$$

Ao utilizar um grau de confiança de 95% ($\alpha/2 = 0,025$) e 660 graus de liberdade para a função *t-student* ($t_{\alpha/2}$) obtêm-se/obtem-se como intervalo de confiança $[-1,39; 0,32]$. Como este intervalo de confiança contem o zero não se rejeita a hipótese de que as médias são iguais, verificando-se o critério definido.

Com o modelo já validado obtém-se uma velocidade comercial de 9,81 km/h para todo o percurso simulado, e é possível definir experiências para simular no modelo.

4.8 Medidas a testar

Inicialmente antes de testar novas medidas calculou-se a velocidade máxima que seria possível obter retirando completamente os peões, o tráfego, as cargas e descargas, e o estacionamento em segunda fila. Obteve-se uma velocidade 14,77 km/h e um desvio padrão de 3,35. Ou seja, esta será a máxima velocidade comercial que é possível obter numa via com as características da Avenida de Moscavide, mesmo que não haja tráfego ou outros impedimentos externos á carreira.

Após a recolha da informação e com o objectivo de avaliar os efeitos de diversos factores na velocidade comercial foi criado um conjunto de alterações a testar,

- Criar uma nova paragem para a RL;
- Tornar a paragem única à Carris numa paragem na via;
- Retirar as viaturas da Carris;
- Duplicar o estacionamento em segunda fila e triplicar as cargas e descargas;

- Eliminar o estacionamento em segunda fila e as cargas e descargas;
- Retirar, duplicar e triplicar o estacionamento em segunda fila;
- Retirar, duplicar e triplicar as cargas e descargas;
- Variar o tempo de paragem. (80%, 90%, 110%, 120%);
- Variar o tráfego. (80%, 90%, 110%, 120%);
- Variar o número de peões (0%, 125%, 150%).

Algumas das alterações como retirar as carreiras da Carris, transformar a paragem da Carris numa paragem na via e aplicar variações de tráfego e de peões têm como objectivo ajudar na decisão de alterar ou não o percurso para um mais favorável, ou na escolha de trajectos para novas carreiras na zona. As restantes alterações têm os mesmos objectivos que as referidas anteriormente, no entanto, permitem o teste e a contabilização de medidas concretas e possíveis de aplicar.

A criação de uma nova paragem para a RL tem como objectivo avaliar uma alteração da distância entre paragens. Como o percurso utilizado apenas tem 2 paragens optou-se por adicionar uma, alterando a distância entre paragens de 500 m para 250 m.

As alterações no estacionamento permitem testar o aumento ou diminuição da fiscalização.

No caso das cargas e descargas é possível avaliar uma regulamentação das mesmas através, por exemplo, da criação de horários próprios.

As variações no tempo de paragem reflectem alterações que melhorem o desempenho deste indicador, como a alteração do método de cobrança, ou alterações nas viaturas que facilitem o embarque.

Em nenhum dos casos se teve em conta a alteração da procura com o aumento ou diminuição do tempo de viagem dos autocarros. Isto pode ser simulado utilizando a elasticidade da procura com o tempo de viagem, e posteriormente alterar os tempos de paragem para reflectir o maior ou menor número de embarques em cada uma das paragens.

Todas as experiências foram feitas sem alterar qualquer um dos outros factores.

5 Resultados

Para a obtenção dos resultados foram feitas 50 simulações para cada uma das experiências, tendo-se calculado a média da velocidade comercial dos autocarros e o desvio padrão. Foi também calculado o teste t da diferença das médias entre cada uma das experiências e o valor inicial. O desvio padrão fornece informações relativas à fiabilidade das estimativas da velocidade média, com maior desvio padrão ter-se-á maiores atrasos ou adiantamentos dos autocarros, portanto para além de se pretender obter uma velocidade comercial maior é também importante garantir uma maior fiabilidade dos tempos de percurso.

5.1 Número de paragens e carreira da Carris

Pelo Gráfico 1 e Tabela 24 pode-se comparar algumas das principais experiências com os valores de partida. Ao retirar completamente os autocarros da Carris da Avenida de Moscavide a velocidade comercial diminui 0,1% mostrando que, para condições idênticas, a existência de outro operador tem muito pouca influência na velocidade comercial. Quando se define a paragem da Carris como uma paragem na via, existe uma ligeira diminuição na velocidade. Ao se reduzir para metade a distância entre paragens (de 500m para 250m) contabiliza-se uma redução da velocidade comercial em 14%.

Tabela 24 – Alterações Operacionais

Caso	Nº de Autocarros	Velocidade Média (km/h)	Desvio Padrão (km/h)	Variação (%)	Mínimo intervalo de confiança	Máximo intervalo de confiança
Remover as carreiras da Carris	644	9,80	1,96	-0,1%	-0,226	0,201
Paragem da Carris na via	644	9,65	1,86	-1,6%	-0,365	0,052
3 Paragens RL	590	8,44	1,55	-13,9%	-1,563	-1,171
Base	634	9,81	1,94	0,0%	-0,213	0,213

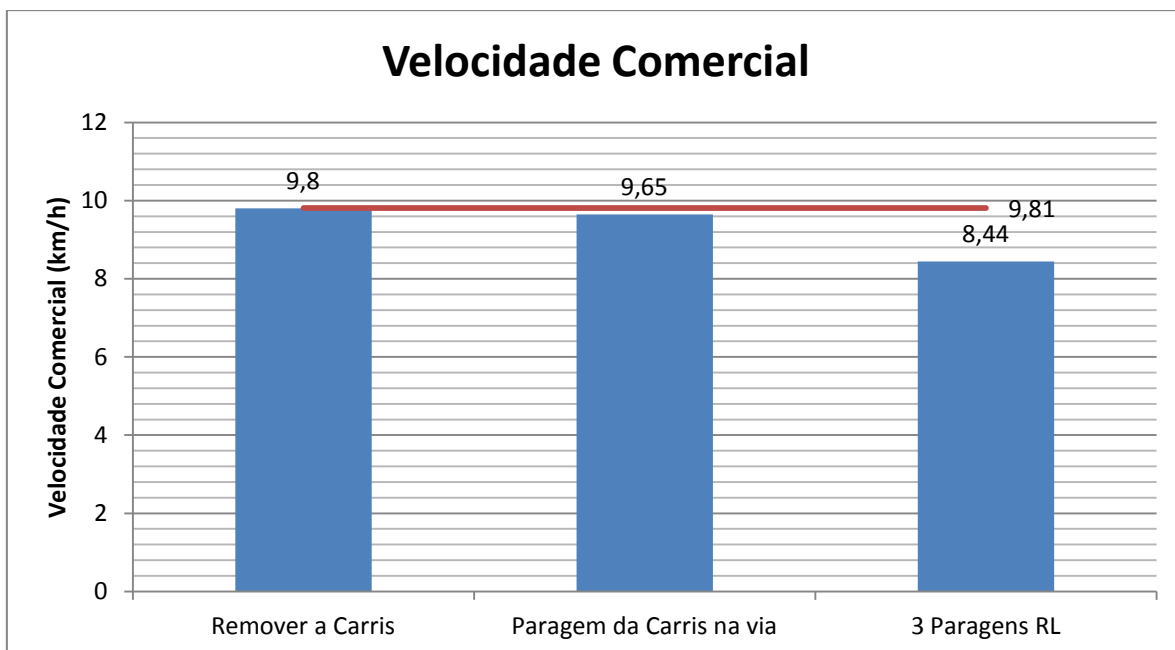


Gráfico 1 – Alterações Operacionais

5.2 Estacionamento em segunda fila e Cargas/Descargas

No Gráfico 2 apresenta-se a velocidade comercial e o desvio padrão em função do número de veículos estacionados em segunda fila por hora na avenida. A regressão linear entre a velocidade comercial e o número de veículos em segunda fila apresenta um declive negativo, e um R^2 de 0,9224, indicando que a regressão se adapta aos dados. Este valor é bastante elevado tanto neste caso como em alguns dos casos apresentados devido ao número reduzido de observações utilizado na regressão. Quando se aumenta o número de observações da regressão linear o valor de R^2 tem tendência a diminuir. Como se pode observar no gráfico e na Tabela 25 o desvio padrão aumenta quando aumentam os veículos em estacionados em segunda fila.

