

# CARACTERIZAÇÃO DA FLUTUAÇÃO DO TRÁFEGO NA CIDADE DE LISBOA

João Miguel Brito<sup>1</sup>, Sandra Vieira Gomes<sup>2</sup> e Simona Fontul<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Monte de Caparica; email: j.brito@campus.fct.unl.pt

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Transportes, Av. Brasil, 101, 1700-066, Lisboa, Portugal, email: sandravieira@lnec.pt

<sup>3</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Transportes, Av. Brasil, 101, 1700-066, Lisboa, Portugal, email: simona@lnec.pt

---

## Sumário

A correcta caracterização do tráfego rodoviário constitui uma necessidade fundamental no domínio dos estudos rodoviários. Os custos associados às contagens manuais ou automáticas inviabilizam muitas vezes a adaptação destas técnicas para a caracterização do tráfego, pelo que o recurso a estimativas do valor de Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) reveste-se de particular interesse. Nesta comunicação é apresentada uma metodologia expedita para estimar o TMDA na rede viária urbana da cidade de Lisboa através do estabelecimento de factores de ajustamento horários, diários e mensais, com base em dados de tráfego obtidos a partir de sistemas de gestão de tráfego disponíveis na cidade (*GERTRUDE* e *SICIT*).

---

**Palavras-chave:** Caracterização do tráfego; Estimação TMDA; Factores de ajustamento; Rede viária urbana de Lisboa

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Enquadramento

O conhecimento do fluxo de tráfego numa determinada estrada em meio urbano é actualmente de extrema importância em diversos estudos, como sejam a análise de congestionamentos, as tarefas de planeamento, as previsões de tráfego, o ordenamento do território, a manutenção de pavimentos, os estudos de segurança, as emissões de gases, entre outros [1] [2].

A realização de um estudo do tráfego, apesar de ser um elemento essencial em variadíssimas missões na área de engenharia, pode não ser viável em termos económicos, pois implica instalar equipamentos de contagens contínuas em todos os locais que necessitem de ser analisados. Desta forma o estabelecimento de programas de contagens de pequena duração para obtenção dos valores do volume de tráfego que passa sobre determinada secção reveste-se de particular importância, uma vez que permitirá estimar o Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) dessa estrada.

Para obter esta estimativa não basta contabilizar o volume de veículos que atravessa o conjunto de vias em análise numa hora e multiplicar por 24h. O tráfego que circula num conjunto de vias não é constante ao longo do tempo, sofrendo um conjunto de variações: anuais, semanais, diárias e horários. No ciclo anual, os tráfegos em zonas urbanas e industriais apresentam as distribuições mais uniformes. Por outro lado, numa análise semanal, verifica-se que em dias laborais o tráfego difere do fim-de-semana e nos estudos de tráfego torna-se interessante estudar as variações que ocorrem ao longo de um dia.

## 1.2 Objectivos

Esta comunicação destina-se a divulgar o trabalho desenvolvido por Brito (2012) [3], no âmbito da sua dissertação de mestrado, cujo objectivo foi de sistematizar os métodos de recolha de dados de tráfego rodoviário mais utilizados, e desenvolver uma metodologia de cálculo do TMDA para a rede viária da cidade de Lisboa, construída a partir de estradas semelhantes com volume de tráfego conhecido, baseada nos trabalhos anteriores de Sharma et al. e Gadda et al. [4 e 5]. Este cálculo foi efectuado considerando também uma desagregação por número de vias por sentido. Nesta metodologia pretende-se dar a conhecer as principais variações de tráfego que ocorrem na cidade de Lisboa, desenvolver factores de ajustamento/correção do TMDA e apresentar uma proposta de validação do modelo. O trabalho foi desenvolvido considerando a hierarquia da rede viária proposta no Plano de Mobilidade de Lisboa [6].

## 2 MÉTODOS PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE TRÁFEGO

Apresenta-se neste capítulo os diversos métodos de contagem de veículos existentes, os quais podem ser subdivididos em dois grupos: intrusivos e não-intrusivos.

