



Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Matemática

Dissertação de Mestrado em Engenharia Geográfica

**Os sistemas de informação geográfica como suporte a estudos de  
mobilidade periurbana**

*Geographic information systems as a support of peri-urban mobility  
studies*

Ana Patrícia Duarte

Orientação:

Prof. Doutor José Paulo Almeida (FCTUC, INESCC)

Prof. Doutor Lino Tralhão (INESCC)

Coimbra, 2013

## **Agradecimentos**

---

Ao Professor Doutor José Paulo Almeida e ao Professor Doutor Lino Tralhão pela sua orientação, disponibilidade, o apoio, a partilha do saber e as valiosas contribuições para o trabalho.

A todos os meus amigos que sempre estiveram presentes, aconselhando e incentivando com dedicação e paciência

A toda a minha família, pelo carinho, paciência e incentivo. Este trabalho é dedicado a vocês.

## Resumo

---

A cidade de Coimbra continua a exercer um papel importante de atracção da população aumentando os fluxos diários da população, tendo como principais focos a universidade e os hospitais. Os transportes colectivos são a base de uma alternativa propensa a uma mobilidade urbana que se quer mais sustentável. As distâncias que o utente tem de percorrer para aceder a um determinado sistema de transportes, são um dos factores que pode contribuir para retirar atractividade aos transportes públicos, o que conduz ao aumento do uso do transporte individual, contribuindo, assim, para agravar os vários problemas que afectam a qualidade global de vida nas cidades.

Tem-se assistido nos últimos tempos a uma crescente aplicação de sistemas de informação geográfica (SIG) de suporte a estudos de mobilidade periurbana, permitindo uma vasta gama de análises espaciais referentes aos movimentos pendulares.

Pretendeu-se com este trabalho implementar um SIG em ambiente “*ArGIS*”, tendo como base de estudo informação sobre origens/destinos (O/D) de viagens efectuadas ao nível do concelho de Coimbra. Obtiveram-se resultados relativos a análises espaciais de mobilidade urbana para a gestão de tráfego no contexto da cidade de Coimbra.

## Abstract

---

The city of Coimbra plays indeed an important role in attracting population, increasing daily population flows, being its university and hospital units the main factors of. Public transports are the basis for an alternative urban mobility which intends to be more sustainable. The distances that passengers have to go through to access a certain transport system, are one of the factors that may contribute to the reduction of public transport attractiveness. This leads to an increase of use of individual transport, contributing to aggravate various problems affecting the overall life quality in urban areas.

There has been in the past few years an increasingly interest and use of geographic information systems (GIS) in order to support to studies of peri-urban mobility, allowing a wide range of spatial analyses related to pendular movements.

The work undertaken in the context of this MSc dissertation sought to implement a GIS in an "*ArcGIS*" environment, based on the study of information on origin/destination (O/D) of journeys at the level of Coimbra municipality. Several spatial analyses were carried out and results were obtained related to urban mobility. These may well be useful in traffic management within Coimbra city and its outskirts.

# Índice

---

Agradecimentos .....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Índice.....	iv
Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tabelas.....	vii
Siglas .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Enquadramento do trabalho.....	2
1.2. Transportes e infraestruturas terrestres no concelho de Coimbra.....	5
1.2.1. Infraestruturas rodoviárias .....	6
1.2.2. Rede de transportes públicos.....	8
1.3. Principais focos de atracção de mobilidade.....	9
1.4. Motivação e objectivos .....	10
1.5. Organização da dissertação .....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Movimentos pendulares.....	15
2.2. Recolha de dados para estudos de tráfego de pessoas.....	16
2.3. Zonamento de uma área territorial em estudo.....	17
2.4. Análise da procura .....	18
2.4.1. Modelo de 4 Etapas.....	19
2.5. Tráfego origem/destino (O/D) .....	23
2.5.1. Tráfego por inquérito.....	24
2.5.2. Tráfego por contagem .....	24
3. ANÁLISE DE TRÁFEGO DE PASSAGEIROS.....	27
3.1. Interpretação dos dados .....	27
3.2. Tratamento dos dados .....	29
3.3. O “software” SIG usado: “ArcGIS” .....	29
3.4. Processamento dos dados .....	32
3.5. Zonamento adoptado.....	32
3.6. Distribuição populacional e dimensão dos movimentos.....	35
3.7. Geração de tráfegos.....	38

3.8. Análise dos tráfegos.....	42
3.8.1. Primeira abordagem (mais simples).....	43
3.8.2. Segunda abordagem .....	52
3.8.3. Comparação entre as abordagens utilizadas .....	59
4. CONCLUSÕES .....	62
5. BIBLIOGRAFIA .....	64
ANEXOS .....	I
Anexo A: Distribuição da população estudantil por estabelecimento de ensino.....	II
Anexo B: Rede Central dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra .....	III

## Índice de Figuras

---

Figura 1.1 - Movimentos pendulares com destino a Coimbra.....	4
Figura 1.2 - Rede rodoviária do concelho de Coimbra.....	7
Figura 1.3 - Principal modo de deslocação casa – trabalho/escola no concelho de Coimbra.....	11
Figura 1.4 - Emissões de CO <sub>2</sub> em 2009 segundo o sector de actividade.....	12
Figura 2.1 - Cadeias de viagens.....	16
Figura 2.2 - Estrutura do modelo sequencial de quatro passos.....	20
Figura 2.3 - Atracção e produção de saídas baseadas ou não em casa.....	22
Figura 2.4 - Estrutura de tráfego.....	26
Figura 3.1 - Parte da grelha original.....	33
Figura 3.2 - Resultado final do ficheiro das quadrículas.....	34
Figura 3.3 - Densidade populacional.....	36
Figura 3.4 - Percentagem das saídas de acordo com o total de viagens.....	37
Figura 3.5 - Código “VBA” para atribuição de valores à coluna “ <i>Modo_transp_agregado</i> ”.....	38
Figura 3.6 - Incidência do uso de TI (origens).....	39
Figura 3.7 - Incidência do uso dos restantes modos (origens).....	40
Figura 3.8 - Relação entre o uso de TI e restantes modos.....	41
Figura 3.9 - Percentagens dos motivos das viagens.....	42
Figura 3.10 - Incidência do uso com motivo trabalho (por viagem).....	45
Figura 3.11 - Incidência do uso com motivo escola (por viagem).....	47
Figura 3.12 - Incidência do uso com motivo saúde (viagem).....	49
Figura 3.13 - Incidência do uso com “outros motivos” (viagem).....	51
Figura 3.14 - Incidência do uso com motivo trabalho (por saída).....	55
Figura 3.15 - Incidência do uso com motivo escola (por saída).....	56
Figura 3.16 - Incidência do uso com motivo saúde (por saída).....	57
Figura 3.17 - Incidência do uso com “outros motivos” (por saída).....	58
Figura 3.18 - Comparação entre as duas abordagens com motivo escola.....	60
Figura 3.19 - Comparação entre as duas abordagens com motivo saúde.....	61

## Índice de Tabelas

---

Tabela 1.1 - População residente que trabalha ou estuda (movimentos pendulares), segundo as entradas e saídas.....	5
Tabela 1.2 - Principais redes rodoviárias no concelho de Coimbra.....	6
Tabela 3.1 - Codificação e respectiva designação do motivo da viagem.....	28
Tabela 3.2 - Designação do modo de transporte.....	28
Tabela 3.3 - Legenda das zonas de trabalho.....	46
Tabela 3.4 - Legenda das zonas de escolas.....	48
Tabela 3.5 - Legenda das zonas de saúde.....	50
Tabela 3.6 - Legenda das zonas com “outros motivos”.....	52
Tabela 3.7 - “Prioridade” atribuída aos motivos das saídas.....	53
Tabela 3.8 - Comparação de resultados nas duas abordagens por motivos e respectivas zonas de atracção.....	59

## **Siglas**

---

**FC** - Feature Class

**FCTUC** - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

**IC** - Itinerário complementar

**IP** - Itinerário principal

**O/D** - Origem/Destino

**SIG** - Sistemas de Informação Geográfica

**SMTUC** - Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra

**TC** - Transporte colectivo

**TI** - Transporte individual

**UC** - Universidade de Coimbra

**UTM** - Universal Transverse Mercator

## 1. INTRODUÇÃO

A discussão do assunto da mobilidade e dos transportes em áreas urbanas e periurbanas tem vindo a alcançar particular importância no âmbito do debate científico e técnico. O movimento de pessoas e de bens constitui uma necessidade fundamental da sociedade, competindo ao transporte a função de possibilitar a realização desses movimentos. As necessidades de deslocação têm aumentado de forma acentuada tendo-se traduzido num forte aumento dos movimentos, quer de passageiros como de mercadorias. Assim sendo, a mobilidade relaciona-se com a capacidade que cada pessoa/mercadorias possui de se/ser deslocar/deslocado entre vários focos recorrendo aos diferentes modos de transporte disponíveis (Palma 2010). Área periurbana é definida como sendo aquela que se localiza para além dos subúrbios de uma cidade. Pertence a um espaço onde as atividades rurais e urbanas se misturam, dificultando a determinação dos limites físicos e sociais do espaço urbano e do rural. Resulta assim da implantação dispersa do povoamento urbano em meio rural, o tecido urbano surge de forma descontínua, a atividade agrícola é instável e assiste-se à implantação de indústrias e de alguns serviços. Na generalidade das áreas periurbanas, a densidade de ocupação humana regista valores reduzidos (Infopédia 2012).

O desenvolvimento económico e a sustentabilidade de uma área urbana é fortemente condicionada pelas condições de procura/oferta de transportes. Factores primordiais são também as políticas e estratégias de mobilidade sustentável, onde os cidadãos, vivendo em cidades/aldeias, tenham condições e preferências de acessibilidade e mobilidade que lhes permitam deslocações seguras, confortáveis, com tempos aceitáveis e custos acessíveis, implicando que se exerça a mobilidade com eficiência energética e reduzidos impactos ambientais (IMTT 2011a). A nível nacional e regional, Coimbra tem vindo a desenvolver-se num espaço intermédio entre as duas grandes cidades do país. O seu papel polarizador na Região Centro tem, nas últimas décadas, contribuído para o crescimento da cidade que hoje desenvolve, à sua escala, a sua própria área

metropolitana. A sua universidade tem sido o grande condutor de inserção da cidade no mundo como espaço de produção e propagação de “conhecimento”. Tem dado a Coimbra uma razão de vida e constituiu o principal factor do seu crescimento, inovação e desenvolvimento. O centro histórico e o património cultural que este integra estabelecem uma excelente mostra da evolução da universidade e da história da cidade (CoimbraVIVASRU 2012). Apresenta uma capacidade hospitalar com dimensão claramente superior a qualquer outro centro urbano da Região Centro, sendo que a oferta de serviços hospitalares tem um carácter regional e nacional.

### **1.1. Enquadramento do trabalho**

A localização geográfica privilegiada da Região Centro, e particularmente Coimbra, potenciam um papel estratégico fundamental nas ligações entre o norte e sul de Portugal bem como em ligações europeias, quer a nível rodó quer ao ferroviário. A sua localização intermédia e estratégica no Eixo de Desenvolvimento Atlântico que se estende de Setúbal a Braga, sendo a única cidade média (mais de 100 mil habitantes) entre a grande Lisboa e o grande Porto, apresenta uma clara capacidade para se apresentar como uma sólida alternativa a estas duas áreas metropolitanas. Contribui assim para a criação de uma rede urbana multipolar com potencial para sustentar um desenvolvimento regional policêntrico centrado em Coimbra. Regionalmente é também o pólo central daquele que é caracterizado como o Sistema Metropolitano do Centro Litoral, composto por Coimbra, Aveiro, Leiria e Viseu. Coimbra é assim, no contexto nacional e da sustentabilidade da Região Centro, fundamental para o equilíbrio do sistema urbano do território (CMCoimbra-1/2 2006).

O concelho de Coimbra está situado na sub-região do Baixo Mondego, cerca de 200 quilómetros a norte de Lisboa. Em 2011, a população residente era de 143 396 habitantes, dos quais 66 974 eram homens e 76 422 eram mulheres (Censos 2011). A cidade ocupa uma área de 319,4 km<sup>2</sup>, distribuída por 31 freguesias e com uma densidade populacional de 449,3 hab/km<sup>2</sup> (INE 2011). Com o seu território profundamente marcado e atravessado pelo Rio Mondego, é limitado a norte pelo concelho da Mealhada, a leste por Penacova, Vila Nova de Poiares e

Miranda do Corvo, a sul por Condeixa-a-Nova, a oeste por Montemor-o-Velho e a noroeste por Cantanhede.

Cidade universitária por excelência, centro administrativo da sua região, Coimbra é pois uma das mais importantes cidades portuguesas. O seu efeito de metropolização origina movimentos pendulares convergentes num único ponto polarizador de centros urbanos como Condeixa-a-Nova, Montemor-o-Velho, Miranda do Corvo, Penacova, Mealhada e Figueira da Foz. Os principais motivos de atracção de população são emprego, ensino, saúde, empresas e serviços de administração pública regional. São, por isso, originados milhares de movimentos pendulares diariamente (deslocação diária, entre a residência e o local de trabalho ou estudo, efectuada pela população residente e que vive no respectivo alojamento a maior parte do ano), registando uma afluência de pessoas vindas de diversos locais do concelho e da região. Com cerca de 18 000 movimentos pendulares (Censos 2001) em transportes públicos (um operador urbano rodoviário – SMTUC (Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra); três operadores rodoviários suburbanos e nacionais – Grupo Joalto, Rede Nacional Expressos e Moisés Correia de Oliveira; e os CP (Comboios de Portugal), operador ferroviário nacional / regional). O transporte em automóvel privado (individual) tem sido significativamente mais utilizado em detrimento de outros meios de transporte, com uma proporção de utilização do automóvel nas deslocações, de 59,59% (Censos 2001). Uma maior dependência do automóvel origina um grande desperdício energético, aumento da poluição e problemas de estacionamento.

O sistema de mobilidade definido por Coimbra e pelos concelhos vizinhos é comportado, principalmente, por uma rede de acessibilidades radial centrada na área urbana de Coimbra (CoimbraVIVASRU 2012). Na figura 1.1 encontram-se quantificados os movimentos pendulares dos concelhos com mais movimentos com destino a Coimbra.

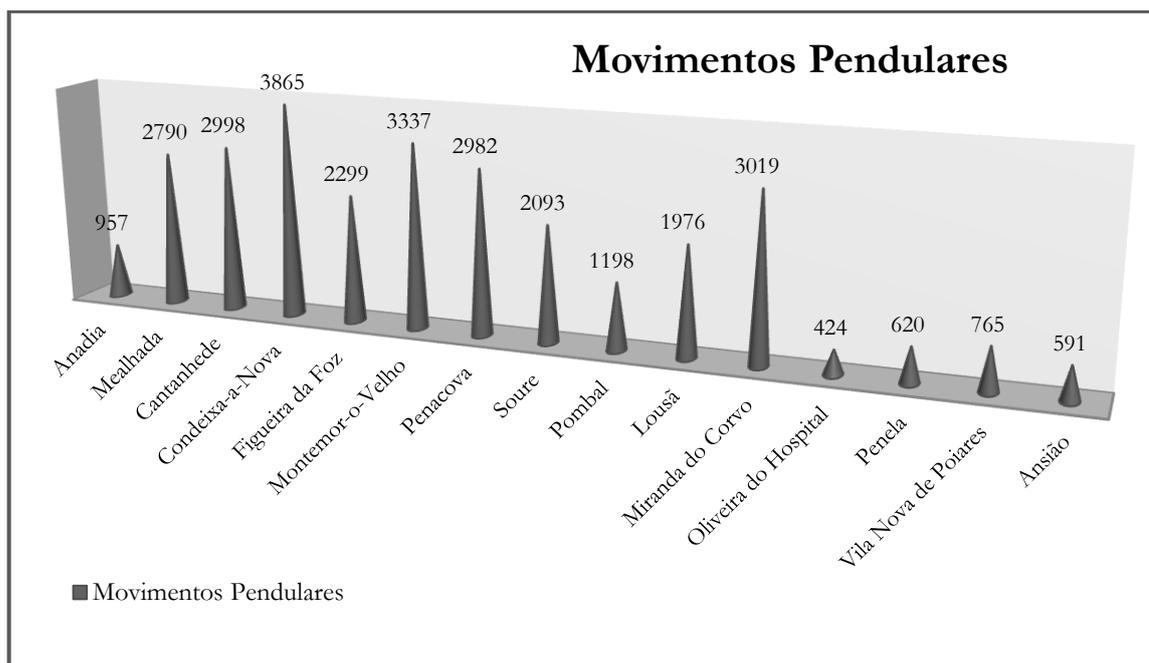


Figura 1.1 - Movimentos pendulares com destino a Coimbra.

Fonte: Censos (2001)

O concelho de Coimbra apresenta-se como um pólo de atracção, gerando fluxos de pessoas e bens, tendo a nível municipal e regional um papel mais de “destino” do que “origem”. Comprova-se pela tabela seguinte que a diferença entre entradas e saídas situa-se na ordem dos 35 000 movimentos. Coimbra apresenta características de metropolitanismo que se têm vindo a acentuar desde a década passada. Este facto é comprovado pelo aumento do volume de movimentos pendulares gerados entre Coimbra e os concelhos vizinhos, que são, regra geral, movimentos obrigatórios como o trajecto casa-trabalho/escola e vice-versa. Na tabela 1.1 observa-se o aumento de movimentos pendulares de 2001 para 2011, e como Coimbra gera mais movimentos no papel de “destino”.

Tabela 1.1 - População residente que trabalha ou estuda (movimentos pendulares), segundo as entradas e saídas.

	População residente noutros concelhos que entra no concelho de Coimbra para trabalhar ou estudar		População residente que sai do concelho de Coimbra para trabalhar ou estudar	
	2001	2011	2001	2011
Coimbra	44 533	47 380	12 024	12 199

Fonte: Censos (2001), Censos (2011)

É no contexto dos aspectos pertinentes que anteriormente se referiram, que foi levado a cabo um levantamento de informação relativa aos movimentos de, e para a cidade de Coimbra e informação auxiliar sobre esses movimentos. Surgiu então a ideia de tratar os dados do levantamento de informação relativa à mobilidade num ambiente SIG, com vista a estudos de mobilidade e fundamentalmente, da densidade desse tráfego. É neste âmbito de estudo que se enquadra esta dissertação na FCTUC (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra), detentora dos dados utilizados no trabalho levado a cabo, e seu destinatário final.

## 1.2. Transportes e infraestruturas terrestres no concelho de Coimbra

O transporte de pessoas ao nível da região metropolitana é um agregado de muitas decisões individuais sobre a efectuação de viagens. Estas decisões resultam em viagens de veículos e passageiros durante um período específico de tempo. Um sistema de transportes consiste nos equipamentos e serviços que permitem a realização destas viagens. Na verdade, é a relação entre padrões de viagem, equipamentos de transporte e o contexto económico, social e ambiental de uma região, que constitui a base da análise dos transportes (Meyer e Miller 2001).

Qualquer pessoa que pretenda viajar tem dois modos de o fazer: através de transporte individual (TI) ou transporte colectivo (TC). O transporte particular envolve o TI ou familiar, sustentado principalmente através do automóvel privado. O transporte público consiste em

diferentes modos de TC, como o comboio ou o autocarro; no TI, o táxi pode ser gerido por instituições públicas ou privadas.