Tabela 25 – Estacionamento

Caso	Nº de Autocarros	Velocidade Média (km/h)	Desvio Padrão (km/h)	Varição (%)	Mínimo intervalo de confiança	Máximo intervalo de confiança
Sem estacionamento	645	10,06	1,81	2,5%	0,041	0,452
Base	634	9,81	1,94	0,0%	-0,213	0,213
Duplicar Estacionamento	622	9,00	2,09	-8,3%	-1,035	-0,589
Triplicar estacionamento	618	7,75	2,34	-21,0%	-2,298	-1,822

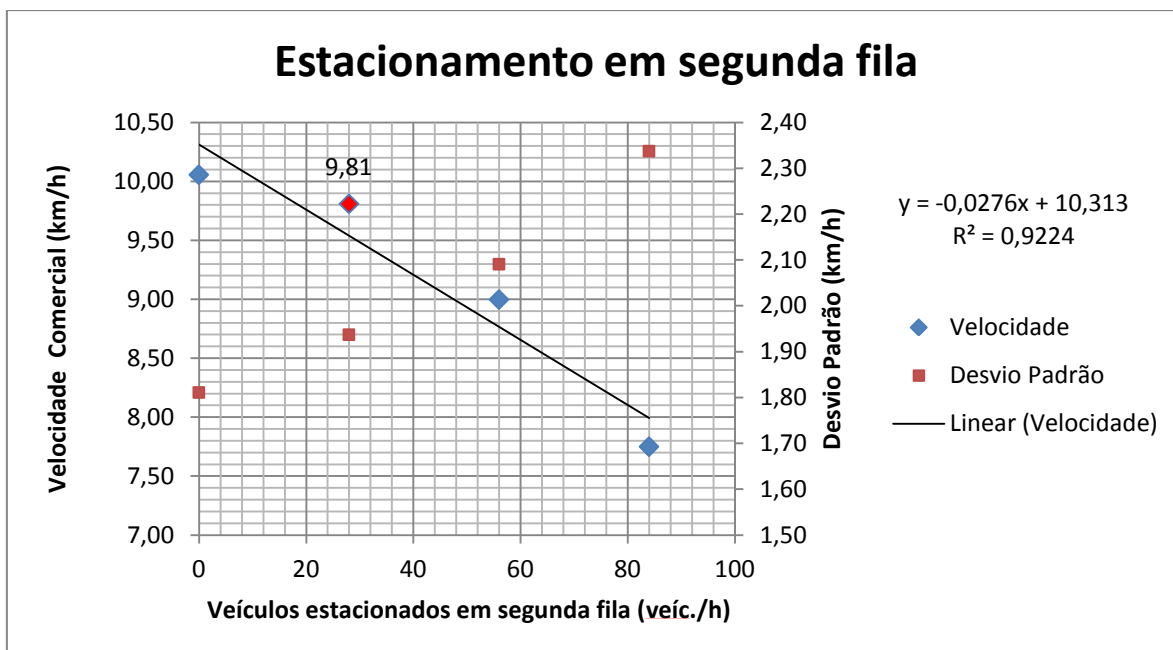


Gráfico 2 – Variação do estacionamento

A variação da velocidade comercial com o número de cargas e descargas (Gráfico 3) tem um comportamento semelhante ao do número de veículos estacionados em segunda fila. O R^2 é 0,86, o que representa uma boa aproximação dos valores à recta, contudo, é inferior ao R^2 do estacionamento. O desvio padrão, apesar de diminuir nos primeiros valores apresentados na Tabela 26, quando triplicado o número de cargas e descargas sobe consideravelmente.

Tabela 26 – Cargas/descargas

Caso	Nº de Autocarros	Velocidade Média (km/h)	Desvio Padrão (km/h)	Varição (%)	Mínimo intervalo de confiança	Máximo intervalo de confiança
Sem cargas e descargas	638	10,10	2,03	2,9%	0,071	0,508
Base	634	9,81	1,94	0,0%	-0,213	0,213
Duplicar cargas e descargas	644	9,61	1,90	-2,0%	-0,410	0,012
Triplicar cargas e descargas	637	8,58	2,26	-12,5%	-1,461	-0,999

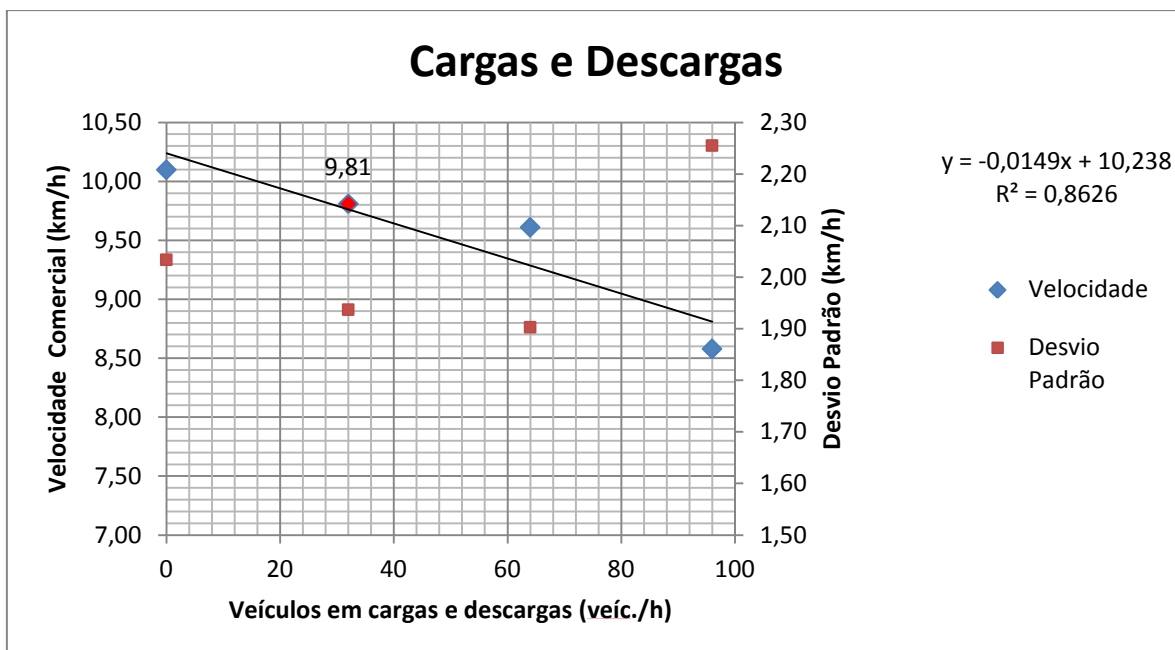


Gráfico 3 – Variação das cargas e descargas

Caso se remova completamente as cargas e descargas e o estacionamento em segunda fila (Tabela 27 e Gráfico 4) obtém-se um aumento da velocidade comercial de 5,1% e caso se aumente, duplicando o estacionamento, e triplicando as cargas e descargas, obtém-se uma diminuição de 27,8%.

Tabela 27 – Estacionamento e Cargas/Descargas

Caso	Nº de Autocarros	Velocidade Média (km/h)	Desvio Padrão (km/h)	Variação (%)	Mínimo intervalo de confiança	Máximo intervalo de confiança
Eliminar Estacionamento em segunda fila e cargas e descargas	648	10,31	2,16	5,1%	0,272	0,722
Duplicar estacionamento e triplicar cargas e descargas	580	7,08	2,58	-27,8%	-2,984	-2,466

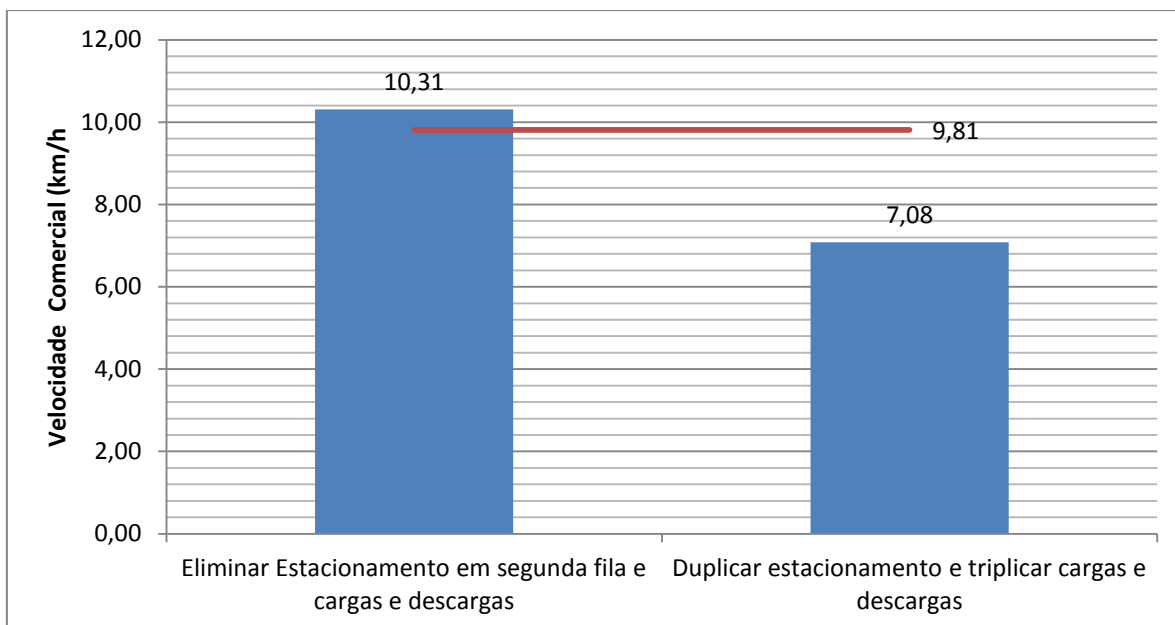


Gráfico 4 – Cargas/descargas

5.3 Peões

Como se pode observar pelos resultados do Gráfico 5 os peões têm grande influência na velocidade comercial. O aumento do número de peões diminui a velocidade comercial e retirar completamente os peões corresponde a um aumento de 42,4%, o maior conseguido em todas as experiências. O R^2 de 0,9886, o maior até agora, mostra que para os valores obtidos o número de peões tem uma forte relação linear. O desvio padrão também diminui com o aumento do número de peões (Tabela 28), este facto está provavelmente relacionado com o modelo utilizado para os peões, uma vez que o modelo não é aleatório e considera que os peões atravessam em grupos grandes espaçados no tempo, pelo ciclo definido.