### 2.1 Métodos intrusivos

Ao longo dos anos um largo número de sensores intrusivos foram desenvolvidos e aplicados para contagens de tráfego, sendo os mais comuns designados por tubos pneumáticos e laços indutivos. Duma forma geral, os métodos intrusivos consistem na utilização de um dispositivo que regista os dados recolhidos e um sensor disposto na via de tráfego. Neste grupo destacam-se os seguintes:

- Tubos pneumáticos

Tratam-se de tubos ocos construídos em borracha que são colocados ao longo da faixa de rodagem perpendicularmente ao fluxo de tráfego. O princípio de funcionamento consiste na sua compressão aquando da passagem de um eixo do veículo, forçando o ar através do comutador, o qual fecha e envia um sinal eléctrico para o sistema electrónico de registo de dados [7].

- Laços indutivos

O princípio de funcionamento consiste em fazer passar uma pequena corrente eléctrica pelos fios colocados no pavimento com frequências que variam de 10 kHz a 50 kHz. A passagem do metal existente num veículo faz com que a indutância do laço diminua o que por consequência permite o aumento da frequência de oscilação do excitador. A forma e o tamanho diferem de aplicação para aplicação, podendo ser quadrados, rectangulares ou circulares e são constituídos por um fio isolado colocado num corte com pouca profundidade no pavimento, um circuito de excitação e detecção e um cabo que leva o sinal até um dispositivo electrónico colocado na berma da faixa de rodagem.

- Detectores magnéticos

Os detectores magnéticos utilizam, à semelhança dos laços indutivos, o mesmo princípio de detecção de veículos através do nível de indutância, porém com um diferente mecanismo físico. Os dispositivos magnéticos medem as alterações provocadas no campo magnético terrestre pela passagem de um veículo numa zona delimitada.

- Cabos de fibra óptica

O seu princípio de funcionamento consiste na compressão de um cabo de fibra óptica aquando da passagem dos pneus dos veículos, provocando uma diminuição da quantidade de luz que atravessa a secção do cabo. A intensidade de luz é medida através de um detector que fornece a informação acerca do número de eixos/pneus que passam sobre o cabo.

- Sistemas WIM (*weight in motion*)

A tecnologia WIM - *Weight in motion* consiste na utilização de dispositivos que permitem detectar e registar o peso por eixo e peso bruto dos veículos a partir de um local de medição.. A configuração genérica em planta consiste em dois sensores piezoelétricos, dois sensores tipo laço indutivo e uma caixa para recolha e registo da informação [8]. Para além dos sensores piezoelétricos existem no mercado sensores de capacitância, placas de dobragem, células de carga hidráulica, entre outros.

## 2.2 Métodos não-intrusivos

Por forma a responder aos constrangimentos de segurança inerentes aos métodos anteriores, a evolução da tecnologia permitiu o desenvolvimento de sistemas que não necessitam de interromper o tráfego ou comprometer a segurança dos instaladores de sensores, uma vez que com a utilização de métodos não-intrusivos pode-se monitorizar o tráfego em cada via, por cima ou ao lado destas.

- Detecção por imagens vídeo

A tecnologia de processamento de imagens vídeo é constituída por câmaras de vídeo, um computador para o processamento dos dados e um programa (*software*) específico para a interpretação dos dados e conversão das imagens em dados de tráfego com base na identificação de grupos de pontos (pixels) [9 e 10].

- Radares microondas

No domínio dos sensores baseados em radares microondas, são utilizados dois tipos de equipamentos em aplicações de transportes: um transmite ondas contínuas (CW) – *Doppler waveforms*; e o outro envia ondas contínuas em frequência modelada (FHCW). Ambos os sistemas transmitem radiação microondas com baixa energia para uma determinada zona no pavimento e analisam o sinal reflectido [9].