O concelho de Coimbra encontra-se inserido no eixo de transporte e acessibilidade longitudinal ao território nacional. É servido directamente pelo IP1 (A1) e pela linha ferroviária do Norte. Estas infraestruturas de transporte permitem a articulação de Coimbra para norte, com distritos como Aveiro, Porto e Braga, e para sul com os distritos de Leiria, Santarém, Lisboa e não só (CoimbraVIVASRU 2012).

### 1.2.1. Infraestruturas rodoviárias

Para além do já referido eixo IP1, são de salientar as mais importantes vias que entroncam em Coimbra. Assim, temos o IP3 que liga Figueira da Foz a Chaves prolongando-se para Espanha, no qual um pouco a norte de Coimbra se ramifica para cidades da Beira Alta. Temos também alternativa sem portagem da N1/IC2 para norte e sul, a estrada de Tomar (IC3) e também a antiga N2 e IP2 de Chaves até Faro que ramifica também para a zona interior da Beira Baixa. Permite também um papel de potencial “porta de acesso” aos eixos de projecção Atlântica de cidades do interior como a Covilhã (IC6), Castelo Branco (IC8 e IC3) e Guarda (IP3) (CMCoimbra-1/2 2006).

O concelho apresenta uma rede rodoviária de cariz radiada (IC2 Norte/IP3, IC2 Sul, N341, N111/N234-1, N17), que tem como ponto de convergência a cidade de Coimbra. Nas tabela 1.2 e figura 1.2 são apresentadas as principais redes rodoviárias para uma melhor percepção destas infraestruturas.

Tabela 1.2 - Principais redes rodoviárias no concelho de Coimbra.

Rede rodoviária	Concelho de ligação
Corredor noroeste, definido pela ligação da N111/N234-1	Montemor-o-Velho e Figueira da Foz, Mira e Cantanhede
No corredor a norte na envolvente do IC2 Norte/IP3	Mealhada e Anadia, Penacova
A poente, 341	Montemor-o-Velho Sul
No corredor do IC2 Sul	Condeixa-a-Nova, Soure e Pombal
A nascente, N17	Vila Nova de Poiares

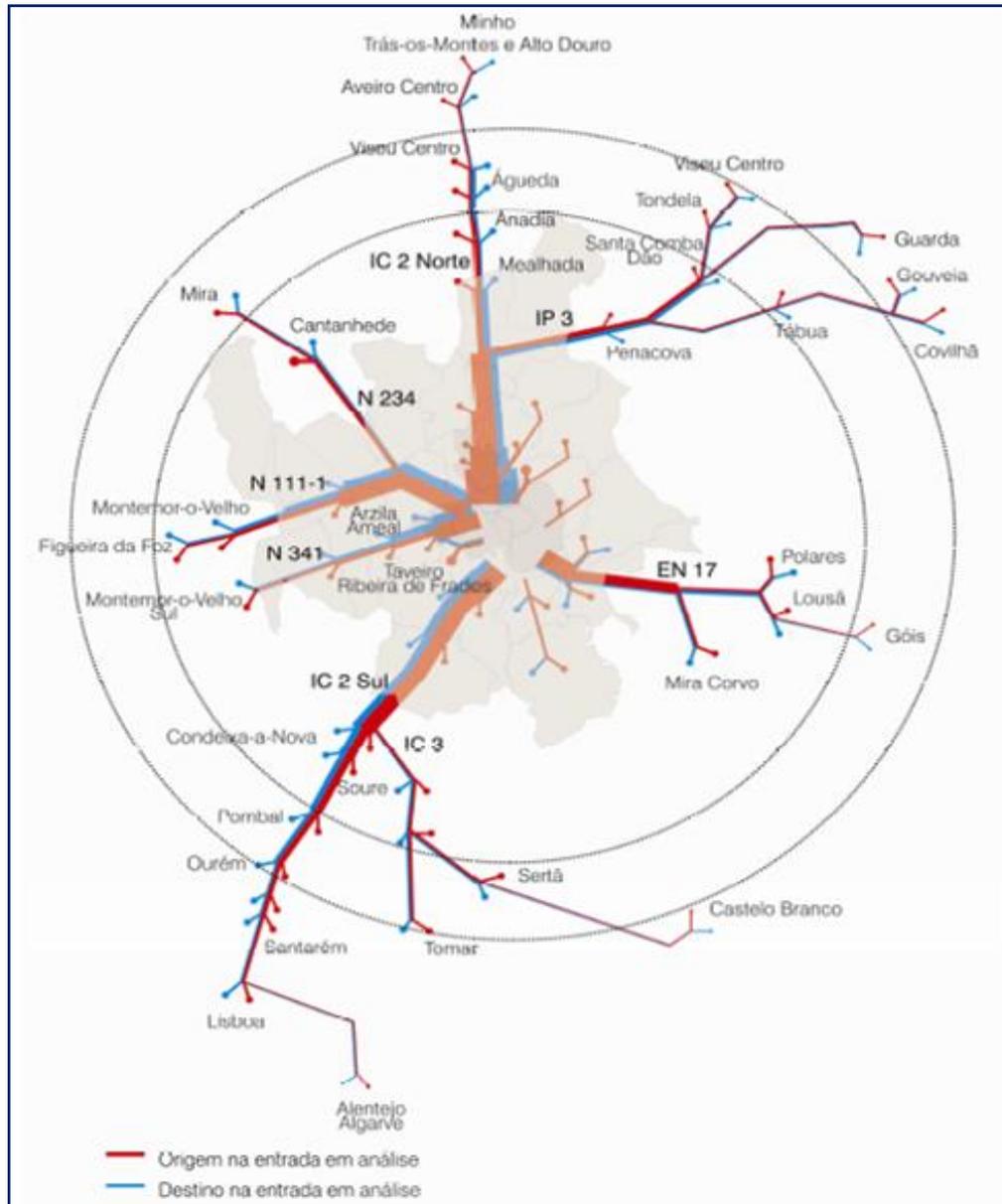


Figura 1.2 - Rede rodoviária do concelho de Coimbra.  
 Fonte: CMCoimbra (2004) in CoimbraVIVASRU (2012)

### **1.2.2. Rede de transportes públicos**

No que diz respeito aos serviços de transportes coletivos rodoviários, destaca-se a existência de uma rede urbana/suburbana e de uma rede nacional/regional. A rede de serviços rodoviários urbanos/suburbanos de Coimbra é operada pelos Serviços Municipalizados de Transportes Urbano de Coimbra (SMTUC), com aproximadamente 135 viaturas, que serve a cidade e arredores, salientando-se uma concentração de serviços no seu centro, particularmente na Rua Sofia, Avenida Sá da Bandeira e Praça da República (SMTUC 2012). A rede nacional/regional é operada por diversas companhias, onde se destaca a Rede Nacional de Expressos, tendo como interface o terminal rodoviário de Coimbra, localizado na Avenida Fernão de Magalhães, junto ao nó rodoviário da Casa de Sal. Este terminal faz a articulação entre a rede nacional/regional e a rede urbana (CoimbraVIVASRU 2012). Existem mais dois operadores privados, a saber:

- Moisés Correia de Oliveira, tendo como actividade principal o transporte interurbano de passageiros, sendo a sua área de actuação a zona entre Coimbra e Figueira da Foz. A sua gestão tem-se pautado pela inovação, de que são exemplo a criação de novos títulos de transporte, com a finalidade da melhoria dos serviços ao público (Moisés 2012);
- Transdev (antigo Grupo Joalto), concebendo e explorando todo o tipo de redes urbanas, interurbanas, regionais, de todas as dimensões permitindo uma maior mobilidade. É uma empresa de transporte colectivo de passageiros, em autocarro e metro em Portugal, com ligações aos principais destinos do país e com grande presença em Coimbra (Transdev 2012).

Quanto ao transporte ferroviário, a estação de Coimbra-B, “é uma espécie de grande apeadeiro, ligando Lisboa ao Porto sendo um elemento urbano de referência” (Moniz 2000) in (Xavier 2011). A CP (Comboios de Portugal) é a única empresa de serviço de transporte ferroviário que opera em Coimbra. A Linha do Norte, que integra a estação de Coimbra - B, comporta diferentes tipos de serviços: alfa pendular, intercidades (CP Longo Curso) e serviços regionais (CP Regionais). Os serviços de longo curso permitem a ligação de Coimbra a cidades

como Lisboa, Aveiro, Porto, Braga, etc. Existem três serviços regionais: ligação Coimbra - Aveiro, com diversas paragens intermédias; ligação Coimbra - Figueira da Foz, que constitui uma importante ligação regional e também urbana (esta ligação é realizada com recurso ao ramal de Alfarelos e à Linha do Oeste) e a ligação Coimbra - Entroncamento (CP 2012). É a aspiração da cidade incluir no seu sistema de mobilidade o Ramal da Lousã, juntamente com a ligação à Figueira da Foz, outra a Condeixa e outra para norte, juntamente com o sistema de metro de superfície.

### **1.3. Principais focos de atracção de mobilidade**

As principais ocupações e motivos associados às deslocações pendulares são o trabalho e escola, logo seguidos da saúde. Os hospitais, a universidade e outros serviços ligados à administração pública, geram diariamente grandes movimentos externos no sentido da cidade de Coimbra. A cidade atrai no período escolar - Setembro a Julho - cerca de 37 mil estudantes (anexo A) e mais 34 mil relacionados com outras actividades, do que resulta numa população total (flutuante mais fixa) de aproximadamente 212 000 pessoas (CMCoimbra 2012).

Coimbra apresenta importantes valências e recursos de investigação e desenvolvimento de relevo nacional e internacional sendo, por isso, responsável por uma importante proporção dos alunos de ensino superior formados nos mais diversos domínios. O principal responsável é a sua universidade, uma das mais antigas do mundo, não sendo de negligenciar o Instituto Politécnico de Coimbra (com cinco escolas superiores especializadas), o Instituto Superior Bissaya Barreto, a Escola Superior Vasco da Gama, entre outras. No total, existem dezassete estabelecimentos de ensino públicos e quatro privados (INE 2011).

Nos cuidados de saúde, Coimbra é um dos municípios nacionais, a par de Lisboa e do Porto, que apresenta mais recursos de saúde, quer em termos das capacidades dos seus hospitais e serviços de saúde, bem como das especialidades de referência que possui. Assim sendo, existem nove hospitais oficiais e três privados, com um total de 2 540 camas, 90 189 internamentos e 1 005 453 consultas externas em 2010 (INE 2011).

A Baixa de Coimbra é um dos espaços tradicionais de Coimbra, tendo como eixos centrais: Av. Fernão de Magalhães, Rua da Sofia, Av. Emídio Navarro, Rua Ferreira Borges e a Rua Visconde da Luz, sendo estas duas, o principal eixo comercial da Baixa de Coimbra onde se concentram lojas e as esplanadas mais emblemáticas da cidade. A Baixa de Coimbra possui um vasto comércio de rua, mas também possui numerosos serviços públicos e privados. Atraindo assim um grande número de pessoas diariamente, por motivos profissionais, assuntos nos serviços públicos, de lazer e turismo.

Coimbra é dotada de um inestimável património monumental e cultural, não só em virtude da sua estrutura antiga da universidade como também pelo variadíssimo conjunto de igrejas, mosteiros, conventos, etc. Como exemplo, o segundo sítio mais visitado em Portugal é o Portugal dos Pequeninos. A sua parte alta junto à velha universidade encontra-se proposta a património mundial. Na Igreja de Santa Cruz repousa o fundador da nação, sendo a única extensão do Panteão Nacional fora da Lisboa. Tudo isto, gerador de muita tradição ligada à vivência popular e vivência estudantil (ex. repúblicas). Foi também palco de uma das mais famosas histórias de romance do mundo, a de D. Pedro e D. Inês. A este património junta-se o mais recente, de natureza industrial e comercial o qual se inclui na memória da cidade dos séculos XIX e XX (ex. Baixa-rio).

#### **1.4. Motivação e objectivos**

As circunstâncias actuais de consumo de transporte colocam cada vez mais em causa as condições de bem-estar e qualidade de vida das populações, condicionando o desenvolvimento económico e a sustentabilidade das cidades. Também importantes na definição de políticas de sustentabilidade no sector dos transportes, são as acções que promovam a atenuação dos efeitos negativos sobre o ambiente, nomeadamente a poluição. O acréscimo significativo das necessidades de deslocação da população, conduziu à melhoria da capacidade de resposta da rede

de transportes. Essa melhoria teve porém, como efeito, o uso do TI em detrimento dos TC (figura 1.3).

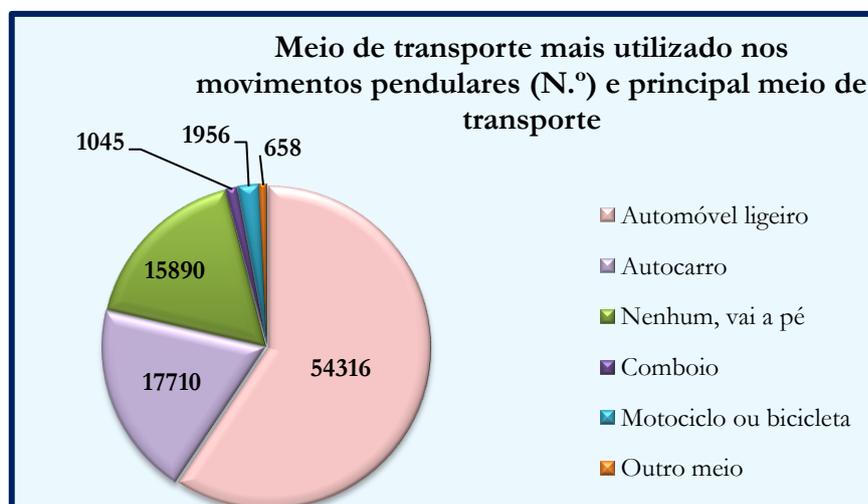


Figura 1.3 - Principal modo de deslocação casa – trabalho/escola no concelho de Coimbra.

Fonte: Censos (2001)

As conclusões do relatório de 2001 do Projecto SIAM, indicam que “o clima está a mudar devido às emissões de gases com efeito de estufa (...), provocado pelas actividades humanas” (Santos et al. 2001). O Protocolo de Quioto aponta o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) como o gás mais importante no efeito de estufa (GEE). Apesar de existirem outros gases, em particular o metano por unidade, terem efeito superior ao  $CO_2$ . O sector dos transportes é um dos com maior impacto ambiental em virtude de ser o maior gerador de emissões poluentes (figura 1.4).

Este sector divide-se essencialmente entre o transporte de mercadorias e de passageiros. Ambos têm apresentado em Portugal um crescimento do PIB (Produto Interno Bruto). Este incremento regista-se essencialmente ao nível do modo rodoviário em detrimento de ferroviário e do aquático (praticamente inexistente). O que aumenta fortemente para as emissões de GEE, a poluição atmosférica, o congestionamento, o ruído e a insegurança rodoviária.

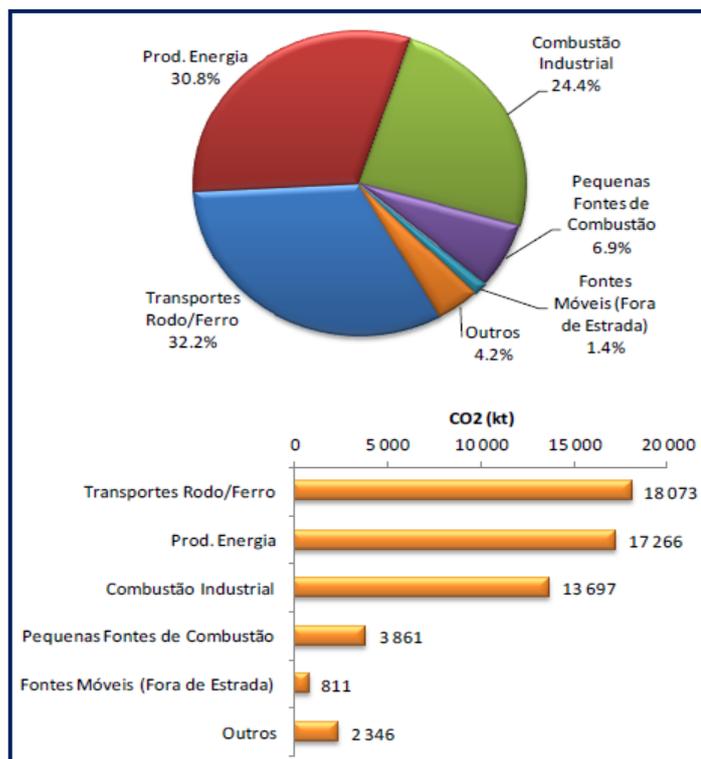


Figura 1.4 - Emissões de CO<sub>2</sub> em 2009 segundo o sector de actividade.

Fonte: apambiente (2011)

É neste contexto que se enquadra a pertinência de um estudo de mobilidade periurbana, consistindo numa análise de densidade de tráfego de passageiros no âmbito do concelho de Coimbra, fazendo extensivo uso de ferramentas SIG.

Dado o levantamento de informação relativa à mobilidade – a que se fez referência em 1.1. - existe considerável material de informação sobre origem/destino de viagens realizadas de e para a cidade de Coimbra. Obteve-se esta informação detalhada sobre os padrões de mobilidade, uma vez que a última década se caracterizou por alterações importantes nas dinâmicas de mobilidade, nomeadamente com a maior utilização do automóvel, a consolidação de novas zonas de expansão urbana e o envelhecimento da população. A deslocação de pessoas e bens influencia todos os aspectos sociais e económicos, bem como o desenvolvimento urbano, sendo que a distribuição espacial das actividades e a expansão urbana são fortemente influenciados pelas opções de mobilidade de que dispõe. Sendo Coimbra uma cidade de média/pequena dimensão, apresenta muitos movimentos, daí a pertinência das análises desses movimentos. O material de informação de base usado consiste numa tabela com informação variada sendo de destacar:

origem/destino (O/D) das viagens que constituem as saídas, motivo da viagem e modo de transporte utilizado para efectuar essa viagem. Constando assim nessa tabela dados de georreferenciação, que permitiu a construção de um SIG com dados referentes à mobilidade das pessoas num espaço periurbano. A análise espacial de tais dados estruturados sobre uma rede pedo-rodoviária permitirá estudos respeitantes à mobilidade num espaço periurbano como o do concelho de Coimbra.

Com vista ao estudo de mobilidade e, em particular a densidades de tráfego, pretendeu-se implementar um SIG em ambiente “*ArxGIS*”, com dados transferidos para uma “*geodatabase*” (ver secção 3.3). Essa implementação permite melhor relacionamento da informação para posteriormente se efectuarem análises espaciais de mobilidade urbana com vista a uma gestão de tráfego de pessoas. Este tipo de análises poderá levar ao teste do sistema estabelecido.

## **1.5. Organização da dissertação**

A presente dissertação está organizada em quatro capítulos. A Introdução, nela se apresenta o contexto em que o tema se insere quer institucionalmente quer ao nível do concelho de Coimbra, motivação e objectivo.

No Capítulo 2 faz-se uma revisão bibliográfica à metodologia usada neste trabalho.