Tabela 28 – Peões

Caso	Nº de Autocarros	Velocidade Média (km/h)	Desvio Padrão (km/h)	Variação (%)	Mínimo intervalo de confiança	Máximo intervalo de confiança
Sem peões	639	13,96	3,17	42,4%	3,867	4,444
Base	634	9,81	1,94	0,0%	-0,213	0,213
Peões +25%	644	8,88	1,60	-9,4%	-1,122	-0,731
Peões +50%	633	8,46	1,54	-13,7%	-1,541	-1,155

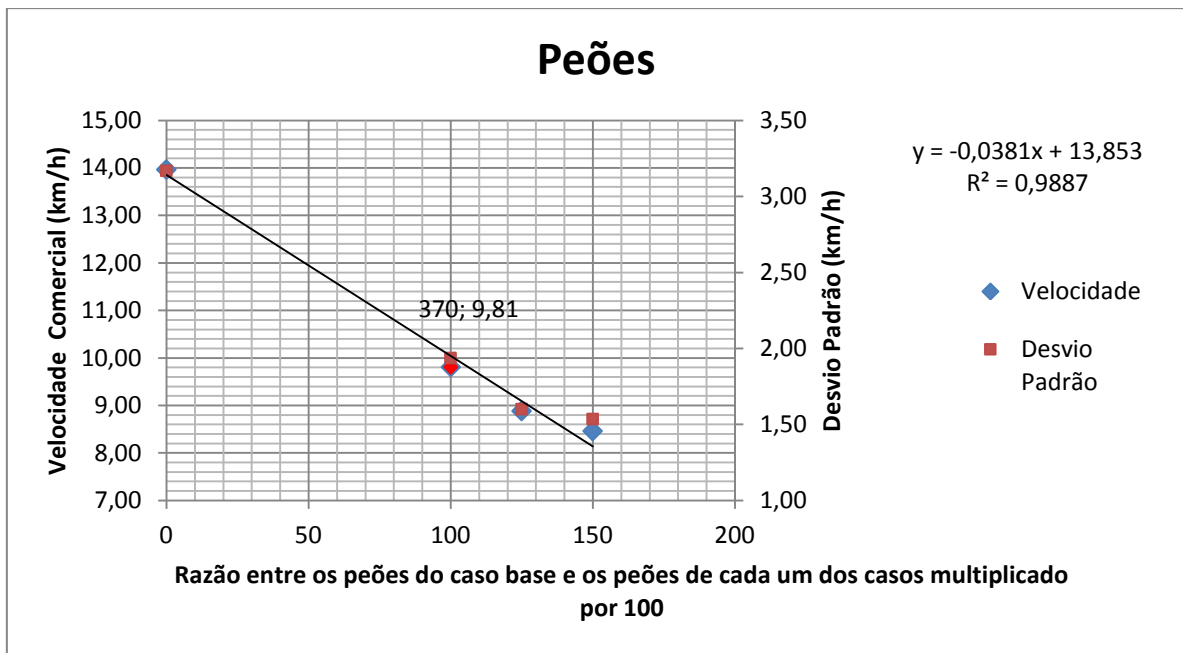


Gráfico 5 – Variação dos peões

5.4 Variações nos volumes de Tráfego

Para a experiência 80% do tráfego os resultados são contra intuitivos, uma vez que seria expectável uma melhoria na velocidade comercial (Tabela 29). As variações de tráfego utilizadas são pequenas, e encontram-se bastante longe da capacidade da via. Nesta situação mencionada o intervalo de confiança do teste de médias contém o zero, ou seja o resultado não é estatisticamente diferente do valor sem qualquer variação.

Na variação de tráfego (Gráfico 6) observa-se que não existe uma clara relação entre o aumento de tráfego e a velocidade comercial. A regressão linear mostra que com o aumento do tráfego a velocidade comercial diminui. Contudo, o R^2 de 0,28 mostra que os valores não se adaptam bem à regressão. A variabilidade dos valores pode ser explicada pelas variações serem pequenas e os fluxos resultantes serem cerca de metade da capacidade das vias. Neste caso o desvio padrão tem tendência a diminuir com o aumento do tráfego, mostrando que, apesar da velocidade comercial não sofrer muita variação, ao se aumentar o tráfego a sua variabilidade para cada um dos casos diminui.

Tabela 29 – Tráfego

Caso	Nº de Autocarros	Velocidade Média (km/h)	Desvio Padrão (km/h)	Varição (%)	Mínimo intervalo de confiança	Máximo intervalo de confiança
Tráfego 80%	635	9,69	1,97	-1,2%	-0,337	0,093
Tráfego 90%	642	9,88	1,98	0,8%	-0,140	0,291
Base	634	9,81	1,94	0,0%	-0,213	0,213
Tráfego 110%	639	9,60	1,90	-2,2%	-0,425	-0,003
Tráfego 120%	643	9,63	1,87	-1,9%	-0,393	0,025

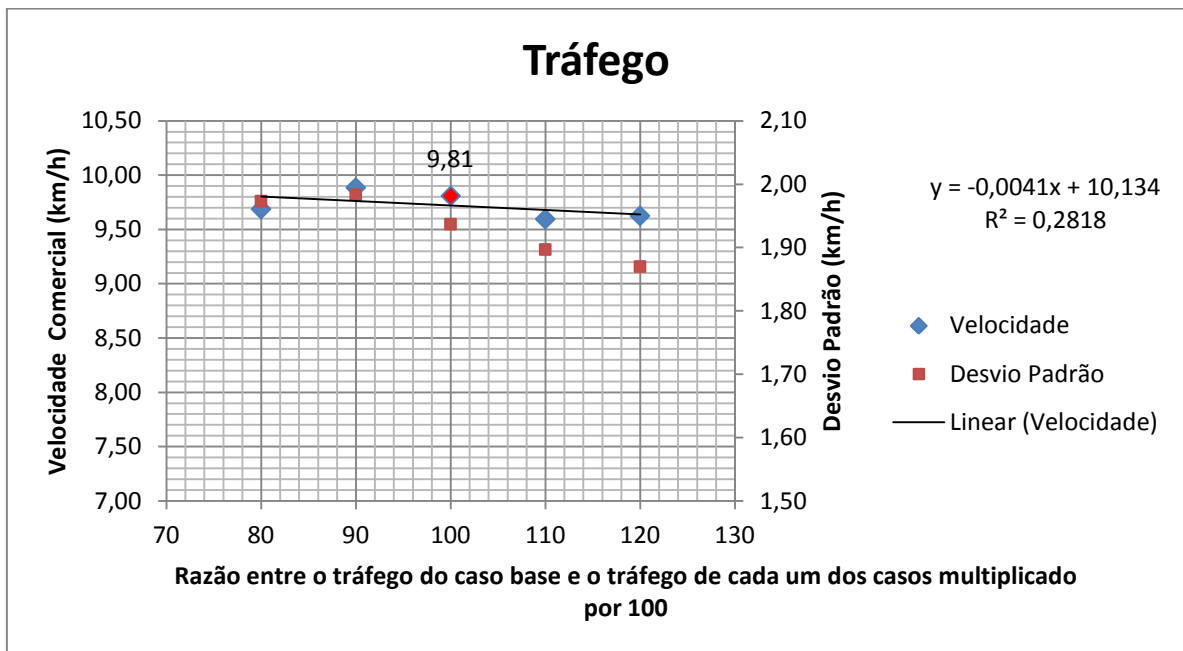


Gráfico 6 – Variação dos fluxos de tráfego

5.5 Tempo de paragem

Para a experiência “tempo de paragem -10%” o resultado é contra intuitivo, pois seria expectável uma melhoria na velocidade comercial (Tabela 30). Nesta situação o desvio padrão é maior que a média do tempo de paragem, pelo que pequenas variações na média têm menor influência no resultado final. Neste caso também o intervalo de confiança do teste de médias contém o zero, indicando novamente que o valor não é estatisticamente diferente do valor inicial.

Quando se varia o tempo de paragem (Gráfico 7), a relação entre o tempo de paragem e a velocidade comercial não é óbvia como se pode observar no referido gráfico. Com a regressão linear percebe-se que a velocidade comercial diminui quando se aumenta o tempo de paragem. O R^2 de 0,724 mostra que existe uma razoável relação linear entre a velocidade comercial e o tempo de paragem. Seria de esperar que aumentando o tempo de paragem de cada autocarro a velocidade comercial se degradaria, o que não acontece em algumas das situações apresentadas no gráfico. Este facto pode ser explicado pelas variações serem pequenas quando comparadas com o desvio padrão, que chega a ser superior a 70% da média.

O declive da recta obtida através da regressão linear é negativo mostrando que com o aumento do tráfego a velocidade comercial tem tendência a diminuir.

Tabela 30 – Tempo de paragem

Caso	Nº de Autocarros	Velocidade Média (km/h)	Desvio Padrão (km/h)	Varição (%)	Mínimo intervalo de confiança	Máximo intervalo de confiança
Tempo de paragem - 10%	622	9,63	2,00	-1,8%	-0,396	0,040
Tempo de paragem - 20%	640	9,93	1,95	1,3%	-0,088	0,339
Base	634	9,81	1,94	0,0%	-0,213	0,213
Tempo de paragem +20%	633	9,21	1,81	-6,1%	-0,802	-0,389
Tempo de paragem +10%	627	9,60	2,00	-2,1%	-0,425	0,011