- Detecção laser

Os sistemas de detecção com base na tecnologia laser operam no espectro electromagnético numa zona próxima à dos infravermelhos e consistem na transmissão óptica de dois feixes de díodo pulsado laser, em que um primeiro feixe apresenta uma inclinação de 10° face à vertical onde se encontra o emissor e um segundo feixe de luz segue com uma inclinação de 0°. Aquando da passagem de um veículo, o feixe de luz é interrompido e desta forma consegue-se detectar a presença de um veículo num dado local.

- Sistemas de infravermelhos

Os sistemas baseados em infravermelhos podem ser divididos em duas classes: passivos e activos. A diferença entre estes reside no facto de os sistemas passivos detectarem as alterações de energia provocadas nos comprimentos de onda emitidos pelos objectos na faixa de rodagem, enquanto os sistemas activos funcionam através da emissão de um feixe de radiação infravermelha de baixa energia, com a medição do tempo de retorno desse mesmo feixe. As câmaras de infravermelhos detectam variações de energia que podem ser exibidas como imagens e desta forma consegue-se converter a informação recebida em volume e velocidade de veículos.

- Sistemas acústicos passivos

O tráfego de veículos numa determinada via e o contacto dos pneus com o pavimento provocam sons audíveis, permitindo aos sistemas acústicos passivos detectarem a passagem de veículos e a sua velocidade através da energia acústica por estes produzida. À passagem de um veículo numa zona de detecção o acréscimo da energia sonora é reconhecido por um algoritmo que transforma essa informação em dados sobre o veículo [1].

- Sistemas de ultra-sons

Os sistemas de ultra-sons baseiam-se no princípio da emissão de ondas de pressão de energia sonora e na medição da quantidade reflectida dessa mesma energia. Estes sistemas podem ser agrupados em *Ultrasonic pulse detectors* e *Ultrasonic Doppler*. O primeiro tipo de sistema consiste na emissão de dois impulsos de energia a partir de ângulos de incidência conhecidos e dado que se sabe a distância entre os dois feixes apenas é necessário obter o tempo que um veículo demora a percorrer essa distância para a obtenção da sua velocidade. O segundo

tipo utiliza o princípio de *doppler* com a emissão de um sinal de ultra-som contínuo e averigua a mudança na frequência do sinal que é recebido pela reflexão nos veículos [1]

- Recolha de dados manual

As contagens manuais começaram por ser o primeiro método a ser introduzido em estudos de tráfego e consistem na mobilização de meios humanos para os locais alvos de estudo, por forma a recolher informações relativas ao volume de tráfego e certas características dos veículos. A realização de contagens manuais de tráfego é um método simples e expedito na determinação do volume de tráfego durante um determinado período de tempo e estas medições podem ser obtidas mobilizando uma equipa de observadores para a zona lateral das vias a observar. Por forma a obter resultados fiáveis, as equipas devem ter formação e treino específico na tarefa a desempenhar, bem como uma adequada supervisão [10].

### 2.3 Sistemas de gestão de tráfego

Os sistemas de gestão de tráfego surgiram com o objectivo de otimizar a eficiência das infra-estruturas existentes e promover a circulação dos transportes públicos [11]. Sendo o caso de estudo o município de Lisboa, foram utilizados dados de tráfego provenientes do sistema de gestão de tráfego GERTRUDE (Gestão Electrónica de Regulação do Tráfego Rodoviário Urbano Desafiando os Engarrafamentos) e da plataforma *online* disponibilizada pela Estradas de Portugal, S.A. intitulada SICIT (Sistema Integrado de Controlo e Informação de Tráfego). O sistema GERTRUDE é composto por cerca de 1600 sensores intrusivos do tipo laços indutivos, instaladas sob o pavimento. Para além da sua capacidade de gestão semafórica, os sensores instalados nas vias recolhem o número de veículos detectados pelos laços indutivos fornecendo desta forma volumes de tráfego para futuras análises estatísticas.