O Capítulo 3 é dedicado à apresentação da metodologia utilizada para este estudo, bem como são descritos os dados utilizados neste trabalho. Engloba todos os aspectos conceptuais do trabalho e os métodos de procedimento. São também apresentados os resultados das análises que se desenvolveram dando a conhecer algumas das características da mobilidade, confrontando indicadores gerais como os motivos e os modos de transportes associados.

Por fim, no Capítulo 4, são apresentadas as conclusões.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A mobilidade resulta da “necessidade do ser humano de participar em diferentes actividades”. Como essas actividades usualmente se desenvolvem em locais fisicamente distantes, é fundamental a deslocação de um local para outro de quem deseja ou necessita participar nessas actividades (Santos 1994). Pacheco (2005) escreve a respeito da mobilidade, “o afastamento entre os locais de residência e os de trabalho, a diversificação dos destinos das deslocações (que cada vez menos se confinam aos tradicionais movimentos pendulares casa-trabalho) e, a necessidade de fugir ao frenesim urbano na procura da tranquilidade, são exemplos da complexa teia de decisões individuais que dificultam o entendimento do colectivo e dos padrões de organização do território”. Por outro lado, o elevado preço dos terrenos também conduz a este afastamento. Esta periferação da população tem directa influência no planeamento da mobilidade, como Litman (2006) reconhece. A localização de novas habitações e serviços nas áreas periféricas, situadas longe das áreas centrais, está a afetar crescentemente e directamente a mobilidade nas cidades. Esta dispersão conduz a dificuldades e até a contradições no âmbito do planeamento urbano, em particular entre as suas componentes de uso do solo e de transportes. Se uma boa planificação urbana levaria a uma maior compactação da população e portanto do uso do solo e simplificação do planeamento dos transportes, a dispersão dessa população conduz a uma planificação dos transportes à revelia do desejável, dado necessitar de servir uma população dispersa. Temos pois uma planificação de transportes à partida muito dificultada, tendencialmente insuficiente, reforçando assim a tendência para o uso do TI, a qual por si só torna insuficiente a planificação dos transportes (Magagnin e Silva 2008). Mesmo no capítulo do uso do solo essa dispersão também leva a uma dispersão de equipamentos. Tudo isto leva por sua vez a um mau uso da energia com os consequentes problemas ambientais. O desastre que tudo isto representa põe em evidência a vantagem de se optar por um planeamento urbano similar ao que se verificou no início do século XX: núcleos relativamente compactos e relativamente autossuficientes

conectados entre si com sistemas de transportes rápidos (este último aspecto dirá respeito ao século XXI).

## **2.1. Movimentos pendulares**

Usámos neste trabalho o conceito de viagem de Meyer e Miller (2001), implicitamente definida como sendo um movimento entre uma origem e um destino com um motivo associado. Para Meyer e Miller (2001), a procura de viagens entre dois pontos está intimamente relacionada com a contagem do seu número num certo intervalo de tempo. Uma viagem pode ser caracterizada por, entre outras características:

- O propósito da viagem, neste trabalho designado por “motivo da viagem” (ex. trabalho, escola, etc.);
- O período do dia da viagem;
- A origem da viagem, ou seja local onde começa;
- O destino da viagem, ou seja o local onde termina;
- O modo da viagem usado para realizar a viagem (ex. carro, autocarro, bicicleta, comboio, etc.);
- A rota seguida;
- A frequência (o número de viagens em função do tempo).

Neste trabalho utilizámos também o conceito de saída, como sendo uma cadeia de uma ou mais viagens. As saídas podem ser simples, por sinal as mais frequentes, são constituídas por uma sequência de duas viagens onde a origem e o destino da saída são o mesmo ponto no espaço. Assim, uma saída de casa para o trabalho, combinada com uma saída de regresso à tarde do trabalho para casa, constitui uma saída casa-trabalho-casa. Semelhantemente, a saída complexa

é constituída por três viagens (casa para o trabalho, trabalho para o centro comercial, e centro comercial para casa), sendo que a origem e o destino é o mesmo ponto (Meyer e Miller 2001). Uma viagem direccional é constituída por uma viagem com origem e destino final diferentes (Bowman 1998) (figura 2.1).

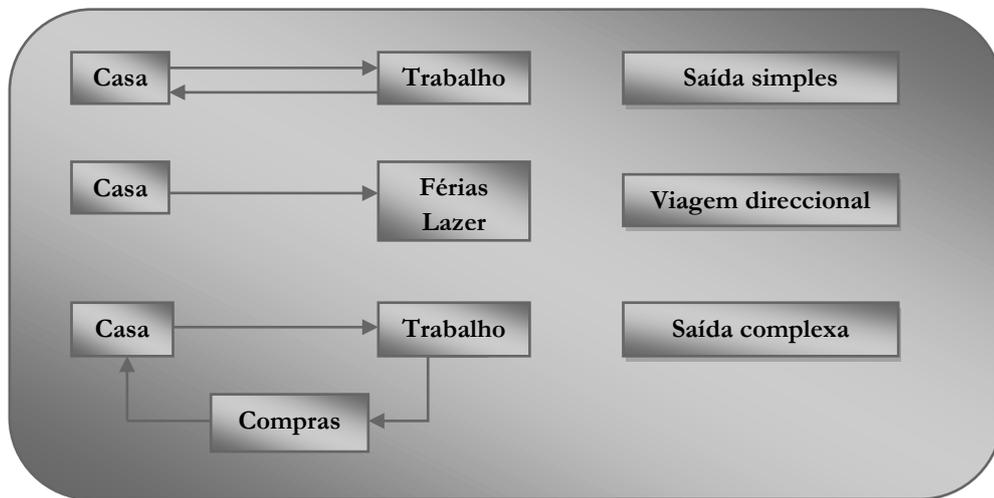


Figura 2.1 - Cadeias de viagens.

## 2.2. Recolha de dados para estudos de tráfego de pessoas

Segundo Ortúzar e Willumsen (1990), a recolha dos dados é muito importante num estudo de planeamento de transportes, assim como o nível de agregação dos mesmos. Em princípio, um modelo será mais preciso e menos incerto quanto maior for a sua amostra que lhe deu origem. No entanto, isso incorreria num processo oneroso em tempo e dinheiro. Daqui, advém a conveniência da agregação dos dados. Porém, a diminuição dos tamanhos das amostras tende a aumentar a incerteza associadas às conclusões. Estamos pois perante uma situação de compromisso.

Segundo Meyer and Miller (2001) a discussão sobre as características da procura de viagens e sobre as pessoas e sistemas que determinam esta procura ilustra a enorme e impressionante complexidade e o nível de detalhe inerente à análise da procura das viagens. A

procura de viagens numa área metropolitana é o resultado das decisões de milhares ou até de milhões de indivíduos – associadas a uma variedade de motivos e preferências – feitas dentro de um complexo ambiente físico, social, económico, cultural, etc. Para atingir uma formulação conceptual e analiticamente tratável do problema da procura de viagens, convém trabalhar a um nível mais agregado da modelação do sistema. Essa agregação pode ser concebida segundo “três vectores”:

- A agregação espacial é desenvolvida pela divisão da área metropolitana em estudo num conjunto de zonas e depois tratar estas zonas como as unidades básicas da análise. Assim, em vez de lidar com as viagens feitas pelos indivíduos de ponto para ponto, a análise está preocupada com a totalidade de fluxos de pessoas de zona para zona. As características zonais costumavam “explicar” que estes fluxos tipicamente tomam a forma de totais zonais (ex. número total de trabalhadores a viverem numa zona);
- A agregação temporal está relacionada com a contagem de fluxos de viagens de acordo com certos períodos de tempo, nomeadamente período de ponta semanal, o período fora de ponta semanal, a semana, e o ano. Assim, pode analisar-se as totalidades de fluxos de períodos de ponta semanais entre zonas de maneira a identificar deficiências na capacidade da rede;
- A agregação socioeconómica faz uso da segregação dos indivíduos de acordo com características dessa índole, por exemplo: idosos, população activa ou estudantil, etc.

### **2.3. Zonamento de uma área territorial em estudo**

Vasconcelos (2004) dá primazia à agregação espacial argumentando que esta está relacionada com a inviabilidade de uma caracterização espacial exacta de todos os pontos de partida e chegada, são dados associados a levantamentos populacionais, inquéritos

origem/destino (O/D), etc., referindo-se assim a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço. Defende este autor a agregação espacial das origens e destinos através de um zonamento (em que cada zona é representada pelo respectivo centróide). Este zonamento deverá ser feito criteriosamente, dado desprezar os deslocamentos intra-zonais, o que poderá condicionar erros grosseiros; por outro lado, um zonamento muito fino pode conduzir a erros de amostragem.

O ICPSR (2010) defende que o zonamento deve ser uma grelha (“*mesh*”), ou seja correspondendo a uma quadrícula. O facto de essa quadrícula implicar zonas de área constante, esse tipo de zonamento conduz à determinação de densidades (espacial) de tráfego. Foi esta agregação usada neste trabalho. Após essa determinação todas as operações do modelo estão relacionadas com essas zonas ou com as relações entre elas. A forma habitual de apresentação dos dados agregados por áreas é o uso de mapas coloridos com o padrão espacial do fenómeno (Câmara et al. 2004)

## **2.4. Análise da procura**

A procura representa o desejo, a necessidade de mobilidade dos utentes, tendo por componente, entre outros, o motivo (trabalho, escola, saúde, lazer, etc.), modo (TI e TC), hora e período do dia/semana/ano. Um modelo muito usado desde as décadas de 60 e 70 é o denominado “Modelo de 4 Etapas”, também conhecido como “abordagem tradicional” (Ortúzar Willumsen 1990). Para Silva et al. (2013), cada passo do modelo corresponde à resposta a uma questão ligada à forma como se fazem as viagens: “Faço ou não faço a viagem?”, “Para onde vou?”, “Que modo de transporte vou utilizar?” e “Que caminho devo escolher?”.

### 2.4.1. Modelo de 4 Etapas

Na versão de Meyer e Miller (2001), este modelo é usado para prever o número de viagens feitas dentro de uma área urbana por tipo (trabalho, não trabalho), período do dia (hora de ponta, diariamente), zonas de O/D, o modo de saídas usado para fazer estas mesmas saídas, e as rotas usadas pela rede de transportes por essas saídas. Consiste portanto em quatro passos, como mostrado na figura 2.2:

- Geração de tráfego: é a previsão do número de viagens produzidas (origens) e atraídas (destinos) por cada zona, ou seja, números finais de saídas “gerados” dentro da área urbana. Por outras palavras, a fase de geração de viagens prevê o total de fluxos para dentro e para fora de cada zona na área em estudo, mas não prevê de onde estes fluxos vêm ou para onde vão. Segundo Vasconcelos (2004), a geração de tráfego produz os totais das linhas e colunas de uma matriz de deslocações.
- Distribuição de tráfego: é a previsão dos fluxos O/D. Pretende “distribuir” ou “ligar” os destinos das viagens zonais, ou seja, as produções e atracções para cada zona de maneira a prever o fluxo de saídas de cada zona de produção para cada zona de atracção. Para Vasconcelos (2004), são assim obtidos os elementos interiores da matriz.
- Distribuição modal: prevê as percentagens de fluxo de viagens de acordo com os modos de transporte alternativos, entre cada par O/D (Vasconcelos 2004).
- Atribuição de tráfego: tem como dados de entrada os volumes de tráfego entre pares O/D, procedendo à atribuição de cada tráfego efectuados nos diversos modos às redes correspondentes (Vasconcelos 2004).

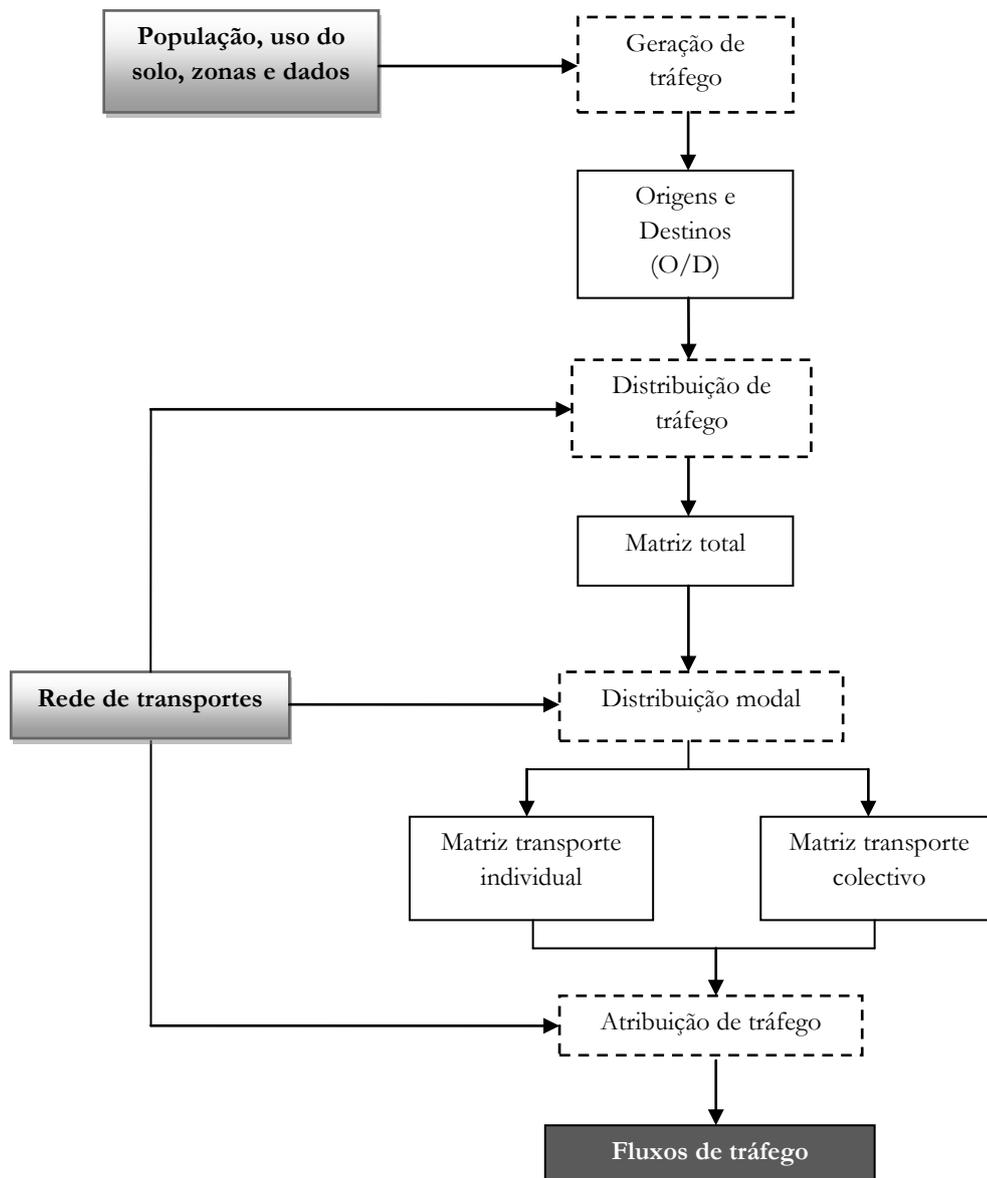


Figura 2.2 - Estrutura do modelo sequencial de quatro passos.

(Adaptado de Meyer e Miller (2001))

## ***Geração de tráfego***

De acordo com ICPSR (2010), todas as viagens têm associado um motivo. A nível individual terá pois um motivo, ir trabalhar, ir às compras, ir a uma consulta médica, lazer, etc. Apesar de existir um elevado número de motivos, podem ser classificados em três grupos:

- casa / trabalho: viagem de trabalho baseada em casa, segundo Ortúzar e Willumsen (1990) são viagens em que a casa do indivíduo que a realiza é a origem ou o destino;
- casa / para outro destino que não seja o trabalho: viagens não-trabalho baseadas em casa, por exemplo: as compras;
- viagem não baseada em casa, nem a origem nem o destino está no local da casa do indivíduo que a realiza: viagens não baseadas em casa (Ortúzar e Willumsen 1990).

As viagens baseadas em casa constituem a maioria das saídas das pessoas e são, constituem as saídas simples e as viagens direccionais, são conceptualmente mais fáceis de analisar e modelar Meyer e Miller (2001). Os modelos de geração têm por resultado o número de viagens produzidas, ou atraídas, por zona de tráfego, quer baseadas em casa ou não, como factores que influenciam a produção de viagens: renda, disponibilidade de automóvel, estrutura familiar, importância do uso do solo, acessibilidade, entre outros (Ortúzar e Willumsen 1990). Como factores que influenciam a atracção de viagens numa dada zona temos o número de empregos oferecidos e o nível de actividade comercial (figura 2.3). Assim:

- “Produção de viagens” refere-se à extremidade “casa” (origem ou destino) de uma saída baseada em casa ou a origem de uma saída não baseada em casa;
- “Atracção de viagens” refere-se à extremidade “não casa” (origem ou destino) de uma viagem baseada em casa ou o destino de uma viagem não baseada em casa.

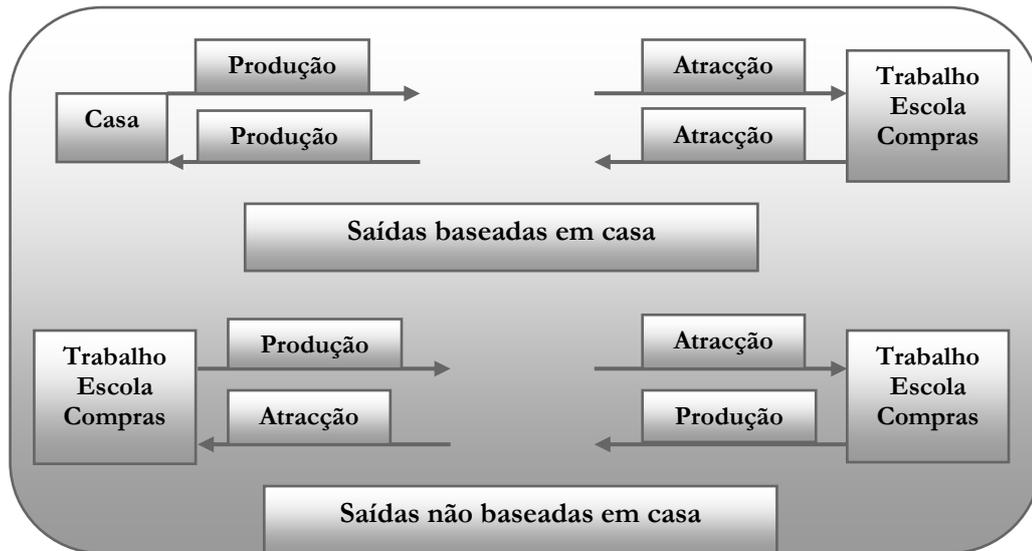


Figura 2.3 - Atração e produção de saídas baseadas ou não em casa.

(Adaptado de Ortúzar e Willumsen (1990))

### ***Distribuição de tráfego***

Distribuição de viagens originadas numa zona é feita contando as viagens para uma determinada zona. Essas distribuições determinam os movimentos interzonais (ICPSR 2010). Podem ser gerados diferentes tráfegos por períodos do dia (hora de pico), modo de transporte (individual, colectivo) e motivo de viagem (trabalho, escola, saúde, compras, etc.).