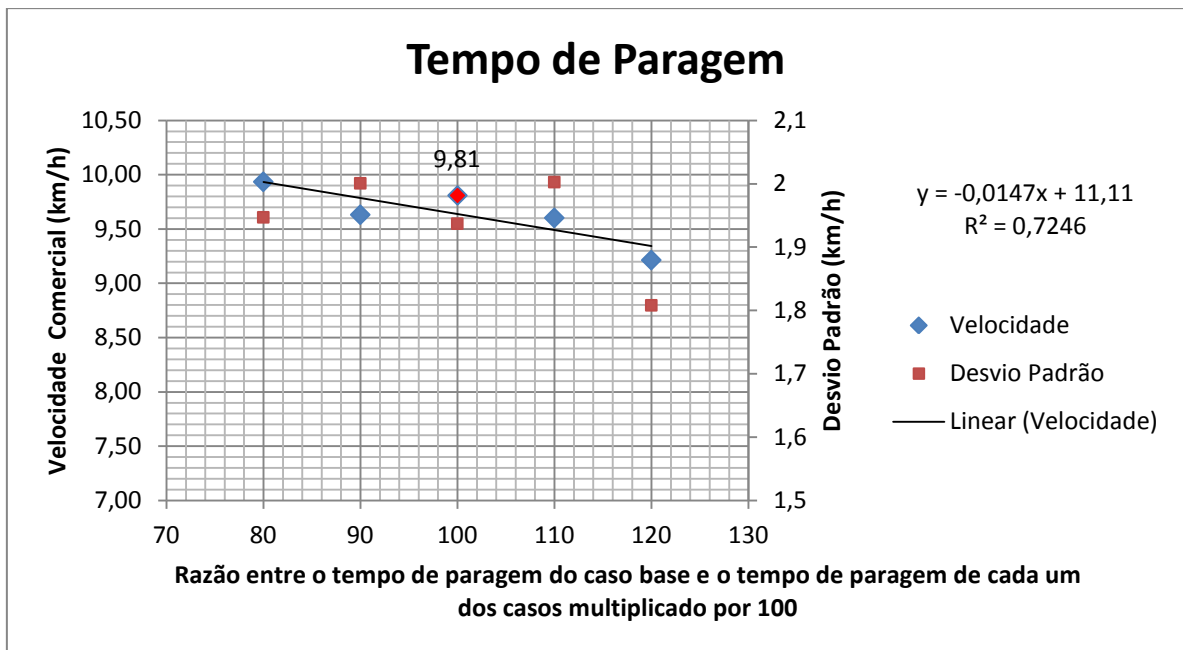


Gráfico 7 – Variação do tempo de paragem

5.6 Comparação das Experiências

Em algumas das experiências o intervalo de confiança 95% do teste da diferença das médias de cada uma das experiências com o resultado base contém o zero não se podendo então rejeitar a hipótese de as médias serem iguais. Isto acontece quando se retiram as carreiras da Carris ou se passa a paragem única da Carris para uma paragem na via, mostrando que estas experiências, neste caso, têm um impacto bastante reduzido na velocidade comercial.

Ao se olhar para a velocidade máxima obtida através da remoção dos peões, tráfego, estacionamento em segunda, e cargas e descargas, percebe-se que o máximo da velocidade possível de obter sem alterar o número e a distância entre paragens será de 14,77 km/h, dando espaço para ganhos de 50,6%. Apenas com a remoção completa dos peões se conseguiu atingir um valor próximo dos 50%, mostrando que para se conseguir atingir velocidades próximas da velocidade óptima tem que se combinar várias medidas em conjunto. De notar que os resultados obtidos não são somáveis, ou seja o resultado de combinar duas experiências não é a soma dos resultados obtidos.

Olhando para as regressões lineares obtidas, em todos os casos o R^2 é elevado, excepto para as variações dos volumes de tráfego. Os Valores de R^2 elevados estão relacionados com o reduzido número da amostra, no entanto mostram que existe uma correlação entre a velocidade comercial e cada um dos factores estudados. No caso dos volumes de tráfego o R^2 é reduzido, e como já foi referido está provavelmente relacionado com estes serem bastante menores que o fluxo de

saturação, reduzindo bastante o impacto das pequenas variações aplicadas na velocidade comercial dos autocarros.

Todos os declives obtidos são negativos, mostrando que o aumento de um dos factores faz diminuir a velocidade comercial, este resultado está consistente para com o esperado. O menor declive neste caso corresponde ao dos peões mostrando que este factor é o que tem o maior impacto na velocidade comercial. De seguida os menores factores correspondem às cargas e descargas e ao estacionamento em segunda fila mostrando que estes também um impacto forte na velocidade comercial.

É de notar que excepto para os peões todas as ordenadas na origem são consistentes, significando que têm impactos semelhantes e que apenas com a combinação de várias das medidas se consegue obter velocidades comerciais superiores.

5.7 Medidas

Com estes resultados é possível criar diversas medidas para aplicar na Avenida de Moscavide.

A remoção de uma paragem aumentando a distância entre paragens melhorará a velocidade comercial, no entanto, diminui a acessibilidade aos transportes colectivos. Assim a aplicação desta medida está dependente não só da política da empresa como também dos objectivos para cada uma das carreiras. A distância entre paragens deve ser a máxima que permita um acesso pedonal conveniente e suficientemente atractivo à população que se pretende servir. A remoção de uma das paragens e a alteração da posição da outra paragem para o meio da Avenida de Moscavide, trará à partida melhorias na velocidade comercial sem, no entanto, afectar fortemente a acessibilidade à paragem.

A utilização de paragens na via em contraste com paragens numa baía facilita a reentrada no fluxo de trânsito, melhorando o tempo de paragem e por sua vez a velocidade, contudo afecta as viaturas de transporte privado e colectivo e diminui a segurança dos utentes.

Uma maior fiscalização diminuindo o estacionamento em segunda fila melhora a circulação na via, e a remoção completa do estacionamento teria o mesmo objectivo. Ao possibilitar que a via, utilizada pelo estacionamento, se torne uma via reservada melhorar-se-ia ainda mais a velocidade de todos os transportes colectivos na Avenida de Moscavide. Esta medida teria fraca aceitação junto dos comerciantes e dos residentes pois limitaria o acesso aos seus estabelecimentos. A situação pode ser atenuada através da criação de estacionamento alternativo nas ruas adjacentes.

A criação de espaços e horários para cargas e descargas diminuiria o seu impacto na mobilidade das viaturas na Avenida de Moscavide. Os horários e as localizações devem ser adequados não

só para os estabelecimentos assim como para a RL e Carris, podendo ser um desafio encontrar um horário adequado para todas as partes.

A variação do número de peões tem um forte impacto na velocidade comercial, no entanto não é possível diminuir o número de peões da via, e portanto, este teste funciona essencialmente como um modo de avaliar o impacto da circulação pedonal na velocidade comercial. Neste caso, os fluxos de tráfego não têm uma influência tão forte na velocidade comercial como os peões, não obstante, ambos os resultados podem ser utilizados na escolha de uma alternativa de percurso caso o objectivo do operador não seja servir directamente a Avenida de Moscavide.

Alterar os processos de facturação através a implementação de bilhetes pré-comprados ou bilhética sem contacto, ou medidas como a utilização de pisos rebaixados e melhorias na circulação interna, vão melhorar o tempo de paragem e, eventualmente, reduzir a sua variabilidade, que por sua vez permite obter uma velocidade comercial melhor e mais estável. No entanto, todas estas medidas têm um custo elevado, desde a simples remoção de assentos até à aquisição de novas viaturas. É ainda importante referir que estas medidas terão maior efeito em paragens com maiores fluxos de peões e onde os tempos de paragem são maiores.

6 Conclusões

O aumento da velocidade comercial dos diferentes modos de transporte colectivo tem benefícios, não só para os operadores e clientes, como também para toda a comunidade. O aumento da velocidade permite reduzir os custos dos operadores, mas também melhorar os tempos de viagem dos clientes, e deste modo possibilitar aumentos de procura e conseqüentemente, aumentar as receitas. Também permite reduzir o congestionamento e melhorar a mobilidade de toda a comunidade. Assim sendo, a melhoria da velocidade comercial do transporte colectivo, deve, não só ser um objectivo dos operadores, mas também um objectivo da administração local e central.

Com o objectivo final de contribuir para a melhoria da velocidade comercial das carreiras de transporte colectivo rodoviário, este documento propôs-se avaliar os diferentes factores que influenciam um serviço de autocarros. Este trabalho permitiu desenvolver medidas fundamentadas para, não só aumentar a velocidade comercial de carreiras já existentes, mas também apoiar nas escolhas inerentes à criação de novas carreiras assim como o percurso e os equipamentos a utilizar.

Para atingir estes objectivos, e com a ajuda da RL, foi seleccionado como caso de estudo a Avenida de Moscavide, percurso que apresentava diversos problemas associados a uma reduzida velocidade comercial. Foi utilizada a microssimulação para criar um modelo da Avenida de Moscavide. Para a criação do modelo foi necessário fazer uma caracterização através de medições realizadas no local, como os fluxos de viaturas, peões, estacionamento em segunda fila e cargas e descargas. A RL forneceu também algumas informações para auxiliar na caracterização através dos sistemas GISFROT e ICTR, como a velocidade comercial, e os tempos de paragem. Com a caracterização feita criou-se o modelo, utilizando o software Aimsun que foi verificado, e validado. Sobre este modelo foram implementadas as alterações a testar em que para cada uma das medidas foram feitas 50 simulações diferentes tendo-se calculado a média, o desvio padrão e o intervalo de confiança do teste de médias entre cada uma das simulações e a situação actual.

Conseguiu-se provar que todos os factores estudados excepto o tráfego influenciam a velocidade comercial. E através dos declives os factores com maior impacto na velocidade comercial são os fluxos de peões, o estacionamento em segunda fila e as cargas e descargas. Os factores que maiores variações apresentaram durante as diferentes simulações acima descritas foram a variação do número de peões, com variações a chegar aos 42,4%, variações no estacionamento e nas cargas e descargas, em que se obteve variações de 27%, ao se diminuir a distância entre

paragens de 500m para 250m a velocidade comercial sofreu uma diminuição de 13,9% e ao se variar o tempo de paragem conseguiu-se uma variação de 6%. No caso de se excluirmos as carreiras da Carris a variação da velocidade comercial é de 0,1% indicando assim que neste caso a existência de um operador concorrente tem pouca influência na velocidade comercial.