## 3 METODOLOGIA PARA ESTIMAÇÃO DE TMDA NA CIDADE DE LISBOA

### 3.1 Enquadramento teórico

O conhecimento do volume de veículos que passa numa determinada via ou faixa de rodagem constitui informação essencial de qualquer estudo de tráfego e o seu valor representativo mais usual é o Tráfego Médio Diário Anual (TMDA). Para a recolha de informação não é viável em termos económicos instalar equipamentos de contagens contínuas em todos os locais que necessitem de ser analisados [5]. Este é o pressuposto para definir, em termos de duração dois tipos de contagens: contínuas e de curta-duração. A partir de uma contagem contínua podemos definir o cálculo do TMDA com base na equação 1.

$$TMDA = \frac{\sum_{i=1}^{12} TMDM_i}{12} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que  $TMDM_i$  representa o tráfego médio diário mensal. O valor de TMDA representa o número médio de veículos/dia/sentido. Nas situações em que os volumes de tráfego são obtidos a partir de contagens de curta-duração, o TMDA tem de ser convertido em valores próximos do real. Considerando que se pretende estimar o TMDA para um conjunto de vias de uma estrada localizada no sítio  $i$  e pertencente ao grupo de estradas  $j$  podem-se adoptar factores de ajustamento consoante a duração da contagem (horas ou dias) e o cálculo passa a exprimir-se da seguinte forma [1].

$$TMDA_{estimado,i} = VOL_i \times F_{Mj} \times F_{Dj} \times F_{Hj} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que  $VOL_i$  é o volume de tráfego recolhido num determinado periodo na localização  $i$ ,  $F_{Mj}$  é o factor de ajustamento mensal,  $F_{Dj}$  é o factor de ajustamento diário e  $F_{Hj}$  é o factor de ajustamento horário médio, todos referentes a um grupo de estradas  $j$ . À equação anterior pode-se acrescentar um factor (A) de ajustamento por

eixos de veículos (*axle-correction factor*) e um factor de crescimento de tráfego ( $G_j$ ) para um determinado grupo de estradas.

### 3.2 Informação recolhida

Como já referido anteriormente, as estimativas de TMDA foram efectuadas por nível hierárquico da rede. O Plano de Mobilidade de Lisboa define 4 níveis, nomeadamente: Nível 1: rede estruturante, deve assegurar os principais atravessamentos da cidade, suportar os percursos mais longos no seu interior ou a ligação com os concelhos vizinhos; Nível 2: rede de distribuição principal, deve assegurar a distribuição dos maiores fluxos de tráfego da cidade, bem como os percursos médios e o acesso à rede de 1º nível; Nível 3: rede de distribuição secundária, está destinado a assegurar a distribuição próxima, bem como o encaminhamento dos fluxos de tráfego para as vias de nível superior; e por fim o Nível 4, que se desagrega em Nível 4a: rede de proximidade, que deve ser composto por vias estruturantes dos bairros, com alguma capacidade de escoamento, mas onde o elemento principal é o peão, e o Nível 4b: rede de acesso local, que deve garantir o acesso ao edificado, reunindo porém condições privilegiadas para a circulação pedonal.

Os dados de tráfego utilizados no desenvolvimento do trabalho de Brito [3] foram obtidos a partir de duas fontes distintas. As estradas pertencentes ao primeiro nível da rede viária hierárquica tiveram por base a plataforma *online* do *Sistema Integrado de Controlo e Informação de Tráfego* (SICIT) da empresa *Estradas de Portugal, S.A.* Por outro lado, nas estradas pertencentes ao segundo e terceiro níveis da rede foram utilizados os dados provenientes do sistema GERTRUDE da Câmara Municipal de Lisboa, cedidos ao LNEC no âmbito do Projecto IRUMS [12, 13 e 14]. Relativamente a este último, os dados fornecidos referem-se ao ano 2007 mas não constituem uma série completa anual, apenas foram disponibilizados alguns meses do ano (Janeiro, Fevereiro, Março, Maio, Julho, Setembro e Novembro), compreendendo 80 postos de contagem distribuídos por 11 zonas da cidade de Lisboa. Os postos de contagem instalados em corredores *bus* foram excluídos do presente estudo uma vez que as estimativas de TMDA propostas serão feitas sem desagregação dos veículos motorizados.