### ***Distribuição modal***

Estes modelos permitem simular essa distribuição por modos de transporte. Os factores que permitem a escolha do modo de transportes estão divididos em três grupos: características do utilizador (renda, estrutura familiar, disponibilidade de automóveis, nível cultural, entre outros); características da viagem (motivo da viagem, hora e dia em que a viagem é realizada, destino,

entre outros) e características do sistema de transportes (tempo de viagem, custo, condição de conforto, frequência, acessibilidade, entre outros) (Ortúzar e Willumsen 1990).

### ***Atribuição de tráfego***

O último passo do modelo tradicional de 4 etapas resulta da atribuição das matrizes de saídas obtidas nos diversos modos às redes correspondentes. Os dados de entrada no modelo são: a matriz de fluxos que indica os volumes de procura entre pares de origem e destino; uma rede composta por nós (interseções e centróides) e arcos (vias) e seus atributos; e por fim, princípios ou regras de selecção de rotas pertinentes ao problema em questão (Filho 2003). Fornece estimativas de fluxos de tráfego em vias estratégicas, tendo como principal objectivo a disponibilização de uma base de comparação de sistemas de transportes a médio e longo prazo.

Foram apontadas como principais fraquezas deste modelo o formato sequencial, a incapacidade de tratar cadeias de múltiplas viagens e a aplicação a níveis muito agregados, face ao custo da informação detalhada (Bates 2000). Embora o grau de utilização se tenha reduzido, Viegas (2000) refere que há ainda muitas circunstâncias em que é usado. Os motivos para tal prendem-se com a existência de aplicações informáticas de baixo custo que o implementam e a sua menor exigência de dados, relativamente a outros modelos de estimação da procura.

## **2.5. Tráfego origem/destino (O/D)**

Em estudos de transportes, a origem/destino (O/D) das viagens é fundamental por conter informações sobre o número de passageiros que transita ou a quantidade de mercadorias

transportadas entre as diferentes zonas. As viagens realizadas na área de estudo durante um período de tempo são contabilizadas no tráfego O/D, o qual pode ser obtido essencialmente de duas formas: sessões de inquéritos O/D complementados por contagens de tráfego, e estimativa baseada em contagens de tráfego (Silva et al. 2013).

### **2.5.1. Tráfego por inquérito**

Um inquérito de tráfego corresponde às origens e destinos (O/D) de viagens, permitindo obter informação complementar que não é possível recolher através de simples observação ou através de contagens de tráfego. Cascetta (1984) refere que um dos métodos consiste em estimar o número de viagens de cada zona directamente a partir de entrevistas domiciliares, entrevistas em locais da própria rede viária, monitorização de veículos, ou alguma combinação dos procedimentos mencionados. Para Silva et al. (2013) é um processo difícil e rigoroso, e para Abrahamsson (1998) é por vezes custosa de obter. Segundo Vasconcelos (2004), este método diminui a existência de erros, devendo ter em atenção os processos de amostragem de dados nos inquéritos e a definição das zonas de afectação de tráfego. Em zonas urbanas, este processo pode ainda impor perturbações à normal circulação do tráfego. Segundo o IMTT (2011b), os dados recolhidos nos inquéritos de tráfego permitem várias análises, por exemplo:

- linhas de desejo das deslocações rodoviárias, que correspondem às ligações preferenciais entre dois pontos da rede (O/D);
- repartição dos motivos das viagens (exemplo: pendular casa-trabalho, pendular casa-escola, compras e serviços, profissional, turismo e lazer).

### **2.5.2. Tráfego por contagem**

Segundo Abrahamsson (1998), tem sido objecto de intensa investigação o desenvolvimento e aplicação de metodologias para estimar tráfegos O/D a partir de contagens.

Na medição dos volumes de tráfego existe, as contagens directas manuais ou de forma automática são usadas especialmente se não for exigido o seguimento da trajectória dos veículos, como é usualmente o caso das viagens direccionais.

Este método usa dados históricos, normalmente tráfego O/D calculado anteriormente, pelo que a qualidade da estimativa depende quer da precisão das contagens quer da actualidade dos dados disponíveis, e claramente da adequação do modelo matemático à situação real. Nesse sentido, é vantajoso perceber o que leva um indivíduo a deslocar-se de determinada forma, ou seja, entender o processo de tomada de decisão dos indivíduos face aos transportes (Andrade 2000).

Para Cascetta (1984), em situações de análise operacional de um sistema viário já existente, em que não existem recursos suficientes para a recolha dos dados necessários à aplicação dos métodos mencionados, o número de viagens entre pares O/D pode ser estimado a partir de contagens de tráfego obtidas em diversos locais da rede viária. A vantagem deste método é que os volumes de tráfego podem ser obtidos de maneira relativamente simples e com menor custo. Para Silva et al. (2013), este método consiste em calcular o tráfego mais provável que, quando atribuída à rede, conduz à minimização do erro entre os fluxos observados e os modelados, sendo muito mais económica e prática, embora menos confiável. Segundo o IMTT 2011b, com base nas contagens de tráfego pode proceder-se à produção de análises relevantes, como por exemplo:

- estrutura de tráfego permite a identificação do tráfego de origem/destino (tráfego rodoviário cuja origem ou destino se encontra no perímetro de análise), tráfego de atravessamento (tráfego cuja origem e destino se encontram no exterior do perímetro de análise) e tráfego interno (tráfego cuja origem e destino se encontram no perímetro de análise). Esta análise pressupõe a observação conjunta dos resultados das contagens, dos conteúdos demográficos e sócio-económicos (população, emprego, actividades, motorização, etc.) e do estacionamento, do território delimitado (figura 2.4);

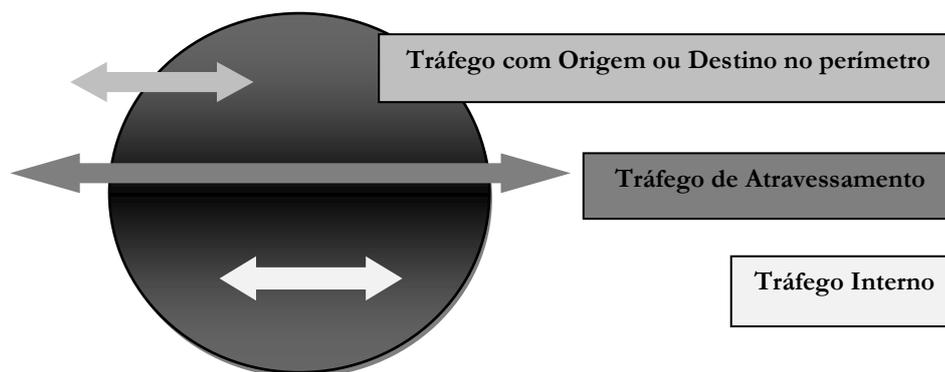


Figura 2.4 - Estrutura de tráfego.

Fonte: IMTT (2011b)

- estimativa das emissões poluentes (ruído e poluição atmosférica), efectuadas com base nos volumes de tráfego e das emissões genéricas de cada tipologia de veículo contado.

### **3. ANÁLISE DE TRÁFEGO DE PASSAGEIROS**

É neste capítulo que incide essencialmente o trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação. Com base em dados fornecidos, procurou-se obter a variação espacial de intensidade de tráfego no concelho de Coimbra. O ponto fundamental deste trabalho consistiu no uso de sistemas de informação geográfica (SIG) para a obtenção desses resultados, permitindo a sua apresentação em diversas formas em particular em forma de mapas.

#### **3.1. Interpretação dos dados**

Nesta secção faz-se uma descrição dos dados fornecidos. Estes encontravam-se no formato “*Excel*” e são constituídos por uma tabela principal e várias secundárias. Essas tabelas correspondem a uma amostra de aproximadamente 5 000 saídas e 22 000 viagens colhidas no concelho de Coimbra. Cada registo da tabela corresponde a uma viagem. As colunas dessa tabela correspondem a atributos dessas viagens, sendo de destacar:

- a saída a que pertence cada viagem, com identificador único;
- a ordem da viagem na cadeia de viagens correspondente à saída;
- motivo da viagem, trata-se de um campo numérico codificado;
- modo de transporte utilizado (tabela 3.2);

- quatro campos com as coordenadas cartográficas (“Datum 73”) da origem e destino de cada viagem;
- a tabela secundária é de descodificação, designadamente o motivo da viagem (tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Codificação e respectiva designação do motivo da viagem.

Motivo da viagem	Codificação
Para o trabalho	1
Para a escola	2
Regresso a casa	3
Compras	4
Actividade de lazer regular (e.g., ir à ginástica)	5
Actividade de lazer ocasional (e.g., ir ao cinema, teatro, ver uma exposição)	6
Buscar / Levar familiares ou amigos	7
Refeição	8
Assuntos de saúde / Ir ao médico	9
Assuntos pessoais	10
Motivos profissionais	11
Tratar de assuntos nos serviços públicos	12
Outros	13
Visitar familiar / amigo	14
Passear / Andar a pé/bicicleta	15
Regresso a casa dos pais (estudantes)	16
Trabalhos agrícolas (não remunerados)	17
Não sabe / Não responde	99

Tabela 3.2 - Designação do modo de transporte.

Modo de transporte
A pé
Bicicleta
TI (Transporte Individual)
TC (Transporte Colectivo)
TI + TC (intermodal)
Táxi
Transporte Empresa/Escola
Outros

### 3.2. Tratamento dos dados

Com vista à criação de um SIG, houve que fazer uma prévia preparação dos dados para a sua importação no ambiente SIG. Assim, aos nomes dos campos foram retirados os espaços; posteriormente exportaram-se a tabela principal e as tabelas auxiliares. Quanto à tabela original, esta originou duas “*feature class*” (“*FC*”) de pontos, a primeira usando as coordenadas das origens e a segunda usando as coordenadas dos destinos. Para tal foi usada a ferramenta “*Make XY Event Layer*” ficando as duas “*FC*” de pontos respectivamente designadas “*FC*” das origens e “*FC*” dos destinos, originando duas tabelas iguais.

### 3.3. O “*software*” SIG usado: “*ArcGIS*”

De seguida são apresentados alguns conceitos relativos aos SIG, em particular o ambiente usado neste trabalho, o “*ArcGIS Desktop*”.

O “*ArcGIS Desktop*” possui duas partes essenciais: o “*ArcCatalog*”, aplicação que permite a gestão de informação geográfica, ligação a bases de dados externas e produção/visualização de metadados; o “*ArcMap*”, interface gráfico no sentido em que permite apresentar a informação na forma de mapas virtuais, sendo também o ambiente interactivo de maior uso da sua manipulação.

A “*geodatabase*” constitui o repositório de toda a informação espacial utilizada neste trabalho. Os dados espaciais com características semelhantes foram agrupados em “*datasets*”, tendo essencialmente em comum o facto de se encontrarem todas no mesmo sistema de projecção. Dentro de cada “*dataset*” existe um conjunto de “*FC*” representando um conjunto de objectos com geometria igual, tendo associados uma tabela de atributos comum. Contudo, usamos uma definição mais abrangente do conceito de “*FC*”, englobando a “*FC*” propriamente dita, “*feature layer*”, “*feature set*”, etc., ou seja conjuntos de objectos (“*feature*”) de natureza vectorial associados a uma tabela de atributos. Designamos aqui por esquema (“*scheme*”) o conjunto de

atributos de uma tabela. Cada registo da tabela corresponde a um objecto e as colunas correspondem aos atributos desses mesmos objectos.

A manipulação da informação é feita através de pequenas rotinas (“*scripts*”) e ferramentas SIG (“*tools*”), que podem ser usados no “*ArcCatalog*” e “*ArcMap*”. Essas ferramentas estão agrupadas em “pastas”, ou caixas de ferramentas “*toolbox*”. O “*ArcGIS Desktop*” oferece aproximadamente 200 ferramentas padrão; permitindo também ao utilizador a implementação de novas ferramentas, por exemplo na forma “*scripts*”. Neste trabalho foram utilizadas ferramentas de ambos os tipos. De entre as ferramentas padrão são de realçar as seguintes:

- O “*Spatial join*” (junção espacial) conta pontos dentro de polígonos ou segmentos. Cria uma tabela de junção em que os campos da tabela de atributos de uma camada (“*layer*” - “separação lógica de informação cartográfica de acordo com o tema” (Burrough 1986)) são acrescentados à tabela atributo de uma outra camada com base nas posições relativas dos recursos nas duas camadas. A operação de junção descreve regras de cardinalidade associadas com os recursos correspondentes durante a união. Um para um (1:1), significa que uma linha da tabela A não pode ter mais de uma linha correspondente na tabela B e vice-versa. É criada uma relação 1:1 se ambas as colunas relacionadas forem chaves primárias (o atributo ou atributos têm um valor único para qualquer tuplo da relação) ou tiverem restrições exclusivas. Um para muitos (1:n), significa que uma linha da tabela A pode ter várias linhas correspondentes na tabela B, mas uma linha da tabela B só pode ter uma linha correspondente na tabela A;
- O “*join*” de atributos, ao qual corresponde mais do que uma ferramenta, implementa fundamentalmente a operação de junção da álgebra relacional. Trata-se de uma operação entre um par de tabela, tendo como resultado uma tabela cujo esquema é a união dos esquemas das tabelas operandas. Ambos os operandos deverão ter pelo menos um campo comum, aqui designado por chave estrangeira (“*foreign key*”). Em princípio, cada linha da tabela resultado é a concatenação de duas linhas, uma de cada operando, com o mesmo valor na chave estrangeira. Existem duas variantes: a externa e a interna. Na interna somente aparecem no resultado as linhas com o mesmo valor da chave estrangeira em ambos os operandos, na externa todos os

valores da chave estrangeira em ambos os operandos aparecem no resultado. No contexto do “*ArcGIS Desktop*”, e se for caso disso, a geometria do resultado é a geometria do primeiro operando. Por outro lado é conveniente que a chave estrangeira seja chave candidata do segundo operando, por outras palavras é conveniente que a relação entre as tabelas seja do tipo n:1 (muitos para um). Uma chave candidata de uma tabela é um atributo ou conjunto de atributos que permitem identificar de forma unívoca qualquer tuplo (linha) dessa tabela (não se repete). Outra restrição do “*ArcGIS Desktop*” consiste no facto de a chave estrangeira corresponder a um único atributo ao contrário do que acontece na álgebra relacional da teoria das bases de dados;

- O “*summary statistics*” calcula as estatísticas de resumo para o campo (s) de uma tabela. Definindo: o “*statistics field*”: contém os valores de atributos utilizados para calcular a estatística especificada, o “*statistic type*”: tipo de estatística: soma, média, mínimo e máximo, etc. e o “*case field*”: calcula as estatísticas separadamente para cada valor de atributo único (ou a combinação dos valores de atributos quando os campos são especificados vários);
- O “*frequency*” cria uma lista das ocorrências de código único e sua frequência para um determinado conjunto de itens em uma tabela. Definindo: o “*frequency field*”: campos que serão utilizados para calcular as estatísticas de frequência, o “*summary field*”: campos para somar e acrescentar à tabela de saída. Os valores nulos são excluídos deste cálculo;
- O “*merge*” corresponde à união dos objectos de duas “*FC*” com a mesma geometria. Em princípio, procede também à união dos respectivos esquemas, embora o “*ArcGIS*” permita definir o esquema do resultado da operação, com base nos esquemas dos operandos;
- O “*dissolve*” agrega (dissolve) objectos de uma “*FC*” de acordo com os valores num ou mais atributos (“*case*”);
- O “*query builder*” restringe uma tabela ou uma “*FC*” a uma sua parte cujos valores de certos atributos respeitam uma expressão, no caso do “*ArcGIS Desktop*” em linguagem “*SQL*”. Desfeita a restrição surge a tabela ou “*FC*” original (ESRI 2009).

### 3.4. Processamento dos dados

Os dados usados neste SIG foram colocados no sistema de projecção cartográfica “*WGS84 - UTM 29N*”, usou-se assim um sistema global.

Partindo da tabela referente às saídas, uma vez que contém coordenadas X e Y de origens e destinos das viagens, foram criadas duas “*FC*” de pontos, uma designada de “*FC*” das origens em que os pontos correspondem às origens das viagens e outra “*FC*” dos destinos que corresponde aos destinos das viagens. Para tal foi usada a ferramenta “*Make XY Event Layer*”. Como os dados existentes na tabela encontravam-se no “*Datum 73*” foram, através do uso da ferramenta “*project*” convertidos para o sistema de projecção cartográfica “*WGS84 - UTM 29N*”.

Depois de tratada a informação no sentido da criação de um SIG, recorreu-se a sequências de operações como as descritas no ponto 3.3 de modo a chegar-se ao objectivo proposto. No sentido de garantir a integridade dos dados originais, mas também no sentido de armazenamento, nas várias sequências de operações efectuadas, os sucessivos resultados parciais foram guardados em “*FC*” auxiliares. Esta forma de proceder foi particularmente usada a propósito de certas operações de junção e também operações em que se usou o “*query builder*”.

As análises que vão ser apresentadas nas secções 3.7 e 3.8, só aparecem resultados das quadrículas que existem valor, ou seja, “calha” uma origem ou um destino de pelo menos uma viagem.

### 3.5. Zonamento adoptado

Para a realização deste trabalho, foi fornecido uma “*FC*” com uma grelha regular (“*mesh*”) de 200/200m, que cobre todo o concelho de Coimbra. A figura 3.1 apresenta uma parte da grelha original, antes de se fazer a adaptação ao polígono representativo do concelho.

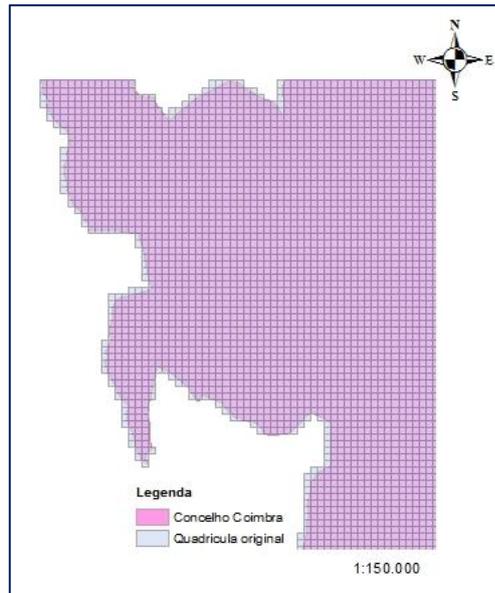


Figura 3.1 - Parte da grelha original.

Para um maior rigor, adaptou-se a grelha o mais possível ao concelho tendo-se para isso efectuado as seguintes operações:

- Criação na “FC” das quadrículas de um campo que sirva de chave primária (copiou-se o campo “*object ID*” (campo de identificador único));
- Usando o “*selection by location*” selecciona-se as quadrículas que interceptam o concelho de Coimbra (utilizando a “FC” com o polígono do concelho de Coimbra);
- O resultado é guardado numa “FC” à parte, designada “FCa”;
- Seguidamente usando a ferramenta “*clip*” sobre a “FCa”, esta é recortada de acordo, novamente com a “FC” do concelho de Coimbra. Assim as quadrículas de fronteira de “FCa” ficam cortadas, obtendo-se as áreas das “quadrículas” que foram cortadas. O resultado é guardado na “FCb”;
- Na “FCb” selecciona-se as “quadrículas” com área inferior a metade da área de uma quadrícula, ou seja  $20\,000\text{m}^2$  e eliminam-se;
- Fazendo agora a junção interna da “FCa” com a “FCb”, pelo campo chave primária acima criado, obtém-se o resultado apresentado na figura 3.2. foi esta a “*mescb*” usada neste trabalho.