Estes resultados vêm apoiar as medidas apresentadas, como a importância da distância entre paragens, permitindo avaliar e comparar as vantagens de ter menos paragens e maior velocidade comercial com as vantagens de ter mais paragens e maior acessibilidade. Ficou provada a importância da fiscalização do estacionamento em segunda fila, o qual tem um impacto forte na circulação, especialmente na dos autocarros, por estes não terem a agilidade de uma viatura de menores dimensões, vendo-se obrigados a diminuir a sua velocidade ou mesmo a pararem, o que afecta a sua velocidade comercial. As cargas e descargas têm também um impacto semelhante na velocidade comercial, contudo, as medidas a aplicar nestes casos passam pela criação de espaços próprios ou mesmo horários para os serviços de cargas e descargas.

Com a contabilização dos impactos dos peões no serviço é possível escolher alternativas de percurso que não aumentem o tempo de viagem e que mantenham o serviço às zonas pretendidas. A diminuição do tempo de paragem tem um efeito directo na velocidade comercial que é intrínseca à própria definição de velocidade comercial. Apesar dos resultados apresentados nem sempre terem apoiado esse facto, medidas que melhorem o tempo de paragem, como a melhoria da circulação interior, a utilização de portas duplas ou a utilização de sistemas de cobrança electrónica sem contacto, têm um impacto na velocidade comercial final.

No futuro podem ser estudados novos factores como os movimentos do estacionamento; a utilização de diferentes tipologias de viaturas, desde viaturas articuladas, a viaturas Midi ou Mini. Podem ainda ser utilizados novos modelos para o estacionamento em segunda fila, para as cargas e descargas, ou para peões, tornando o modelo global mais robusto. Pode ainda, futuramente, ser aumentada a escala do estudo para uma carreira completa do início ao fim ou mesmo da rede. Sendo ainda possível o estudo da velocidade origem-destino dentro da rede.

7 Referências

Agência Portuguesa do Ambiente. "Programa Nacional Para as Alterações Climáticas." *Agência Portuguesa do Ambiente*. Abril de 2006. <http://www.apambiente.pt/politicasantambiente/AlteracoesClimaticas/PNAC/Paginas/default.aspx> (acedido em 19 de Julho de 2011).

Algers, Staffan, et al. Março de 1997. <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/> (acedido em Abril de 2011).

Archer, Jeffery, e Iisakki Kosonen. "The Potential Of Micro-simulation Modeling In Relation To Traffic Safety Assessment." Hamburg, Hamburg: ESS Conference Proceedings, 2000.

Casas, Jordi, Jaime L. Ferrer, David Garcia, Josep Perarnau, e Alex Torday. "Traffic Simulation with Aimsun." In *Fundamentals of Traffic Simulation*, de Jaume Barceló, 173-232. Springer, 2010.

Direcção-geral de Transportes Terrestres e Fluviais. *Dimensionamento de Vias Dedicadas ao TPRP*. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, Transportes e Habitação, 2005.

Dodson, Jago, Paul Mees, John Stone, e Matthew Burke. *The Principles of Public Transport Network Planning: A review of the emerging literature with select examples*. Brisbane: Griffith University, 2011.

Giuliano, Genevieve, James E. Moore II, e Jacqueline Golob. "Integrated Smart-card Fare System." *Transportation Research Record*. Washington D.C.: Transportation Research Board - National Research Council, 2000.

Google. <http://maps.google.com/> (acedido em Abril de 2011).

Instituto Nacional de Estatística. <http://www.ine.pt> (acedido em Janeiro de 2011).

Junta de Freguesia de Moscavide. *Junta de Freguesia de Moscavide - População*. <http://www.jf-moscavide.pt/jfm/pages/populacao.php> (acedido em Março de 2010).

Li, Xiang, Daimin Tang, e Yijuan Jiang. "Microscopic Traffic Simulation Oriented Road Network Data Model." Shanghai, 2010.

- Li, Zhe, Hao Liu, e Jing Li. "A Calibration and Validation Procedure for Microscopic Simulation Model." *Annual Conference on Intelligent Transportation Systems*. Madeira, 2010.
- Litman, Todd. "Evaluating Public Transit Benefits and Costs." 6 de Novembro de 2011.
- Liu, Henry X., Will Recker, e Anthony Chen. "Travel Time Reliability."
- Rodoviária de Lisboa. 2010. <http://www.rodoviariadelisboa.pt> (acedido em Abril de 2011).
- Surprenant-Legault, Julien, e Ahmed M El-Geneidy. "Limited-stop bus service: an evaluation of an implementation strategy." Québec, 21 de Setembro de 2010.
- Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2000.
- . *Transit Capacity and Quality of Service Manual*. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2003.
- TSS - Transportation Simulation Systems. *Aimsun 6.1 User Manual*. Janeiro de 2010.
- Viegas, José Manuel, Ricardo Roque, Baichuan Lu, e João Vieira. "The Intermittent Bus Lane System: Demonstration in Lisbon." 2007.
- Vuchic, Vukan R. *Urban Transit Operations, Planning and Economics*. John Wiley & Sons, 2005.
- Zhou, Guangwei, e Albert Gan. "Design of transit signal priority at signalized intersections with queue jumper lanes." *Journal of public transportation*. 2009.