Por forma a proceder ao cálculo dos factores de ajustamento por rede hierárquica e número de vias por sentido foi necessário proceder ao agrupamento dos postos de contagem fornecidos por ambos os sistemas, à semelhança do que Bassan aborda no seu trabalho [15, 16].

No processo de selecção dos pontos de contagem foi ainda efectuada uma análise de observações atípicas, de forma a excluir eventuais casos díspares, melhorando assim a representatividade dos valores de TMDA estimados. Com base nos volumes horários de tráfego obtidos de forma contínua estabeleceu-se para cada grupo um valor mínimo, médio e máximo de TMDA. Como forma de identificar os casos de exclusão foi definido o intervalo  $[0,60 \text{ TMDA}_{\text{grupo postos de contagem}}; 1,40 \text{ TMDA}_{\text{grupo postos de contagem}}]$  como aceitável, excluindo-se todos os postos de contagem fora desta gama. Os valores obtidos após o processo de exclusão e considerados como valores de referência são apresentados no Quadro 1. Não foram efectuados cálculos referentes à rede de 4º Nível devido à falta de dados disponíveis.

**Quadro 1 - TMDA de referência para cada grupo de postos de contagem**

Grupo de postos de contagem	TMDA (referência)
1º nível - 3 vias	39395
2º nível - 2 vias	18511
2º nível - 3 vias	22997
3º nível - 1 via	13837
3º nível - 2 vias	14298

### 3.3 Cálculo dos factores de ajustamento para contagens de curta duração

Como já foi referido anteriormente, o custo das contagens pontuais de tráfego é uma condicionante importante na realização das mesmas. Em muitos dos casos é feita uma única contagem num dia do ano, normalmente durante o período diurno entre as 9h e as 18h. A extrapolação para o TMDA, de acordo com a metodologia proposta, é feita através da utilização de factores de ajustamento, calculados com base em contagens contínuas. Como não existe um número de horas fixo para a realização de contagens de tráfego, a sua definição depende da equipa que realiza o trabalho. Assim sendo, opta-se por apresentar o caso em que o volume de tráfego recolhido é de uma hora e pretende-se extrapolar para o dia todo (ver equação 2).

#### 3.3.1 Factores de ajustamento horários

Devido à flutuação do tráfego ao longo de um dia torna-se necessário estabelecer um factor que permita corrigir o valor de TMDA de uma localização genérica *i* pertencente a um grupo de estradas *j*. Para tal definiu-se o factor horário médio ( $F_{Hj}$ ) para uma hora genérica ao longo do dia como:

$$F_{Hj} = \frac{\sum_{Y=1}^7 \frac{TMD_{diaY}}{VOL_x \times 24}}{7} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que  $TMD_{diaY}$  corresponde ao Tráfego Médio Diário (TMD) para o dia da semana *Y* e  $VOL_x$  é o volume de tráfego na hora em que se está a calcular o factor.

Apresenta-se nos Quadros 2 e 3 a variação dos factores de ajustamento horários médios considerando separadamente os dias úteis e os dias de sábado e domingo.

**Quadro 2 - Factores de ajustamento horários médios para os dias úteis**

Grupo de postos de contagem	Factores horários médios - Dias úteis																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1º nível - 3 vias	3,0	6,4	11,2	13,9	12,0	6,5	2,3	0,7	0,5	0,6	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,8	1,2	1,4	1,7
2º nível - 2 vias	2,2	3,9	5,7	7,5	8,1	5,4	2,4	1,0	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5
2º nível - 3 vias	1,9	3,3	4,9	6,5	7,3	5,9	3,0	1,1	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
3º nível - 1 via	2,1	4,3	6,6	10,4	9,1	4,6	2,5	1,2	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	1,1	1,4
3º nível - 2 vias	2,1	3,5	5,2	7,2	8,2	5,1	2,8	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	1,1	1,2	1,4