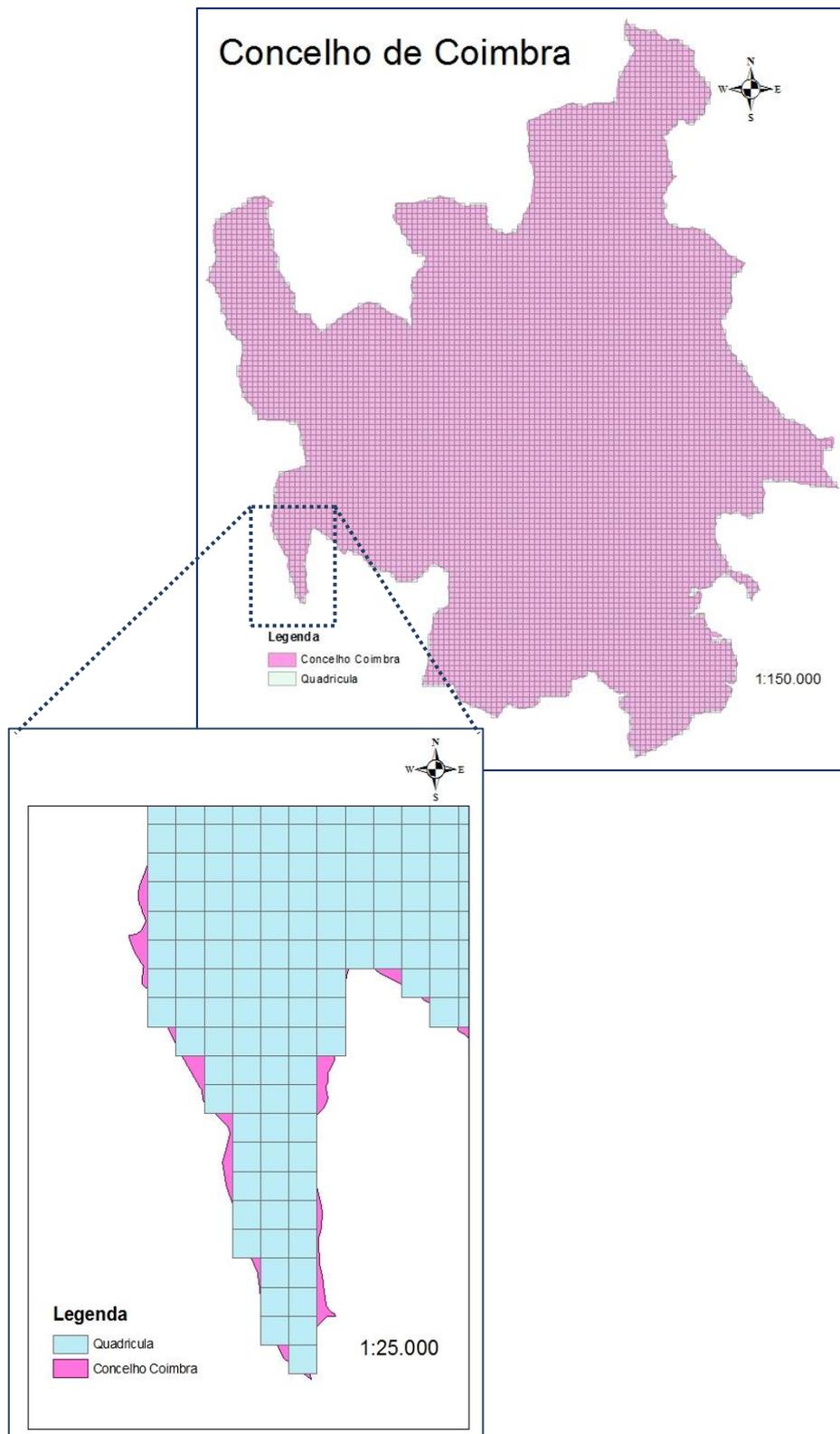


Figura 3.2 - Resultado final do ficheiro das quadrículas.

### 3.6. Distribuição populacional e dimensão dos movimentos

Na figura 3.3 é possível visualizar as zonas com maior densidade populacional. Descreveram-se a seguir os vários passos do procedimento para a obtenção deste mapa:

- Existe uma “FC” com as subsecções estatísticas dos censos de 2001, que contém a informação da população em cada subsecção, bem como a área de cada subsecção;
- Utilizando o “clip” da “mesh” com as subsecções, esta é recortada de acordo com as subsecções. Como algumas quadrículas interseptam mais do que uma subsecção, essas quadrículas são divididas por essas subsecções. O resultado é guardado na “FCc”;
- Da “FCc” é obtida uma “FC” de pontos (mas com o mesmo esquema), pontos esses que são os centroides dos polígonos da “FCc” (ferramenta “feature to point”), origina a “FCd”;
- Na “FCd” abre-se um campo “área” no qual, após junção com a “FCc” são colocadas as áreas dos polígonos a que os centroides pertencem. Depois de copiadas as área a junção é desfeita. Na “FCd” abre-se um campo a que chamamos “POP”. Segue-se uma junção espacial (do tipo “contain”) entre a “FCd” e a “FC” das subsecções, origina “FCe”;
- O campo “POP” é calculado de acordo com a fórmula:

$$\frac{\text{área da subsecção que "calha" em cada quadrícula}}{\text{área da subsecção}} * \text{população da subsecção}$$

- Usando a ferramenta “dissolve” segundo o campo chave sobre “FCe”, obtém-se as somas das populações associadas aos centroides de cada quadrícula da “mesh”. Resulta a “FCP”;
- Esses valores de populações são passadas para um campo apropriado da “mesh” após junção desta com a “FCP” pela chave candidata (“mesh”).

Desfeita esta última junção a após aplicação de simbologia adequada obtém-se a figura 3.3. Não é obrigatório as quadriculas terem todas a mesma área no entanto o facto de ter a mesma área facilita não só esta mas todas as operações.

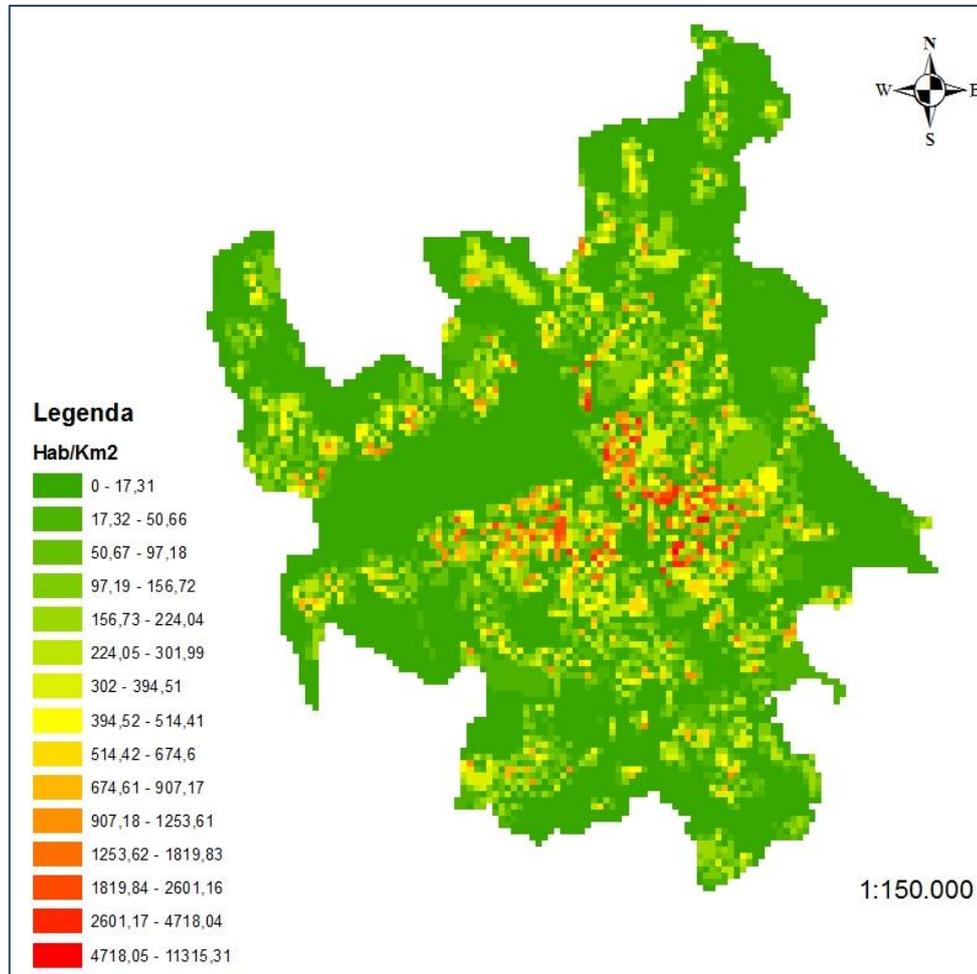


Figura 3.3 - Densidade populacional.

Dos resultados que se obtiveram, destacam-se as seguintes zonas urbanas da cidade de Coimbra: Alta, Baixa, Celas, Bencanta, São Martinho do Bispo e Santa Clara com maior densidade populacional.

Usando a “FC” dos destinos (a das origens também servia) obteve-se a distribuição dos números de viagens das saídas. Para tal a figura 3.4 foi obtida com recurso à ferramenta “*summary statistics*” (com a chave das saídas a servir de “*case*” e por contagem dos valores do campo que indica a ordem da viagem em cada saída). Observa-se que existe uma grande percentagem de saídas com uma ou duas viagens, sendo estas, como foi referido atrás, mais fáceis de manipular. Este facto deve-se porque nas saídas com uma ou duas viagens conhece-se logo o motivo que originou a viagem, assim sendo, quanto mais viagens a saída tiver mais difícil se torna conhecer o motivo que originou a saída.

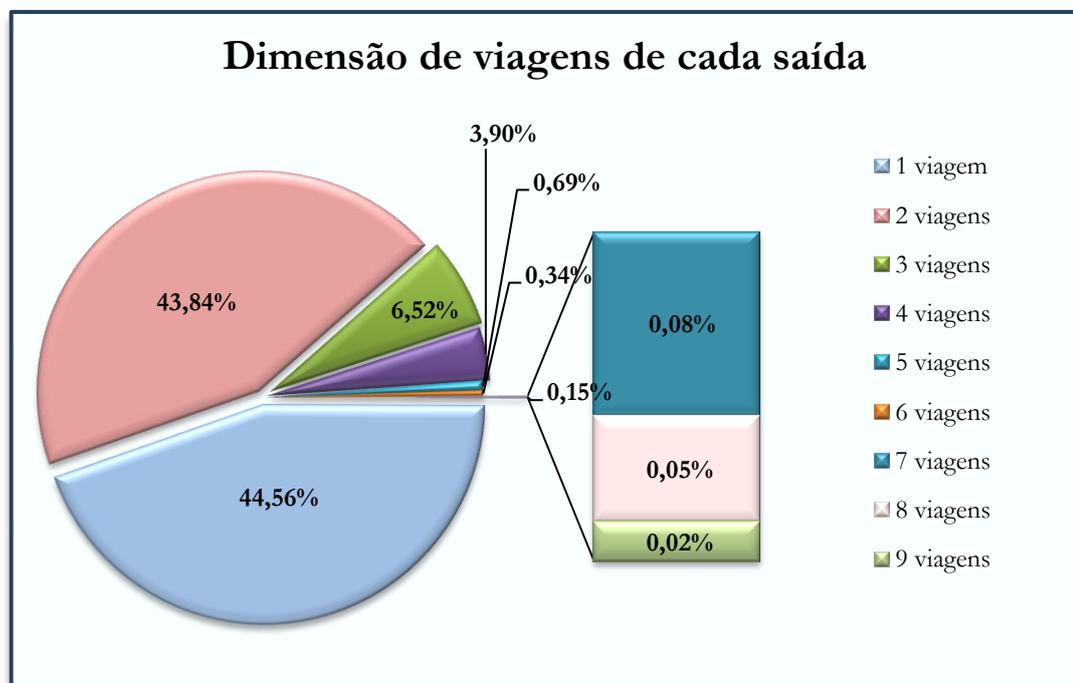


Figura 3.4 - Percentagem das saídas de acordo com o total de viagens.

### 3.7. Geração de tráfegos

Para obter os pontos de geração de tráfego usou-se a “FC” das origens. Para tal basta seleccionar nessa “FC” as linhas correspondentes às primeiras viagens de cada saída. Obtém-se uma “FC” que se designa por “FCa”. Seguidamente trata-se de contagens que “calham” em cada quadrícula da “*mesh*”. Fez-se também a segregação nessa contagem por modos: TI e outros modos. Para tal:

- Usando a ferramenta “*spatial join*” (do tipo “*contain*”), obtém-se uma “FCb” em que a cada ponto da “FCa” faz corresponder a quadrícula em que esse ponto se situa, “FCc”;
- Usando agora esta “FCc” abriu-se um campo “TI” com valor 1, se modo transporte agregado for TI e 0 se não for TI. Esse campo “TI” foi calculado com recurso ao “*scrip*” com código “VBA”, figura 3.5, onde a coluna “*Modo\_transp\_agregado*” identifica os diferentes modos de transporte utilizados nas saídas;

```
dim aux as double
if [Modo_transp_agregado]="TI" then
    aux=1
else
    aux=0
end if
```

Figura 3.5 - Código “VBA” para atribuição de valores à coluna “*Modo\_transp\_agregado*”.

- De seguida com recurso ao “*summary statistics*” (com o campo da chave da “*mesh*” na função de “*case*”) fez-se a contagem do numero de pontos da “FCc” de cada quadrícula com TI igual a 0 e 1. Obtém-se a tabela A;

- Em último lugar faz-se a junção da “*mesh*” com a tabela A pelo campo chave da quadrícula;
- Ficamos com uma “FC” de polígonos, onde em cada quadrícula se sabe quantas saídas em modo TI e outros modos foram efectuadas;
- Com base nessa “FC” obteve-se a figura 3.6 relativo ao TI e 3.7 a outros modos de transporte.

Na figura 3.6 é possível visualizar a percentagem de uso em cada quadrícula com TI, sendo que a cor amarela representa pouca ou nenhuma incidência do uso do TI, e a cor azul representa grande parte ou total incidência do TI.

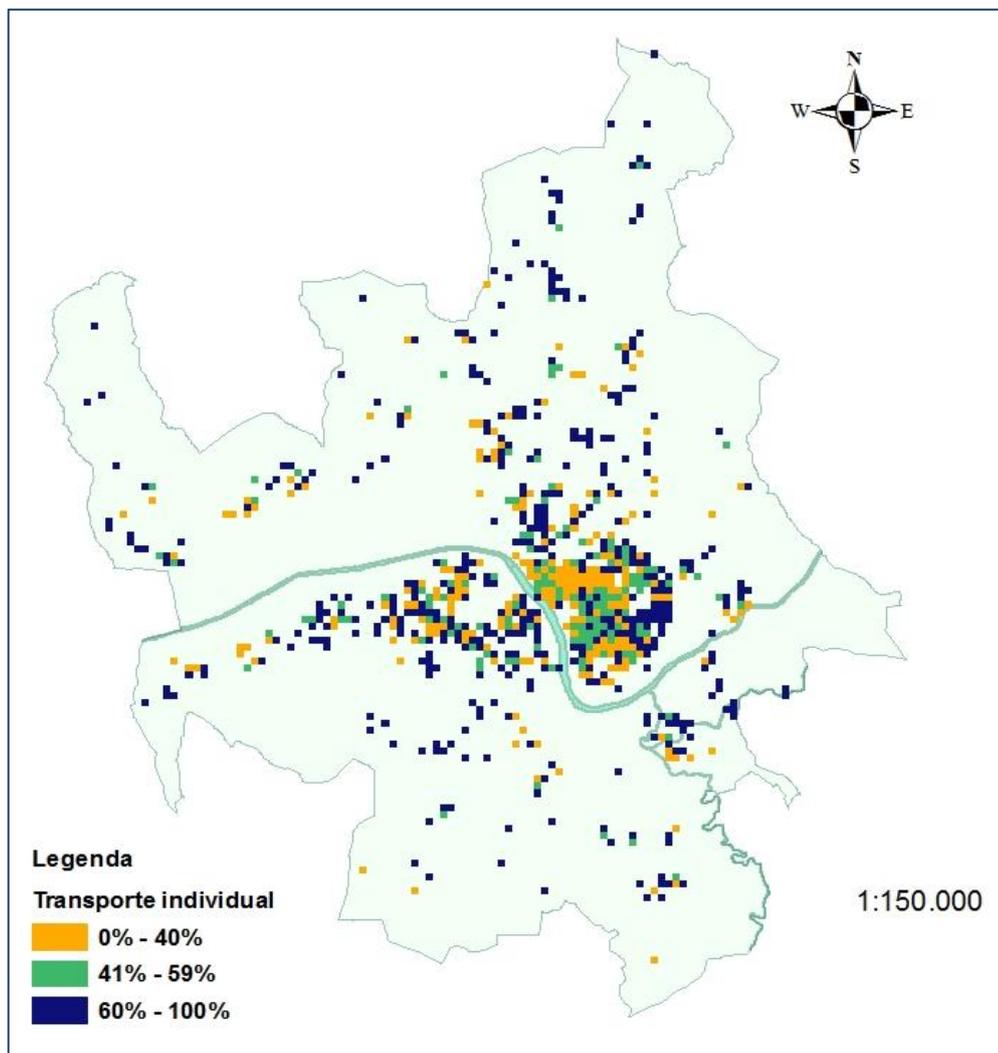


Figura 3.6 - Incidência do uso de TI (origens).

Através da figura 3.7 é possível visualizar a percentagem de uso em cada quadrícula com outros modos: a cor amarela representa pouca ou nenhuma incidência do uso de outros modos de transporte, e a cor azul representa grande parte ou total de incidência dos outros modos de transporte, como por exemplo o autocarro, comboio, a pé, etc.