8 Anexos

Anexo 1

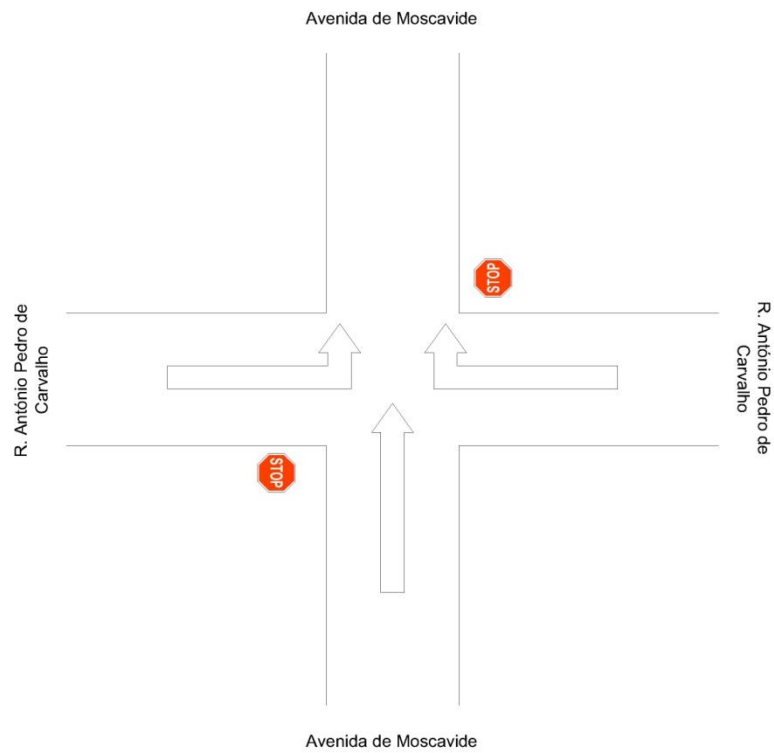


Figura 10 – Movimentos permitidos e Sinalização do primeiro cruzamento

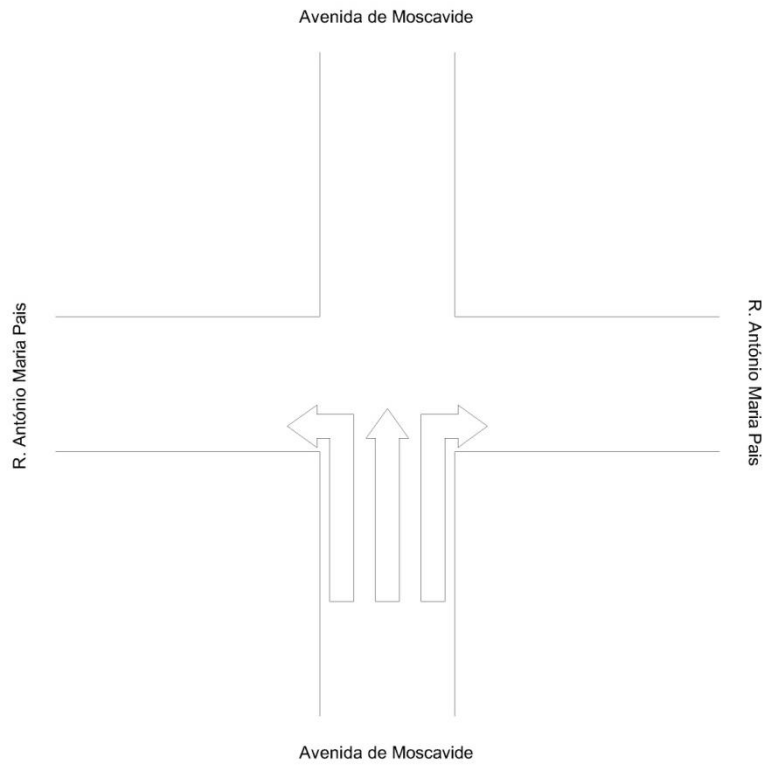


Figura 11 – Movimentos permitidos e Sinalização do segundo cruzamento

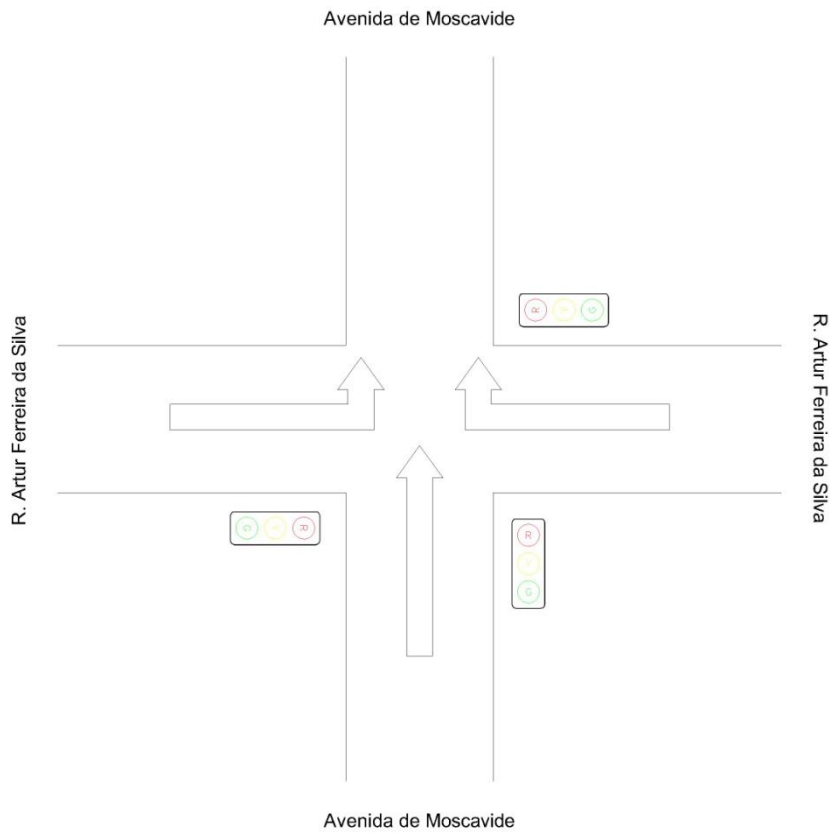


Figura 12 – Movimentos permitidos e Sinalização do terceiro cruzamento

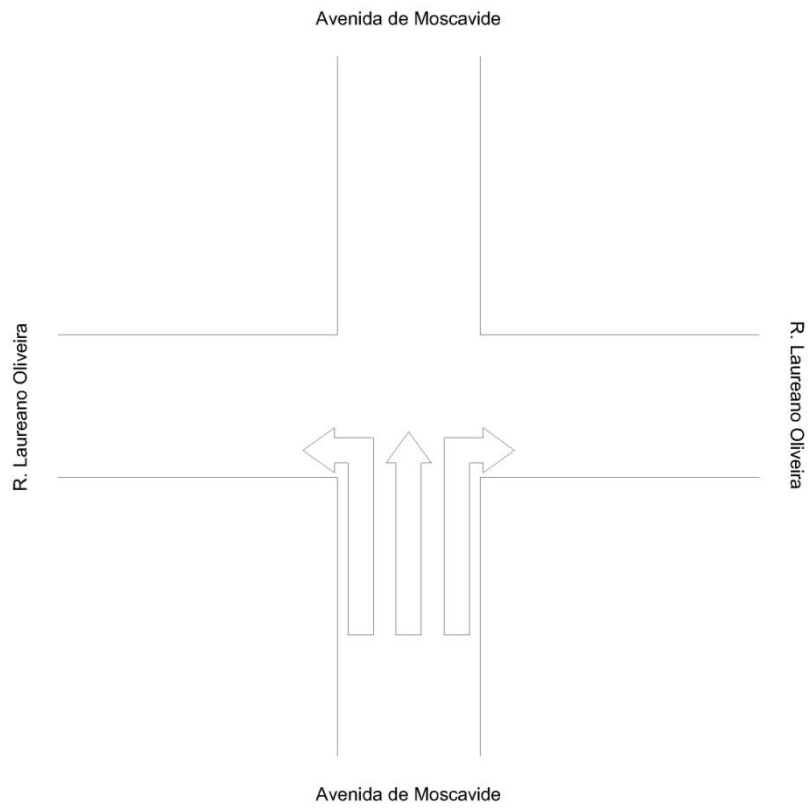


Figura 13 – Movimentos permitidos e Sinalização do quarto cruzamento

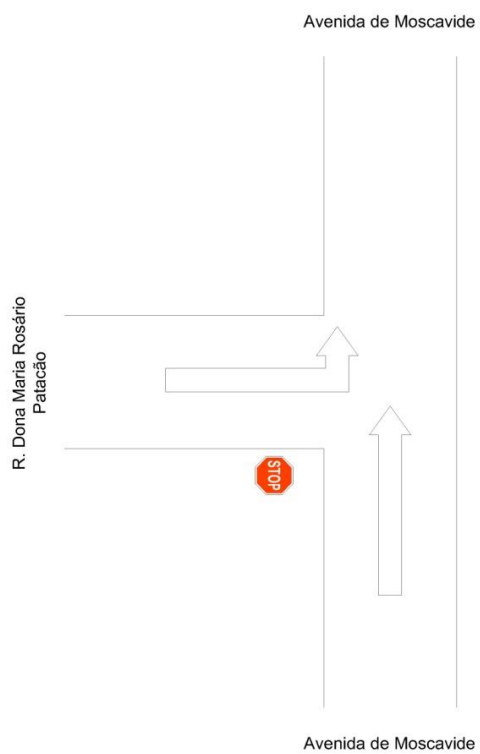


Figura 14 – Movimentos permitidos e Sinalização do quinto cruzamento

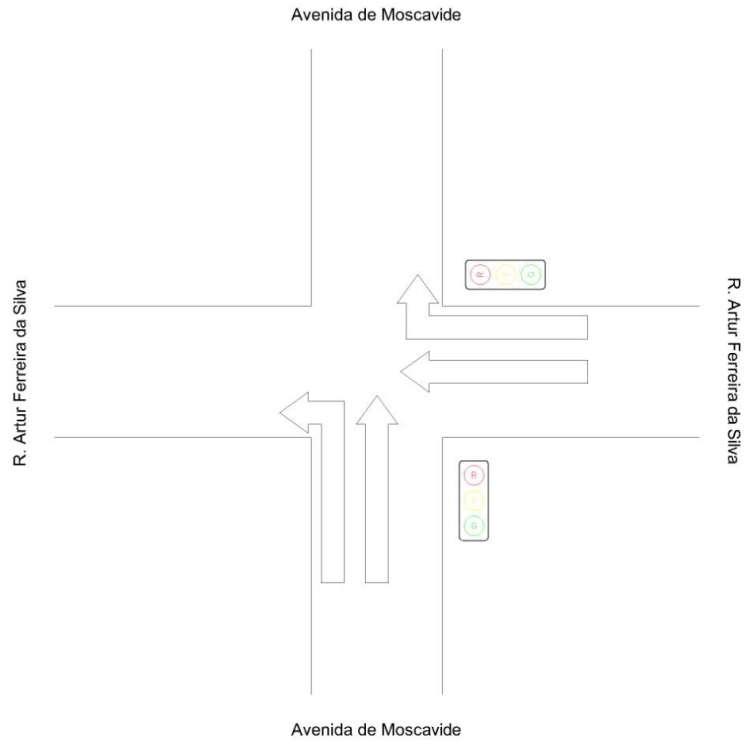


Figura 15 – Movimentos permitidos e Sinalização do sexto cruzamento

Anexo 2

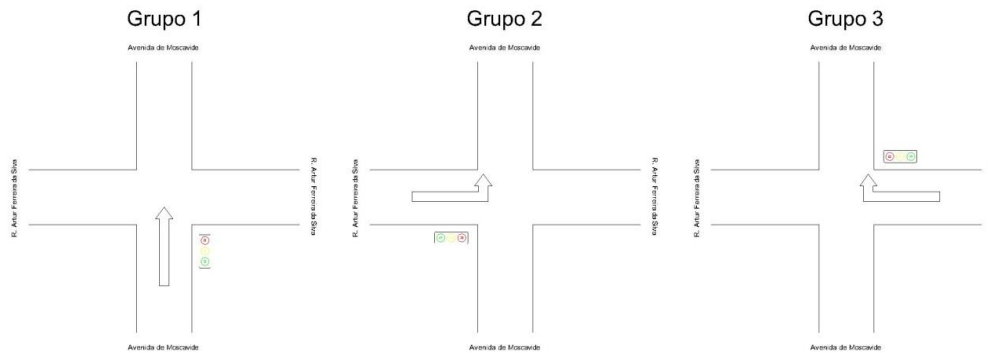


Figura 16 – Grupos de semáforos do quarto cruzamento

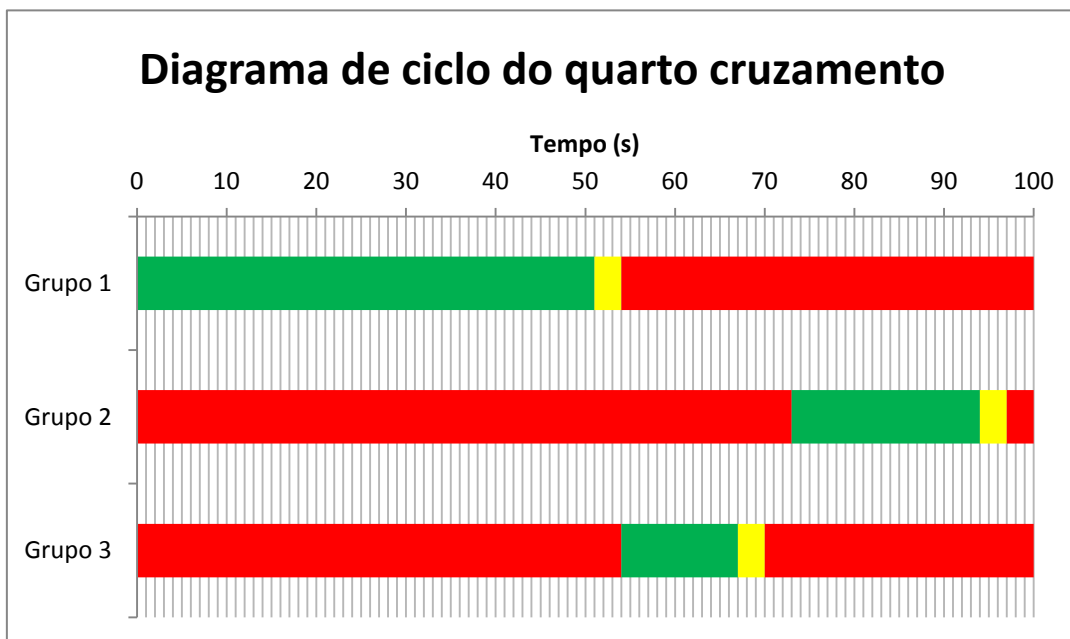


Gráfico 8 – Diagrama de Ciclo do quarto cruzamento

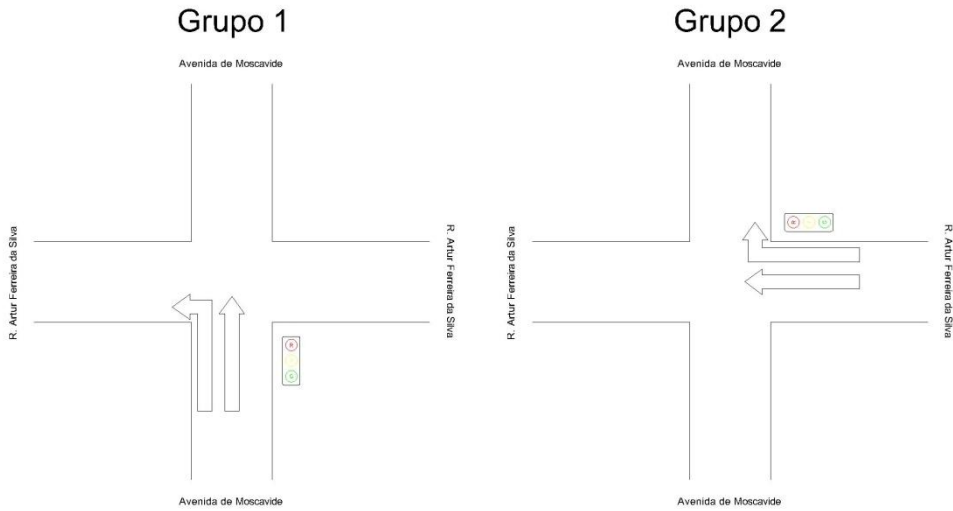


Figura 17 – Grupos de semáforos do sexto cruzamento

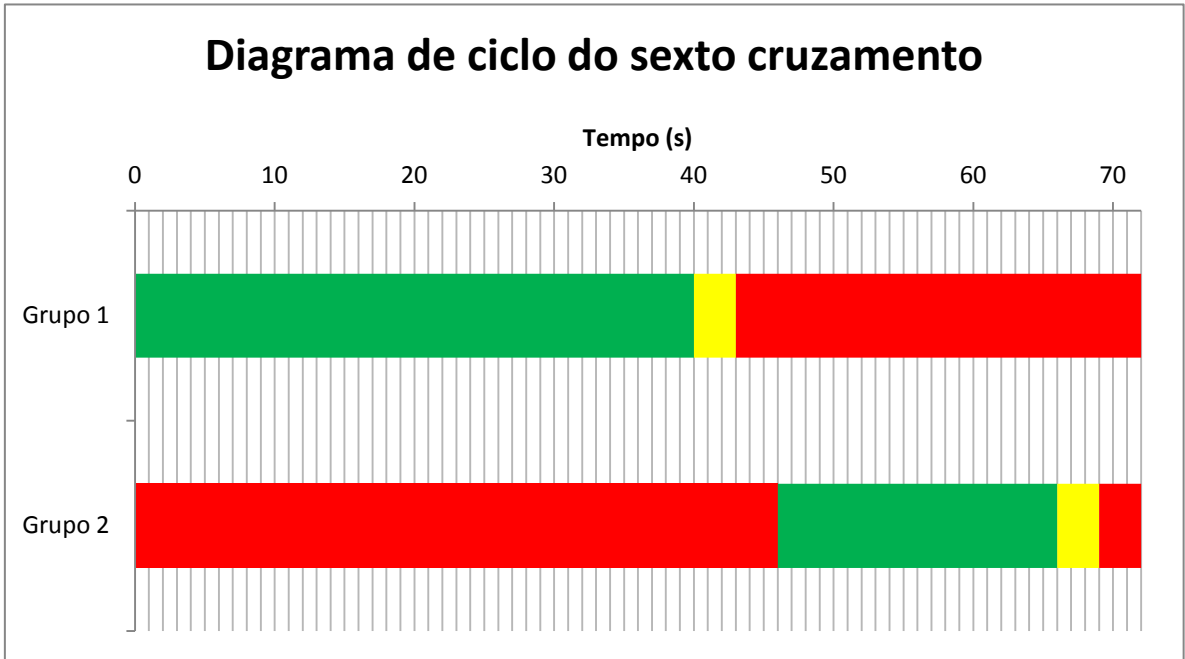


Gráfico 9 – Diagrama de ciclo do sexto cruzamento

Anexo 3

Tabela 31 – Fluxos de viaturas ligeiras do primeiro cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	260	-	-	-	260
E	80	-	-	-	80
O	48	-	-	-	48
Total	388	0	0	0	388

Tabela 32 – Fluxos de viaturas pesadas do primeiro cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	40	-	-	-	40
E	-	-	-	-	0
O	-	-	-	-	0
Total	40	0	0	0	40

Tabela 33 – Fluxos de viaturas ligeiras do terceiro cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	274	-	-	-	274
E	64	-	-	-	64
O	73	-	-	-	73
Total	411	0	0	0	411

Tabela 34 – Fluxos de viaturas pesadas do terceiro cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	41	-	-	-	41
E	7	-	-	-	7
O	7	-	-	-	7
Total	55	0	0	0	55