**Quadro 3 - Factores de ajustamento horários médios para o fim-de-semana**

Grupo de postos de contagem	Factores horários médios - Fim de semana																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1º nível - 3 vias	1,4	2,4	3,7	4,7	4,8	4,4	3,0	1,9	1,4	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	1,0	1,0	1,2
2º nível - 2 vias	1,0	1,5	2,1	2,6	3,0	3,0	2,5	1,9	1,5	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2
2º nível - 3 vias	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,4	2,0	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,1
3º nível - 1 via	0,7	1,2	2,0	3,4	4,1	4,3	3,0	2,2	1,7	1,2	0,9	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	1,0	1,1	1,1
3º nível - 2 vias	1,0	1,5	2,0	2,4	3,0	2,9	2,3	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0	1,1

Ao nível horário, identifica-se um aumento do factor de ajustamento entre as 0h e as 3h e um decréscimo acentuado entre as 3h e as 7h para valores próximos da unidade. A ordem de grandeza é muito semelhante para os três níveis, registando-se apenas um valor superior na rede de 1º nível, no período entre as 0h e as 6h.

### 3.3.2 Factores de ajustamento diários

Na mesma linha de raciocínio do factor apresentado anteriormente, para a flutuação do tráfego ao longo da semana foi estabelecido um factor que permite corrigir o valor de TMDA. O factor diário ( $F_{D_j}$ ) para um determinado grupo de estradas  $j$  pode ser calculado a partir da equação seguinte.

$$F_{D_j} = \frac{TMDA_{365,i}}{TMD_j} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que  $TMDA_{365,i}$  representa o Tráfego Médio Diário Anual considerado para o grupo de postos de contagem  $i$  e  $TMD_j$  corresponde ao Tráfego Médio Diário (TMD) para o dia da semana genérico  $Y$ .

No Quadro 4 apresentam-se os factores de ajustamento diários para todos os grupos de estradas consideradas.

**Quadro 4 - Factores de ajustamento diários nos grupos de estradas estudados**

Nível na rede/ Nº de vias por sentido	1º nível			2º nível		3º nível	
	3	2	3	1	2	1	2
SEG	0,92	1,04	0,99	1,01	1,09		
TER	0,96	0,95	0,97	1,02	0,94		
QUA	0,94	0,90	0,91	0,93	0,94		
QUI	0,90	0,91	0,92	0,93	0,91		
SEX	0,90	0,85	0,88	0,87	0,84		
SAB	1,16	1,15	1,12	0,99	1,07		
DOM	1,39	1,34	1,34	1,40	1,36		

No que se refere aos factores de ajustamento diários, a variação é semelhante para os três níveis em estudo. Entre segunda-feira e sexta-feira os factores oscilam entre 0,85 e 1,10, enquanto para os dias de sábado e domingo o ajustamento a aplicar sobe para 1,30 a 1,40. Na rede de 1º nível, a terça-feira e a quarta-feira revelam factores próximos da unidade, enquanto na rede de 2º e 3º nível apresentam os mesmos valores à segunda e terça-feira. Estes resultados dão indícios de que estes dias serão preferenciais para a obtenção de valores de TMDA, pois estão mais próximos do valor de referência para o tipo de estrada em estudo, conduzindo a um erro menor. Na mesma linha de raciocínio, as contagens efectuadas ao sábado ou ao domingo estão mais afastadas do valor médio, pelo que o cálculo de TMDA, a partir de contagens efectuadas nesses dias deve ser evitado.

### 3.3.3 Factores de ajustamento mensais

O último factor envolvido neste estudo é o factor de ajustamento mensal, associado à variação do TMDA ao longo dos 12 meses do ano. O factor de ajustamento mensal ( $F_{M_j}$ ) define-se como:

$$F_{M_j} = \frac{TMDA_{365,i}}{TMDM_j} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que  $TMDA_{365,i}$  representa o Tráfego Médio Diário Anual para o grupo de postos de contagem  $i$  e  $TMDM_j$  corresponde ao Tráfego Médio Diário Mensal para o mês  $j$  em que se está a calcular o factor. No Quadro 5 apresentam-se os factores de ajustamento mensal para todos os grupos de estradas consideradas.