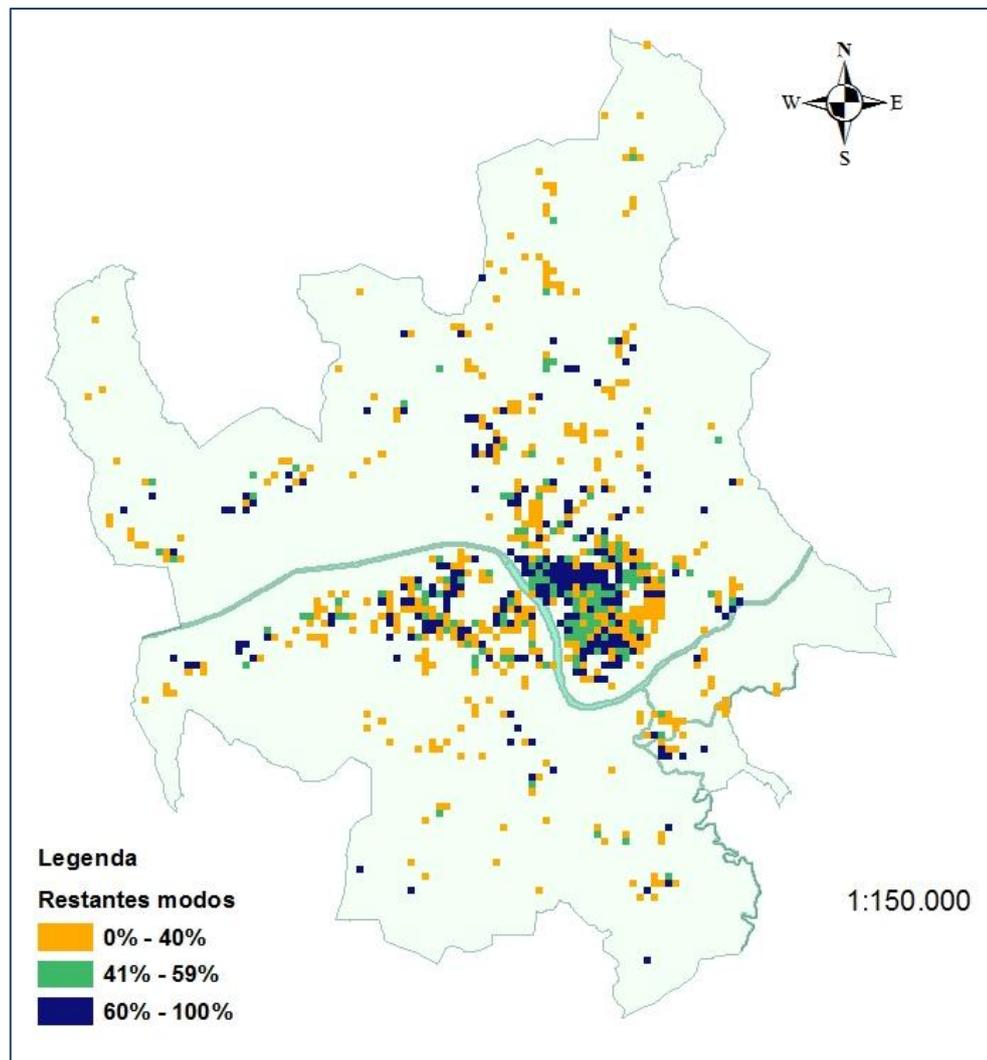


Figura 3.7 - Incidência do uso dos restantes modos (origens).

Nas áreas metropolitanas a necessidade de deslocação é uma realidade resultante do progressivo afastamento entre os locais de residência e os locais de trabalho ou estudo da sua população residente. Das figuras 3.6 e 3.7 verifica-se que as percentagens de uso de TI e outros modos de transportes são idênticas em algumas zonas do centro da cidade (cor verde),

verificando-se também nalgumas zonas da cidade a elevada percentagem do uso dos restantes modos. É de notar o uso considerável do TI na periferia da cidade e também em zonas do centro da cidade.

Para uma melhor percepção das zonas onde se utiliza mais o modo individual do que os restantes modos, tentou-se fazer uma comparação entre os dois modos da seguinte forma na “FCc” criou-se um campo com as diferenças entre o TI e os outros modos. Essas diferenças foram colocadas na escala de “-1 a 1”, em que -1 indica 100% de uso de outros modos e 1 indica 100% de uso do TI. Obteve-se assim a figura 3.8.

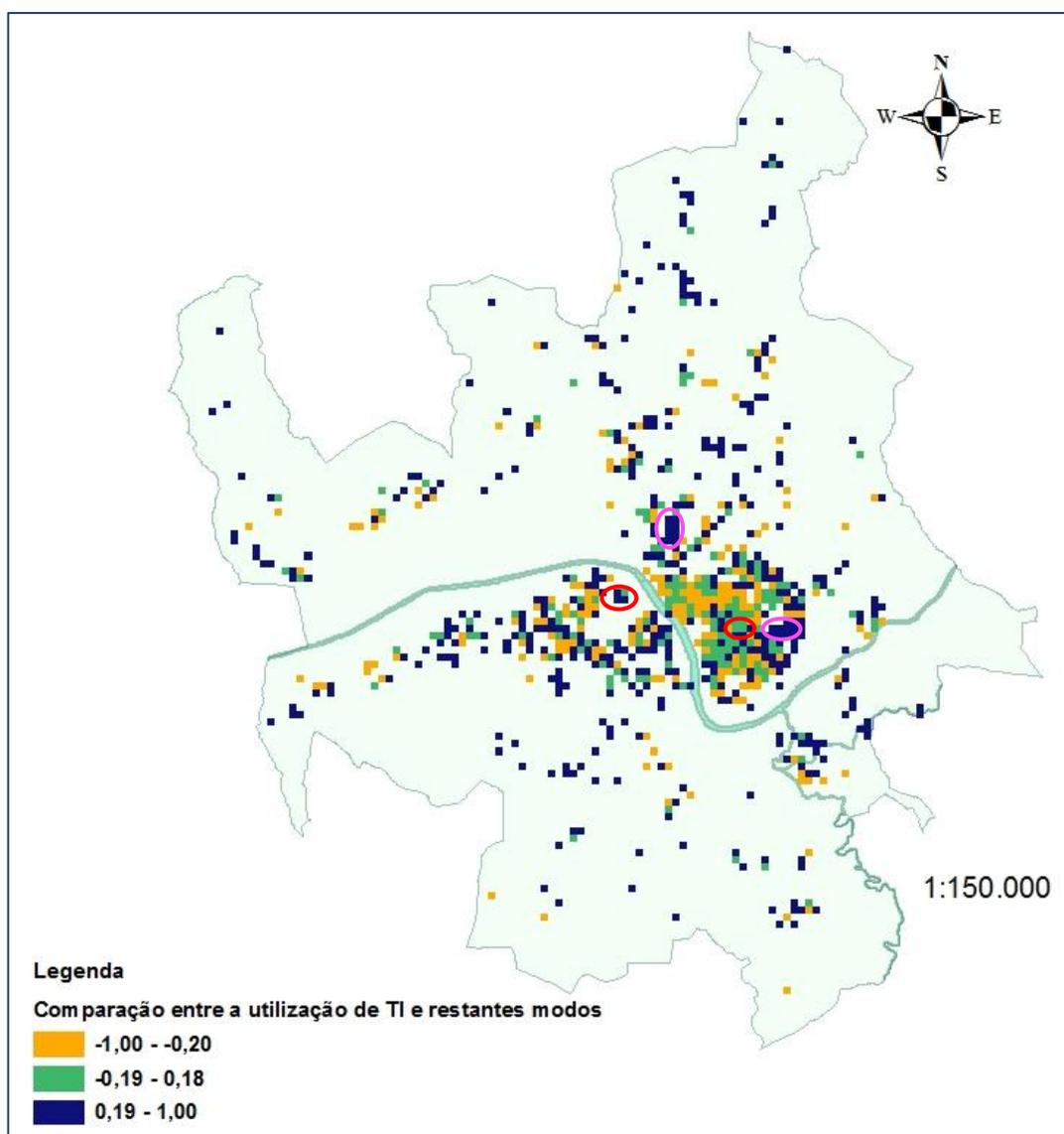


Figura 3.8 - Relação entre o uso de TI e restantes modos.

Pode verificar-se na figura 3.8 que no “miolo”, apesar de se equiparar aproximadamente ao transporte colectivo, o TI parece excessivo. Verifica-se também em relação ao TI, a preferência na periferia do concelho. No entanto existem algumas excepções que podem merecer um estudo mais aprofundado ao nível socioeconómico. No caso do Fórum e do Dolce Vita (círculos a vermelho) o elevado uso de TI para compras, sugere boa adequação dos dados. É de salientar nas zonas residenciais como por exemplo o Bairro Camarário do Ingote e a Zona da Solum (círculos a rosa) o uso do TI para o trabalho.

### 3.8. Análise dos tráfegos

Para esta análise, calculou-se a percentagem dos motivos que estão associados às viagens, para se ter uma percepção dos motivos mais importantes, ou seja, os que geram mais viagens. Para isso utilizou-se a tabela dos destinos de todas as saídas, utilizando o “frequency” pelo motivo, obtendo-se os totais dos motivos.

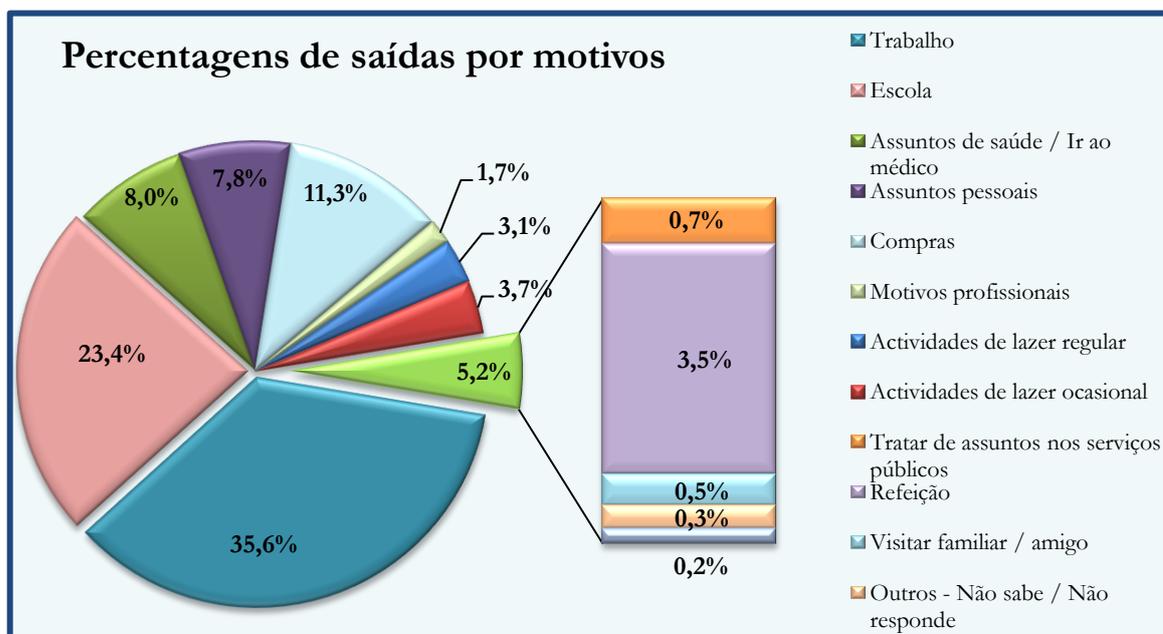


Figura 3.9 - Percentagens dos motivos das viagens.

Através da análise da figura 3.9, verifica-se que os principais motivos que originam movimentos em Coimbra são o trabalho e escola. Sendo que os motivos como a saúde, assuntos pessoais e as compras também originam muitos movimentos. Estes motivos serão estudados mais à frente com mais pormenor. Para a análise dos motivos de tráfego foram adotadas duas abordagens:

- Na primeira abordagem, utilizaram-se os motivos das viagens independentemente das saídas a que corresponde.
- Na segunda abordagem procurou-se eleger para cada saída um motivo associado, será aquele que se considerou o mais importante.

Na “FC” original das saídas contendo todas as viagens, foram considerados muitos motivos mas neste trabalho considerou-se quatro grupos fundamentais. Tanto na “FC” das origens como na dos destinos foram criados campos nos quais foram atribuídos valores de forma a fazer corresponder a cada viagem a seguinte codificação:

- 1 – Trabalho;
- 2 – Escola;
- 3 – Saúde;
- 4 – “Outros motivos”.

### **3.8.1. Primeira abordagem (mais simples)**

Para esta abordagem o estudo é efectuado ao nível das viagens, ou seja são utilizadas todas as viagens efectuadas nas saídas:

- Usando a ferramenta “*spatial join*” (do tipo “*contain*”) entre a “FC” dos destinos e a “*mesh*”;

- De seguida o “*dissolve*” por chave da quadrícula e motivo, onde no “*statistics field*” é colocado o “*count*” do motivo, obtém-se uma “*FC*” com os totais de cada motivo em cada quadrícula;
- Com selecções sucessivas por motivos foram criadas quatro “*mesh*” distintas com as percentagens de incidência de cada motivo;
- Foi com base nessas quatro “*mesh*” que se obtiveram as figuras 3.10 à 3.13.

A figura 3.10 identifica as zonas por percentagem de deslocações por motivo trabalho, sendo o amarelo representa algumas saídas com motivo trabalho, e a azul representam as zonas onde a grande parte ou a totalidade dos movimentos é por motivo trabalho.

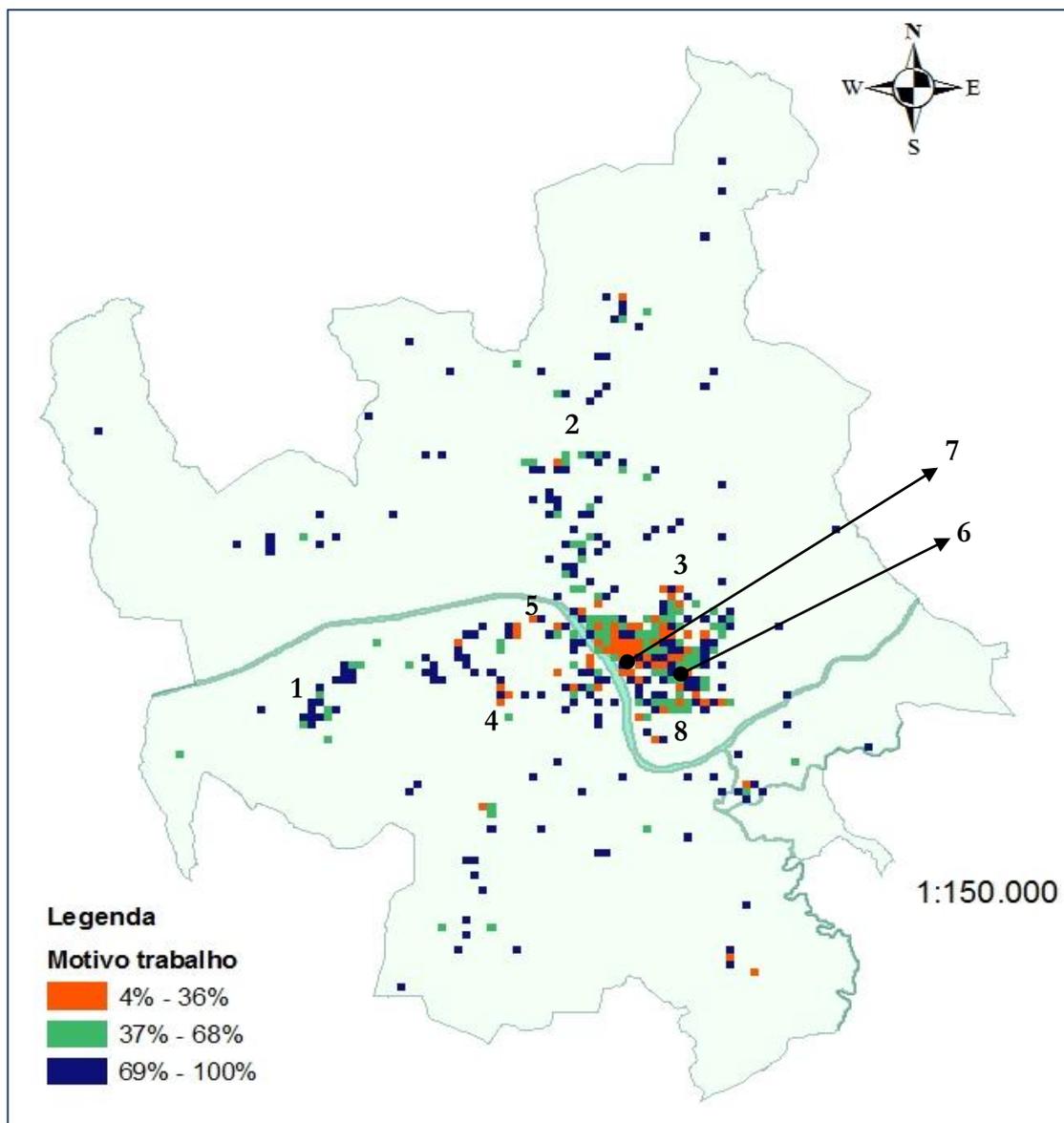


Figura 3.10 - Incidência do uso com motivo trabalho (por viagem).

Para detalhar com mais pormenor zonas fornecedoras de trabalho, identificam-se na tabela 3.3 e figura 3.10 essas mesmas zonas. Pode verificar-se como pólos atractores mais importantes os hospitais (cerca de 10% viagens) e zonas de comércio/industriais (cerca de 41%, nestas zonas são englobados o Fórum, Dolce Vita, CoimbraShopping, zona Industrial de Eiras, e principalmente a Baixa de Coimbra com cerca de 24% das viagens), etc. Existindo também a universidade e o instituto politécnico, tendo cerca de 10% das viagens efectuadas.

Tabela 3.3 - Legenda das zonas de trabalho.

Nº	Zona
1	Retail parque
2	Zona Industrial de Eiras
3	Hospital Central da Universidade de Coimbra
4	Hospital dos Covões
5	Fórum
6	Dolce Vita
7	Baixa de Coimbra
8	CoimbraShopping

A figura 3.11 identifica as zonas por percentagem de deslocações com motivo escola, sendo que a cor de laranja se representam as zonas com poucos ou nenhuns movimentos com motivo escola, e a azul as zonas onde a grande parte ou a totalidade dos movimentos é por motivo escola.