Tabela 35 – Fluxos de viaturas ligeiras do quarto cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	268	-	88	56	412
E	-	-	-	-	0
O	-	-	-	-	0
Total	268	0	88	56	412

Tabela 36 – Fluxos de viaturas pesadas do quarto cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	28	8	-	-	36
E	-	-	-	-	0
O	-	-	-	-	0
Total	28	8	0	0	36

Tabela 37 – Fluxos de viaturas ligeiras do quinto cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	268	-	-	100	368
E	-	-	-	-	0
O	-	-	-	-	0
Total	268	0	0	100	368

Tabela 38 – Fluxos de viaturas pesadas do quinto cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	28	-	-	-	28
E	-	-	-	-	0
O	-	-	-	-	0
Total	28	0	0	0	28

Tabela 39 – Fluxos de viaturas ligeiras do sexto cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	334	-	-	48	382
E	-	-	-	-	0
O	-	43	43	-	86
Total	334	43	43	48	468

Tabela 40 – Fluxos de viaturas pesadas do sexto cruzamento (vec./h)

O/D	N	S	E	O	Total
N	-	-	-	-	0
S	48	-	-	4	52
E	-	-	-	-	0
O	-	2	3	-	5
Total	48	2	3	4	57

Anexo 4

Tabela 41 – Cálculos para o modelo de peões do primeiro cruzamento

Rua	Fluxo total (P/h)	W (m)	v_x (Grupos de peões/h)	f_{pb}
S	164	6,18	136,67	0,19
E	276	2,62	230,00	0,13
O	212	2,62	176,67	0,10

Tabela 42 – Cálculos para o modelo de peões do segundo cruzamento

Rua	Fluxo total (P/h)	W (m)	v_x (Grupos de peões/h)	f_{pb}
S	292	8,39	243,33	0,47
E	332	2,93	276,67	0,19
O	252	4,77	210,00	0,23

Tabela 43 – Cálculos para o modelo de peões do quarto cruzamento

Rua	Fluxo total (P/h)	W (m)	v_x (Grupos de peões/h)	f_{pb}
S	332	4,93	276,67	0,19
E	392	3,55	326,67	0,13
O	372	2,59	310,00	0,10

Tabela 44 – Cálculos para o modelo de peões do quinto cruzamento

Rua	Fluxo total (P/h)	W (m)	v_x (Grupos de peões/h)	f_{pb}
S	332	5,14	276,67	0,33
O	372	3,00	310,00	0,22
O	372	2,59	310,00	0,10