No que diz respeito aos factores de ajustamento mensais a variação ao longo dos meses nos três níveis é mais acentuada, não apresentando um comportamento semelhante nos diferentes casos. Na rede de 1º nível os meses de Janeiro, Setembro e Outubro permitem obter valores de TMDA próximos do valor de referência, enquanto os factores nos meses de Maio e Agosto se desviam mais da unidade. Na rede de 2º nível os meses entre Fevereiro e Agosto apresentam os factores mais próximos da unidade. Por último, na rede de 3º nível apenas as estradas com

uma via por sentido registam factores próximos da unidade, nos meses de Janeiro, Março, Abril, Maio, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro.

**Quadro 5 - Factores de ajustamento mensais para os grupos de estradas estudados**

Nível da rede	Nº de vias	Factores de ajustamento mensais											
		Jan	Fev	Mar	Abr(*)	Mai	Jun(*)	Jul	Ago(*)	Set	Out(*)	Nov	Dez(*)
1º	3	1,01	1,04	1,07	0,96	0,90	1,05	0,94	1,11	1,01	1,01	0,95	0,91
2º	2	1,05	0,99	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	1,01	1,04	1,08	1,07	1,15
	3	1,03	0,97	0,95	0,96	0,97	0,97	0,96	0,99	1,03	1,08	1,12	1,07
3º	1	1,01	1,06	1,04	1,01	0,99	0,95	0,92	0,95	0,99	1,00	1,00	1,00
	2	1,16	1,08	1,08	1,10	1,11	1,13	1,14	1,15	1,16	1,16	1,16	1,16

Nota: meses com (\*) – valores estimados

### 3.4 Extensão da metodologia a contagens de duração variável

Na prática pode-se pretender efectuar numa determinada localização, contagens com duração superior a uma hora. Perante esta situação, os factores obtidos anteriormente deixam de ser válidos, apresentando-se neste ponto uma proposta para a estimação do TMDA nestes casos (Equação 6).

$$TMDA_{estimado,n} = \frac{\sum_{i=1}^n (VOL_i \times 100)}{\sum_{i=1}^n P_i} \times F_{Dj} \times F_{Mj} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que  $VOL_i$  corresponde ao volume de tráfego horário (na hora  $i$ ),  $P_i$  (ver equação 7) refere-se à percentagem que a hora  $i$  representa no TMD (do dia em questão de determinado grupo de estradas) e  $n$  trata-se do número de horas recolhidas na contagem (para um maior detalhe ver [3]).

$$P_i(\%) = \frac{VOL_i}{TMD_j} \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

Em que  $TMD_j$  refere-se ao Tráfego Médio Diário para o dia da semana em que se está a obter a referida percentagem.

## 4 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Na presente comunicação é apresentada uma sistematização dos métodos existentes para a recolha de dados de tráfego, necessários a diversos estudos na área dos transportes, bem como o desenvolvimento de uma metodologia de estimação do Tráfego Médio Diário Anual para a cidade de Lisboa. A diversidade da rede viária hierarquizada permitiu o estudo deste parâmetro de tráfego (TMDA) em três níveis, tendo em consideração o número de vias por sentido, a partir de duas fontes de dados (plataforma SICIT da Estradas de Portugal, S.A e do sistema GERTRUDE da C.M.L). O estudo envolveu o agrupamento dos postos de contagem disponibilizados pelas fontes referidas com base em dois critérios (nível hierárquico da via e número de vias por sentido). Calcularam-se os valores médios de TMDA por nível hierárquico da rede viária e por número de vias por sentido. Foi também analisada a existência de valores de tráfego atípicos, os quais foram excluídos da análise.