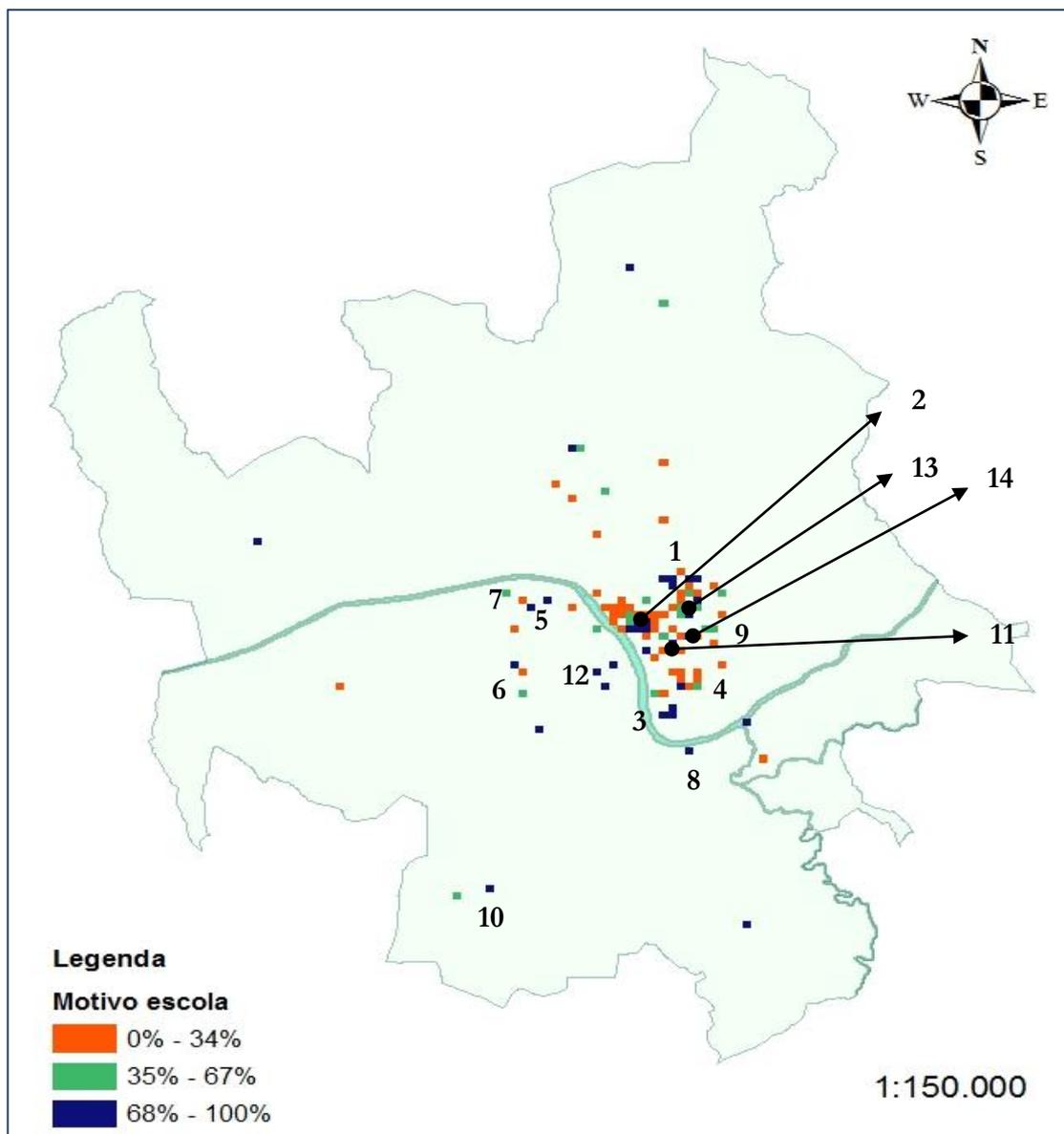


Figura 3.11 - Incidência do uso com motivo escola (por viagem).

Usando estratégia similar à anterior, pode verificar-se os pólos atractores para este motivo nos quais se encontram na tabela 3.4 e da figura 3.11. Como principal pólo surge a Universidade de Coimbra (UC) (cerca de 48% das viagens) logo seguido do Instituto Politécnico de Coimbra (cerca de 20% das viagens), Escola Secundária José Falcão (cerca de 10%), Escola Secundária Avelar Brotero (cerca de 9%) e outros estabelecimentos de ensino.

Tabela 3.4 - Legenda das zonas de escolas.

Nº	Zona
1	Pólo III da UC
2	Pólo I da UC
3	Pólo II da UC
4	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
5	Escola Superior Agrária de Coimbra
6	Escola Superior de Tecnologia de Saúde de Coimbra Escola Superior de Enfermagem de Coimbra
7	Instituto Superior Bissaya Barreto
8	Escola Universitária Vasco da Gama
9	Escola Superior de Educação de Coimbra
10	Colégio da Imaculada Conceição
11	Colégio Rainha Santa Isabel
12	Escola Secundária Dom Duarte
13	Escola Secundária José Falcão
14	Escola Secundária Avelar Brotero

Na figura 3.12 resume o estudo relativo ao motivo de saúde: a cor de laranja representa zonas com poucos ou nenhuns movimentos para este motivo, e a azul representam-se as zonas onde a grande parte ou a totalidade dos movimentos é por motivo de saúde.

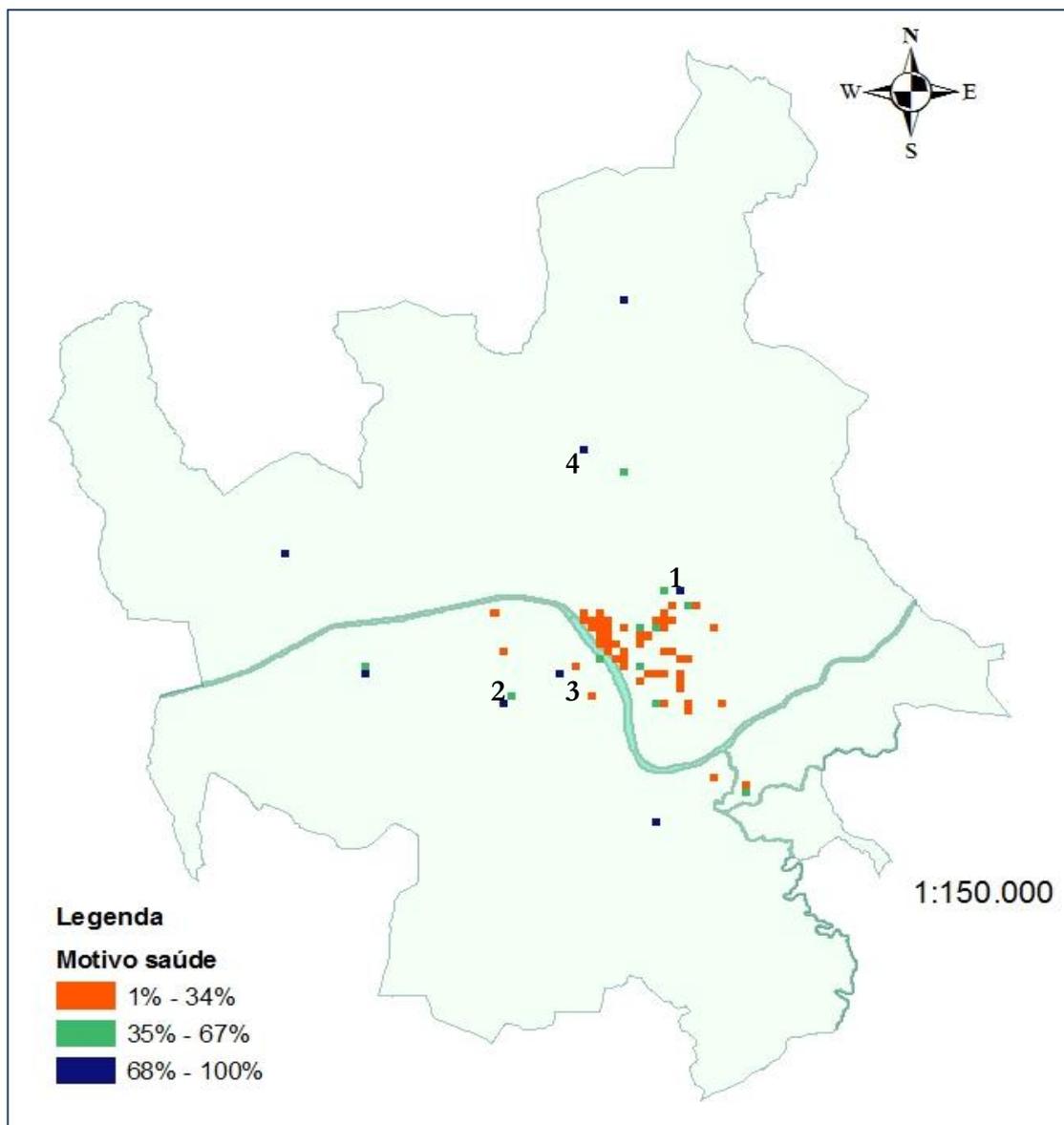


Figura 3.12 - Incidência do uso com motivo saúde (viagem).

Da observação da figura 3.12 e tabela 3.5 verifica-se que os pólos atratores pelo motivo saúde são os Hospitais Central da Universidade de Coimbra (37% das viagens) e o Hospital dos Covões (22% das viagens). Verifica-se também alguma dispersão de pólos atratores, provavelmente resultantes de clínicas e consultórios particulares, só na Baixa de Coimbra existe cerca de 12% de viagens com motivo saúde.

Tabela 3.5 - Legenda das zonas de saúde

Nº	Zonas
1	Hospital Central da Universidade de Coimbra
2	Hospital dos Covões
3	Centro de saúde (L. Afonso) – São Martinho do Bispo
4	Centro de Enfermagem e Reabilitação de Santa Apolónia Lda.

A figura 3.13 identifica as zonas por percentagem de deslocações com “outros motivos”, a cor de laranja representa alguns movimentos com “outros motivos”: refeição, assuntos pessoais, etc., e a azul representa zonas onde a grande parte ou a totalidade desses movimentos têm “outros motivos”.

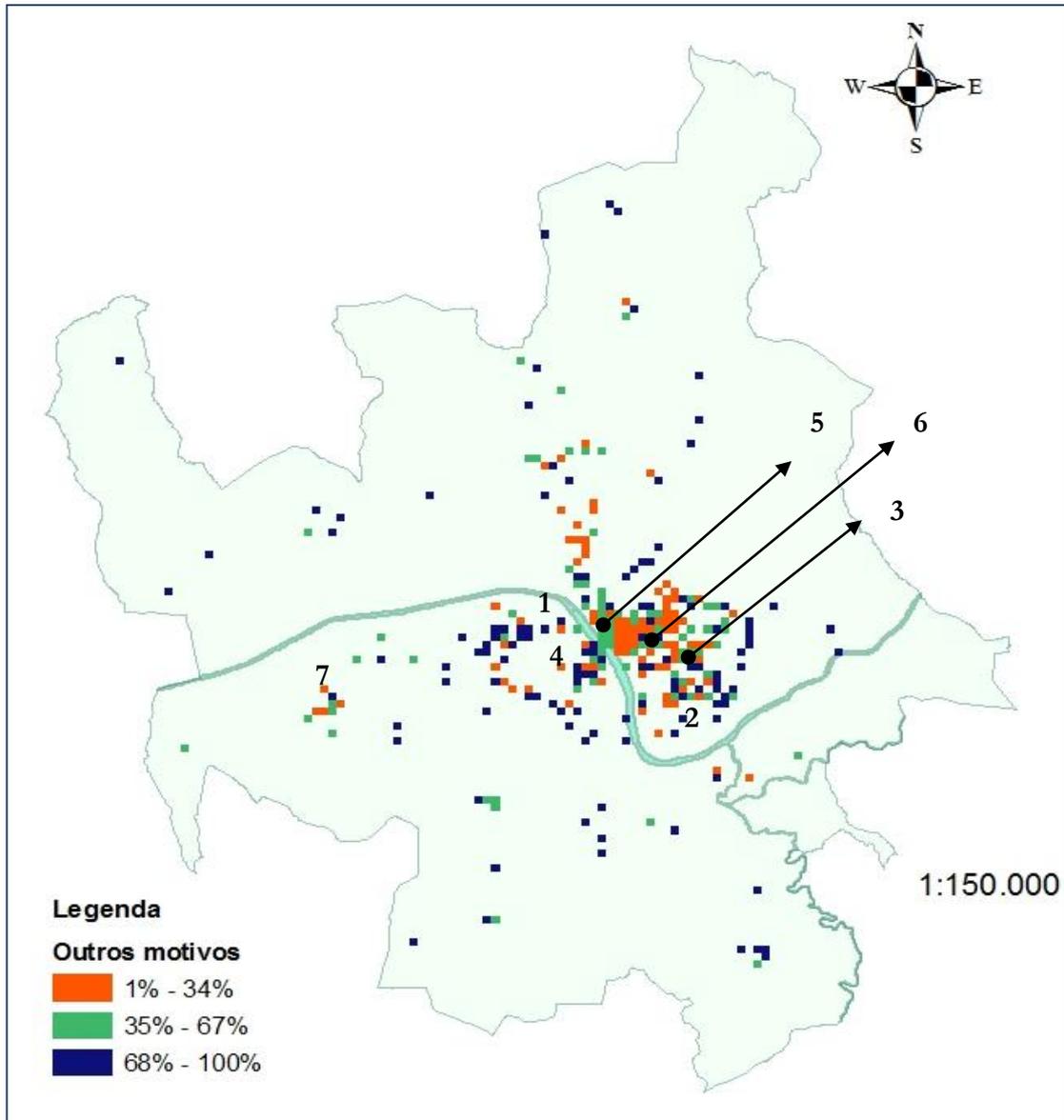


Figura 3.13 - Incidência do uso com “outros motivos” (viagem).

Para “outros motivos”, na figura 3.13 e na tabela 3.6 verificam-se que os pólos atratores são a Baixa da cidade de Coimbra, para assuntos pessoais e serviços públicos, os centros comerciais (compras e refeição) e pavilhões e estádios (actividades de lazer regular/ocasional).

Tabela 3.6 - Legenda das zonas com “outros motivos”.

Nº	Zona	Motivo
1	Fórum	Compras e refeição
2	CoimbraShopping	Compras e refeição
		Assuntos pessoais
3	Dolce Vita	Compras e refeição
	Pavilhão Multidesportos Dr. Mário Mexia	Actividade de lazer regular/ocasional
4	Estádio Universitário de Coimbra	Actividade de lazer regular/ocasional
		Tratar de assuntos nos serviços públicos
5	Baixa de Coimbra	Compras
		Assuntos pessoais
		Refeição
6	Sé Nova	Actividade de lazer regular/ocasional
		Compras
7	Retail Parque	Compras

### 3.8.2. Segunda abordagem

Esta abordagem baseia-se fundamentalmente nas saídas, ou seja, é eleito o motivo que originou o movimento. Esse motivo encontra-se numa das viagens que constitui a saída. Assim sendo, e tendo como base a tabela secundária de decodificação dos motivos das viagens (tabela 3.1), admitiu-se uma tabela de motivos de saídas, designada “prioritária”, ou seja, quanto menor o número atribuído a um motivo, maior a probabilidade de ser esse o motivo que originou uma saída. Considerou-se que o motivo trabalho era mais importante que o da escola, e muito mais importante do que por exemplo as compras. É possível ver na tabela 3.7 a atribuição dessa “prioridade”.

Tabela 3.7 - “Prioridade” atribuída aos motivos das saídas.

1. Trabalho
  2. Escola
  3. Assuntos de saúde / Ir ao médico
  4. Motivos profissionais
  5. Assuntos pessoais
  6. Trabalhos agrícolas
  7. Tratar de assuntos nos serviços públicos
  8. Compras
  9. Actividades de lazer regular
  10. Actividades de lazer ocasional
  11. Refeição
  12. Visitar familiar / amigo
  13. Passear / Andar a pé/bicicleta
  14. Outros – Não sabe / Não responde
20. Regresso a casa – Buscar/levar familiar ou amigos – Regresso a casa dos pais

Para as restantes análises também se poderia utilizar um código em “VBA”, idêntico ao que se usou na secção 3.7, com mais variáveis, mas optou-se por utilizar a “*query builder*”.

Utilizando o “*join*” da tabela com os destinos de cada saída e da tabela 3.7 pelo código do motivo, obteve-se a prioridade do motivo em cada viagem. Retirou-se o motivo número 20 por se considerar não ser propriamente verdadeiro motivo. Colocamos o resultado na “FCa”. A partir de “FCa” procedeu-se da seguinte forma:

- “*Frequency*” pelo identificador da saída (identificador único). Obteve-se uma tabela em que a cada saída se faz corresponder o número de viagens que a compõe.
- Por junção pelo identificador de viagem da “FCa” com a tabela anterior obteve-se a “FCb” em que para além de outra informação contida na “FCa” se encontra também o número de viagens de cada saída.
- Por selecções sucessivas (“*query builder*”) decompõe-se “FCb” em várias “FC” de acordo com tamanhos das saídas. Ficamos pois com as saídas “FCb1” com uma viagem, “FCb2” com duas viagens e assim sucessivamente;

- Na “FCb1” os motivos das saídas estão automaticamente encontrados.

Para a análise das saídas com duas viagens (“FCb2”) efectuou-se:

- “*summary statistics*”:
  - “*statistics field*”: campo da prioridade e “*type*” → “*MIN*”, onde o “*case*” é o identificador da saída, obtendo-se o mínimo da prioridade para cada saída;
- “*join*” da “*FC*” dos destinos com a tabela anteriormente criada, pelo campo prioridade;
- Utilizando o “*query builder*”, iguala-se o campo da prioridade com o mínimo da prioridade calculado anteriormente, obtendo-se uma “*FC*” com o mínimo da prioridade, assumindo-se esse valor como sendo o verdadeiro motivo;
- Verificou-se se o identificador de saída se repetia, caso se repetisse elimina-se um deles.

Para a análise das saídas com três ou mais viagens (“FCb3”, “FCb4” e “FCb5”):

- Como estas FC são mt pequenas foram “filtradas” uma a uma. Deixou-se ficar para cada saída a viagem com o motivo, com maior prioridade segundo a tabela 3.7, eliminando-se as restantes viagens.

Após este processo, utilizou-se a ferramenta “*merge*” das “*FC*” obtidas anteriormente. Obteve-se uma “*FC*” em tudo similar à que se obteve na primeira abordagem, com a diferença de que em vez dos identificadores de viagens temos identificadores de saídas com os respectivos motivos. Assim a partir daqui a análise é similar à primeira abordagem.

A figura 3.14 identifica as zonas por percentagem de deslocações com motivo trabalho por saída. A cor laranja representa alguns movimentos com motivo trabalho, e a azul representam-se as zonas onde a grande parte ou a totalidade dos movimentos é por motivo trabalho.

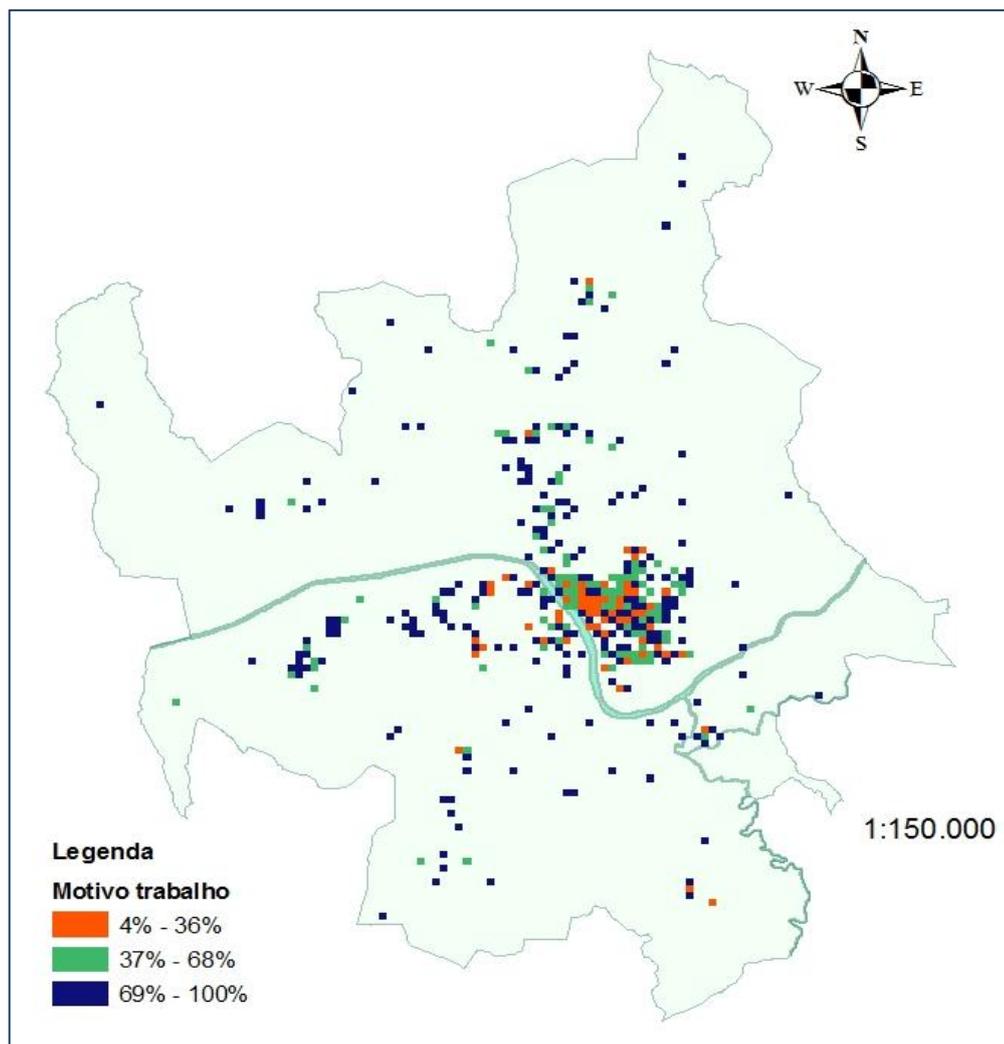


Figura 3.14 - Incidência do uso com motivo trabalho (por saída).