Anexo 5

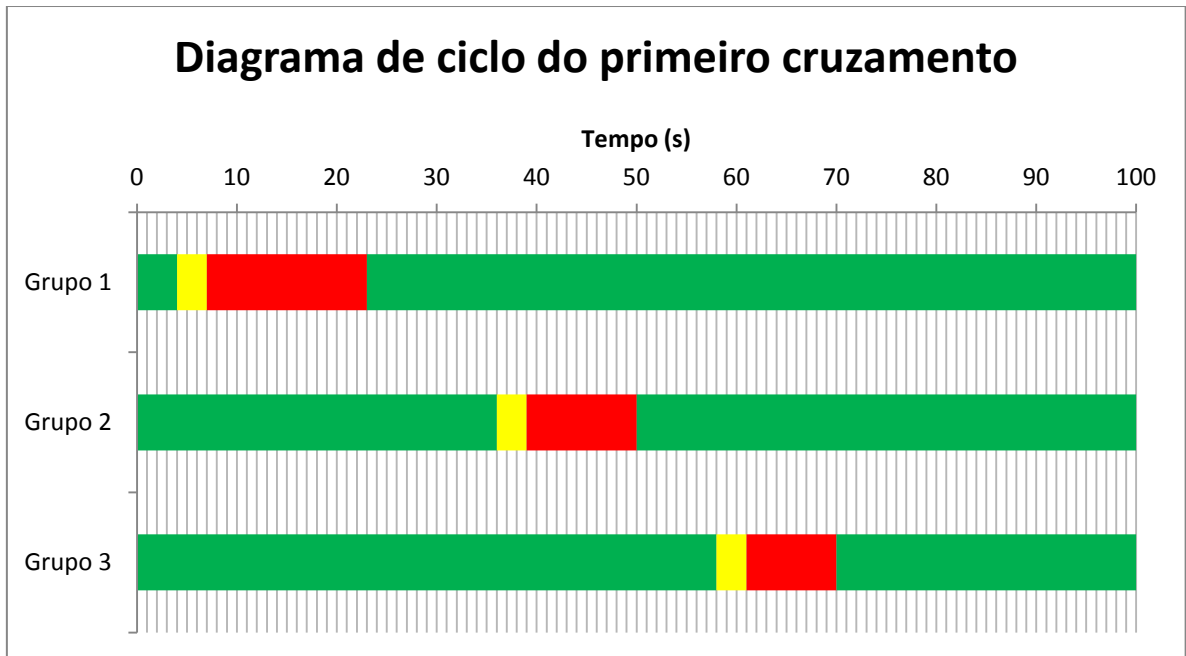


Gráfico 10 – Diagrama de ciclo para o modelo de simulação de peões do primeiro cruzamento

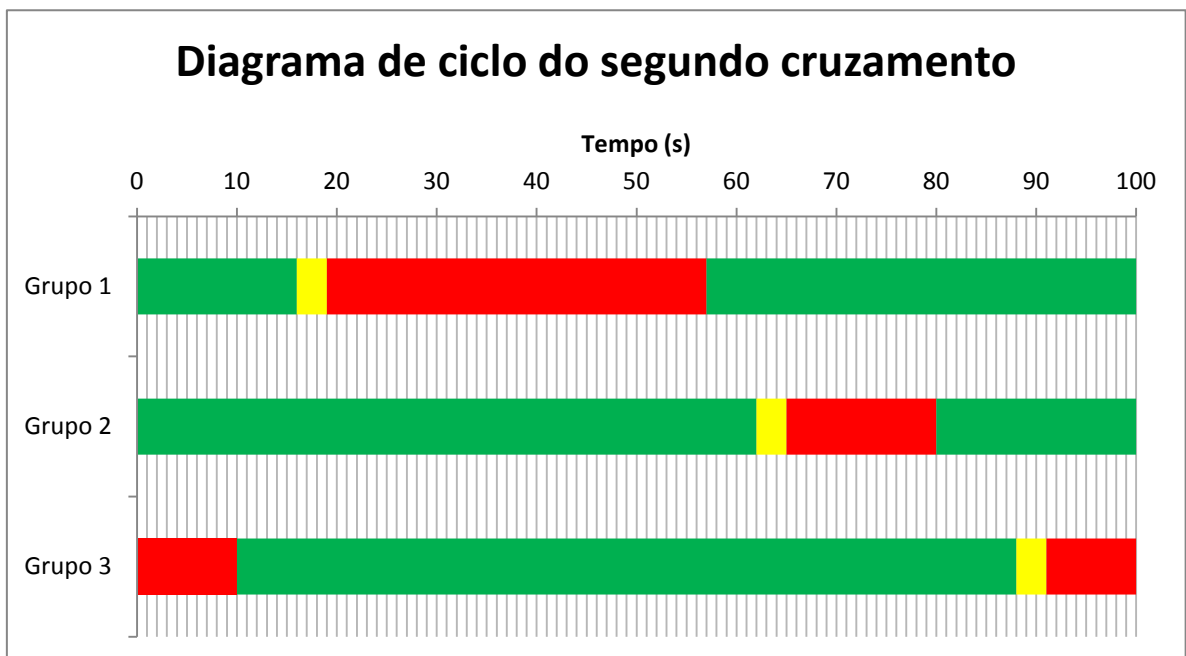


Gráfico 11 – Diagrama de ciclo para o modelo de simulação de peões do segundo cruzamento

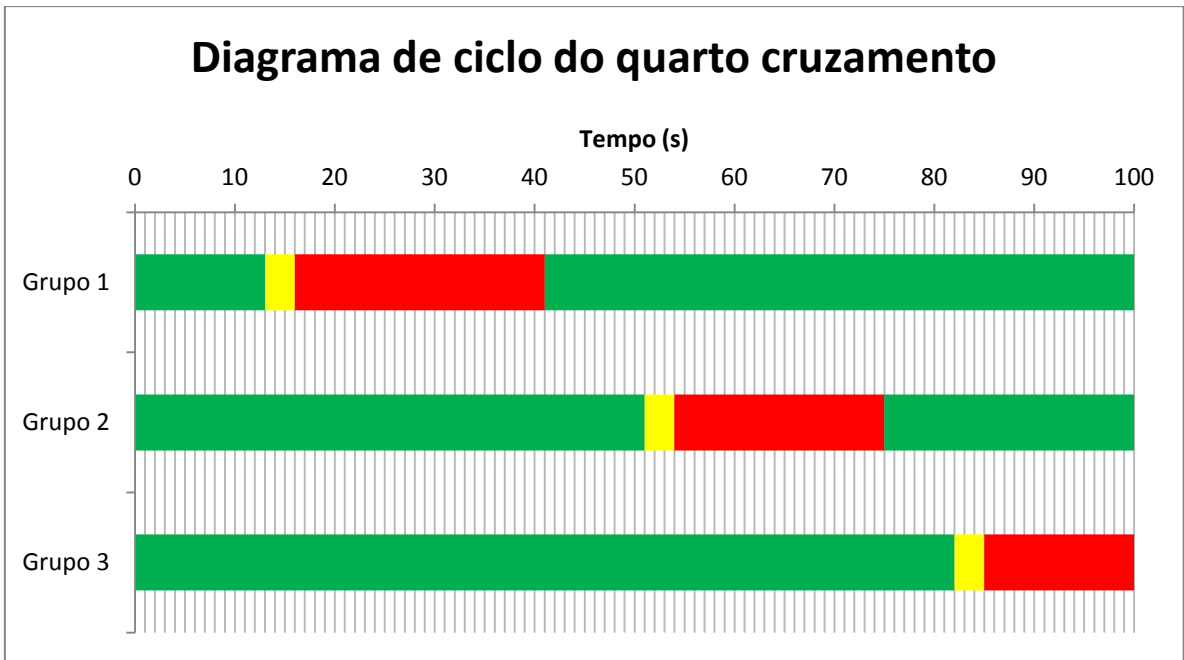


Gráfico 12 – Diagrama de ciclo para o modelo de simulação de peões do terceiro cruzamento

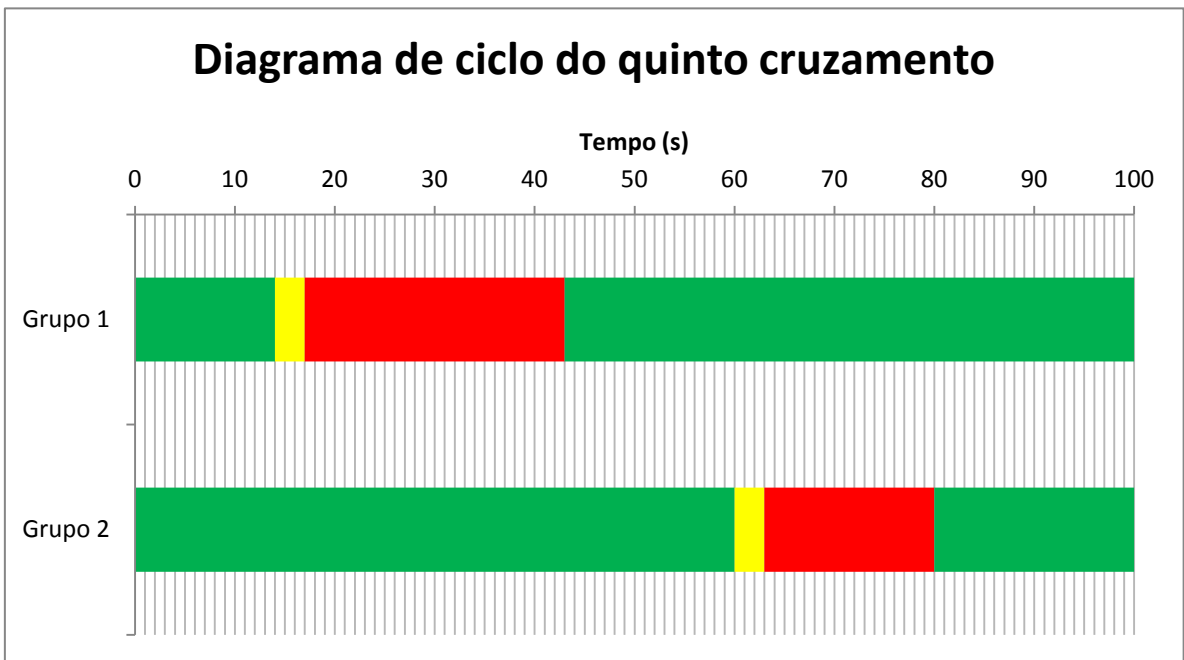


Gráfico 13 – Diagrama de ciclo para o modelo de simulação de peões do quinto cruzamento