A segunda parte da comunicação centrou-se no desenvolvimento de factores de ajustamento para estimação do TMDA em estradas com características semelhantes entre si, ou seja, pertencentes ao mesmo nível hierárquico e com o mesmo número de vias por sentido. Ao nível horário, observa-se um aumento do factor de ajustamento



entre as 0h e as 3h e um decréscimo acentuado entre as 3h e as 7h para valores próximos da unidade. A ordem de grandeza é muito semelhante para os três níveis, registando-se apenas um valor superior na rede de 1º nível, no período entre as 0h e as 6h. No que se refere aos factores de ajustamento diários, a variação é semelhante para os três níveis em estudo. Entre segunda-feira e sexta-feira os factores oscilam entre 0,85 e 1,10, enquanto para os dias de sábado e domingo o ajustamento a aplicar sobe para 1,30 a 1,40. Relativamente aos factores de ajustamento mensais, a variação ao longo dos meses nos três níveis é mais acentuada, não apresentando um comportamento semelhante nos três níveis da rede.

Os factores de ajustamento apresentados foram desenvolvidos com base numa amostra de dados bastante representativa da rede viária da cidade de Lisboa, pelo que se pode afirmar que a robustez dos resultados obtidos é relevante. Desta forma pode-se concluir que a utilização dos factores de conversão apresentados permitem a obtenção de uma boa estimativa do TMDA para a cidade de Lisboa.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Câmara Municipal de Lisboa pelos dados fornecidos e ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil pelos meios disponibilizados para a execução do presente trabalho.

## 6 REFERÊNCIAS

- [1] AASHTO, "AASHTO Guidelines for Traffic Data Programs," United States, AASHTO, 1992.
- [2] O. P. Erhunmwunsee, "Estimating Average Annual Daily Traffic Flow From Short Period Traffic Counts," ITE Journal, vol. 61, pp. 23-30, 1991.
- [3] Brito, J., "Caracterização da flutuação do tráfego na cidade de Lisboa". Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil Construção. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- [4] S. C. Sharma, B. M. Gulati and N. S. Rizak, "Statewide Traffic Volume Studies and Precision of AADT Estimates," Journal of transportation engineering, pp. 430-439, 1996.
- [5] S. C. Gadda, K. M. Kockelman and A. Magoon, "Estimates of AADT:Quantifying the Uncertainty," in World Conference on Transportation Research, Berkeley, California, 2007.
- [6] CML, "Lisboa: o desafio da mobilidade," Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa, 2005.
- [7] DNIT & UFSC, "Pré-avaliação dos equipamentos disponíveis para utilização nas pesagens," Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2007.
- [8] X. Jiang, S. H. Vaziri, C. Haas, L. Rothenburg, G. Kennepohl and R. Haas, "Improvements in Piezoelectric Sensors and WIM Data Collection Technology," in Annual Conference of the, Vancouver, 2009.
- [9] L. A. Klein, M. Mills and D. R. Gibson, Traffic Detector Handbook: Third edition-Volume II, USA: Mclean: Federal Highway Administration, 2006.
- [10] M. N. Andrade, Métodos e Técnicas de Recolha de Dados de Tráfego - Algoritmo para a definição da matriz origem/destino, Porto: FEUP, 2000.
- [11] M. A. Vieira, Melhoria da Velocidade dos Transportes Públicos de Superfície em Lisboa por Regulação da Admissão de Trânsito, Lisboa: IST, 2004.
- [12] Vieira Gomes, S., Carvalheira, C., Cardoso, J., & Picado Santos, L. (2011). Método para intervenção na infra-estrutura rodoviária urbana para melhoria da segurança. Resultados do Projecto IRUMS. Lisboa: Informação científica 6/2011 - NPTS.
- [13] Vieira Gomes, S., Picado Santos, L., Cardoso, J., & Carvalheira, C. (2011). Estado da arte sobre medidas de segurança rodoviária em ambiente urbano e sobre modelos de previsão de acidentes. Resultados do Projecto IRUMS. Lisboa: Informação científica 7/2011 - NPTS.

- [14] Vieira Gomes, S. (2010). Avaliação da Influência da Infra-Estrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano - Tese de Doutoramento. Coimbra: Universidade de Coimbra.]
- [15] FHWA, Traffic Monitoring Guide, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2001.
- [16] S. Bassan, "A Statistical practical methodology of statewide traffic pattern grouping and precision analysis," Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 36, pp. 427-438, 2009.