Da análise de tráfego por viagens e com motivo trabalho, referente à figura 3.14, verifica-se que os movimentos mais significativos são na Baixa de Coimbra (24% das viagens), 17% das viagens pertencem a outras zonas de comércio/industriais. Existindo outros pólos de atração: hospitais (cerca de 10% das viagens) e UC juntamente com o Instituto Politécnico (cerca de 10% das viagens).

A figura 3.15 identifica as zonas por percentagem de deslocações com motivo escola, sendo que a cor de laranja se representam as zonas com poucos ou nenhuns movimentos com

motivo escola, e a azul aquelas zonas onde a grande parte ou a totalidade dos movimentos é por motivo escola.

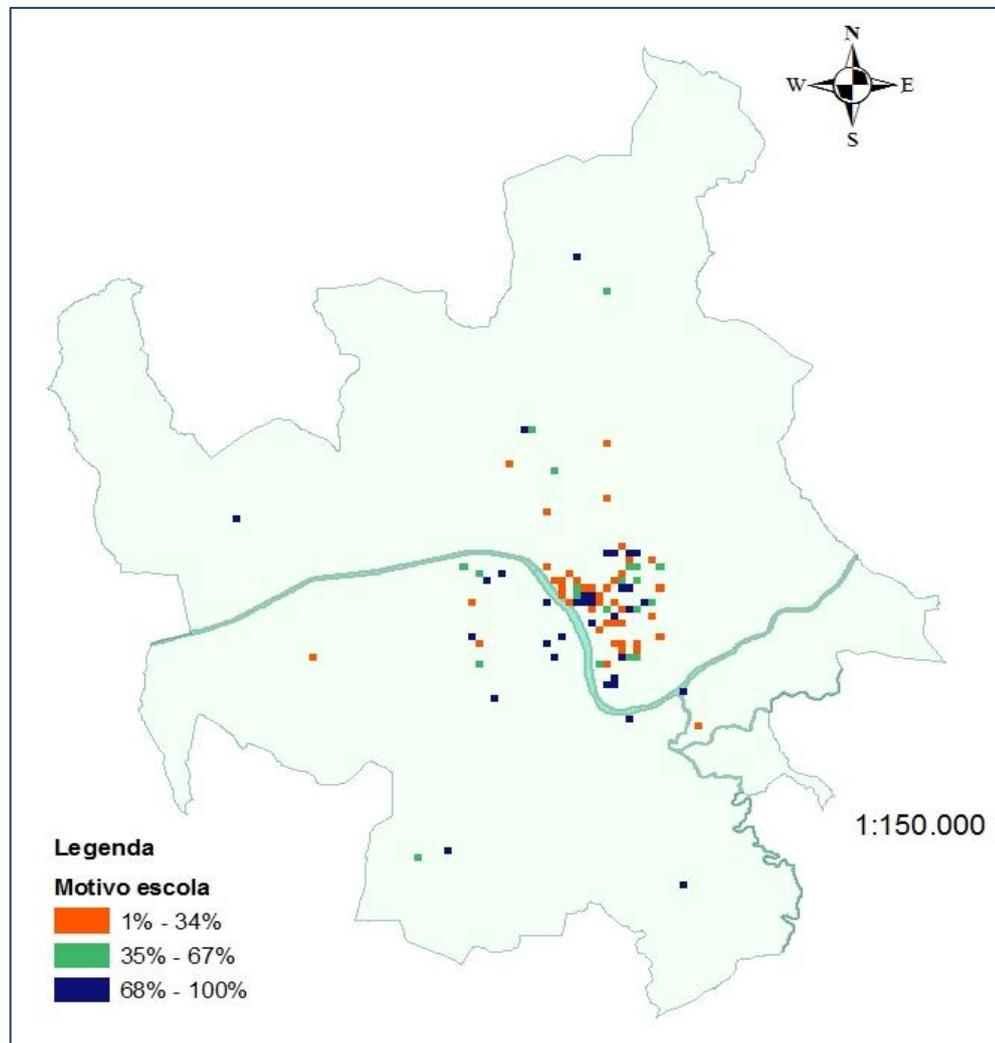


Figura 3.15 - Incidência do uso com motivo escola (por saída).

Verifica-se que as zonas que originam mais tráfego com motivo escola são o Pólo I, II e III pertencentes à Universidade de Coimbra (num total de 48% das viagens), as escolas superiores do Instituto Politécnico de Coimbra (cerca de 20% das viagens), escolas secundárias, destas existem duas escolas com alguns movimentos: Escola Secundária José Falcão (cerca de 10%), Escola Secundária Avelar Brotero (cerca de 9%) e outros estabelecimentos de ensino.

A figura 3.16 identifica as zonas por percentagem de deslocações com motivo saúde: o laranja representa zonas com poucos ou nenhuns movimentos, e a azul zonas onde grande parte ou a totalidade dos movimentos é por motivo de saúde.

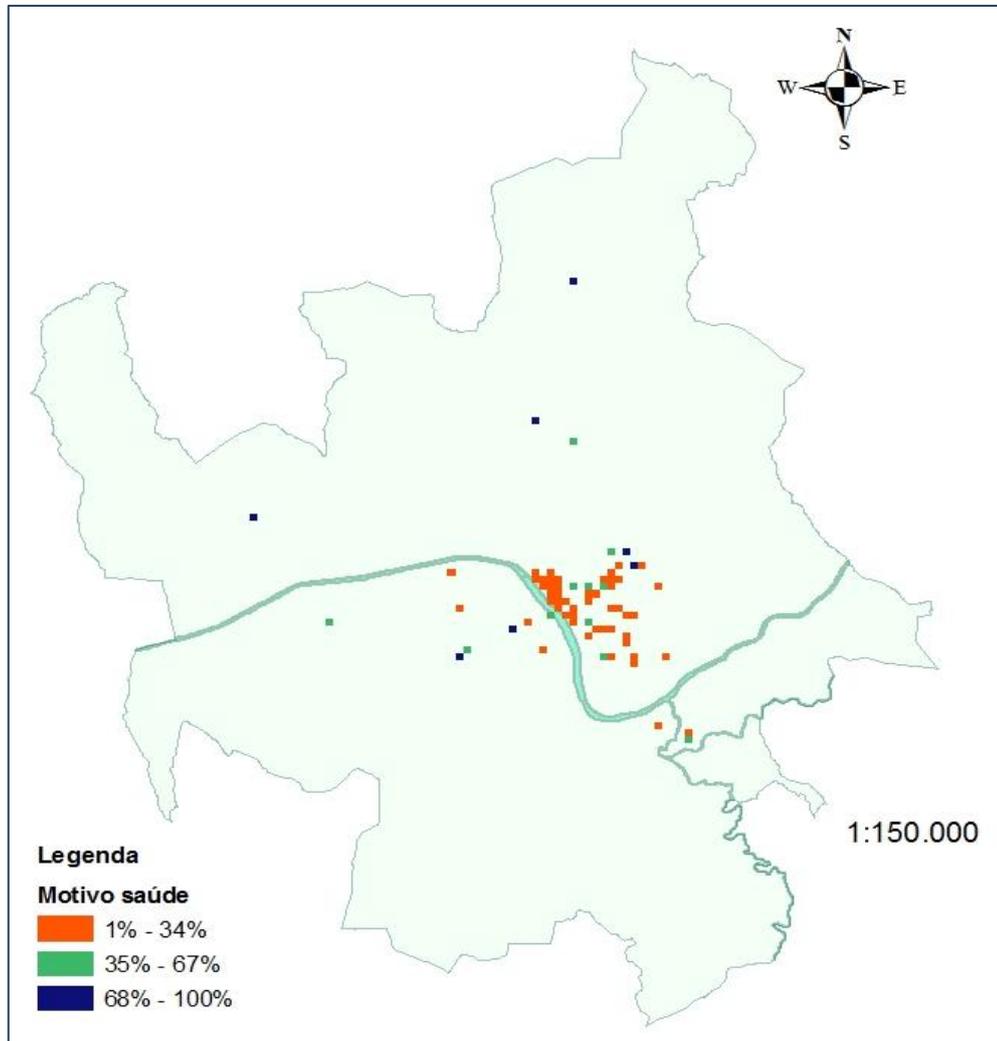


Figura 3.16 - Incidência do uso com motivo saúde (por saída).

Da figura 3.16 é possível verificar que os principais pólos atratores são o Hospital Central da Universidade de Coimbra (cerca de 38% das viagens) e o Hospital dos Covões (cerca de 22% das viagens). É de salientar também a existência de consultórios particulares (ex. Baixa de Coimbra com 11% de viagens) e centros de saúde como pólos atratores do mesmo tipo de viagens.

A figura 3.17 identifica as zonas com percentagens de deslocações com “outros motivos”, onde o laranja representa zonas com alguns movimentos com motivo: refeição, assuntos pessoais, etc.; a azul estão representadas zonas com a grande parte ou a totalidade desses movimentos nessas zonas.

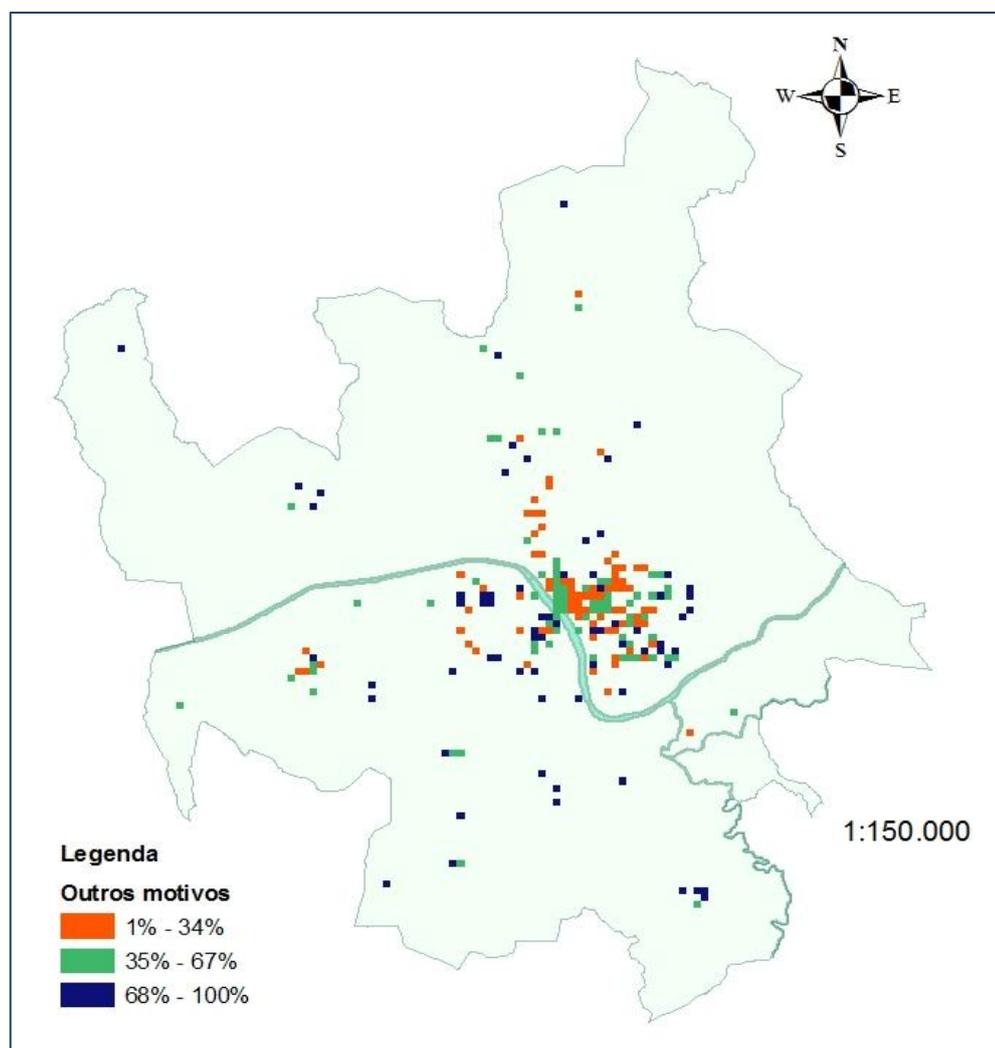


Figura 3.17 - Incidência do uso com “outros motivos” (por saída).

Da análise da figura 3.17 pode verificar-se que os pólos atractores para “outros motivos” são a Baixa da cidade de Coimbra (assuntos pessoais e serviços públicos), zonas comerciais (motivos de compras e refeição), e pavilhões e estádios (actividades de lazer regular/ocasional).

### 3.8.3. Comparação entre as abordagens utilizadas

Após a análise de tráfego utilizando as duas abordagens pode verificar-se, que os pólos de atracção com motivo de trabalho são: os hospitais, a Universidade de Coimbra e as zonas de comércio, salientando a Baixa de Coimbra. Com motivo escola, indubitavelmente a Universidade de Coimbra surge como principal attractor, sendo também de salientar o Instituto Politécnico de Coimbra, e também a Escola Secundária José Falcão e a Escola Secundária Avelar Brotero. No que diz respeito ao motivo saúde, temos, indiscutivelmente, o Hospital Central da Universidade de Coimbra, o Hospital dos Covões e de salientar novamente a Baixa de Coimbra. Relativamente a “outros motivos” verifica-se que a Baixa da cidade de Coimbra é um grande pólo de atracção para assuntos pessoais, serviços públicos e compras. Zonas comerciais com motivo compras e refeição (ex. Fórum, Dolce Vita, etc.), Pavilhões (ex. Pavilhão Multidesportos Dr. Mário Mexia) e estádios (ex. Estádio Universitário de Coimbra) para actividades de lazer regular/ocasional.

Tabela 3.8 - Comparação de resultados nas duas abordagens por motivos e respectivas zonas de atracção.

Motivo	Zona	1ª Abordagem	2ª Abordagem
<b>Trabalho</b>	Hospitais	10%	10%
	Comércio/industriais	17%	17%
	Baixa de Coimbra	24%	24%
	UC e Instituto Politécnico	10%	10%
<b>Escola</b>	Universidade de Coimbra	48%	48%
	Instituto Politécnico de Coimbra	20%	20%
	Escola Secundária José Falcão	10%	10%
	Escola Secundária Avelar Brotero	9%	9%
<b>Saúde</b>	Hospital Central da Universidade de Coimbra	37%	38%
	Hospital dos Covões	22%	22%
	Baixa de Coimbra	12%	11%

A tabela 3.8 apresenta resultados de ambas as abordagens para os principais pólos de atracção da cidade de Coimbra. Tudo isto sugere duas conclusões:

- os principais pólos de atracção são os esperados, o que sugerem dados representativos;
- ambas as abordagens são bastante coincidentes, pelo menos, para esses pólos principais.

Um aspecto interessante relativo à Baixa de Coimbra, consiste em ser um pólo de atracção diversificado, ou seja para além do motivo trabalho e saúde, temos também: compras (35%), assuntos pessoais (35%) e assuntos relacionados com serviços públicos (85%). A Baixa de Coimbra é assim um grande pólo de atracção em particular no grupo “outros motivos”. Tal sugere a importância da sua renovação, em particular da sua parte designada por “Baixinha”.

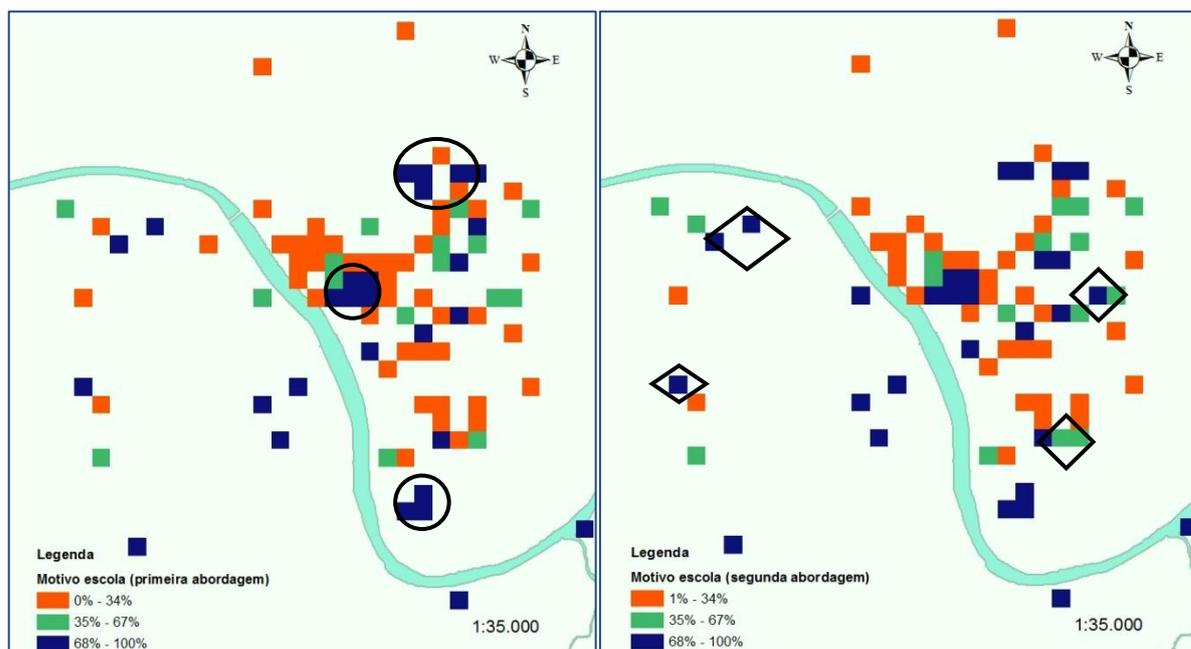


Figura 3.18 - Comparação entre as duas abordagens com motivo escola.

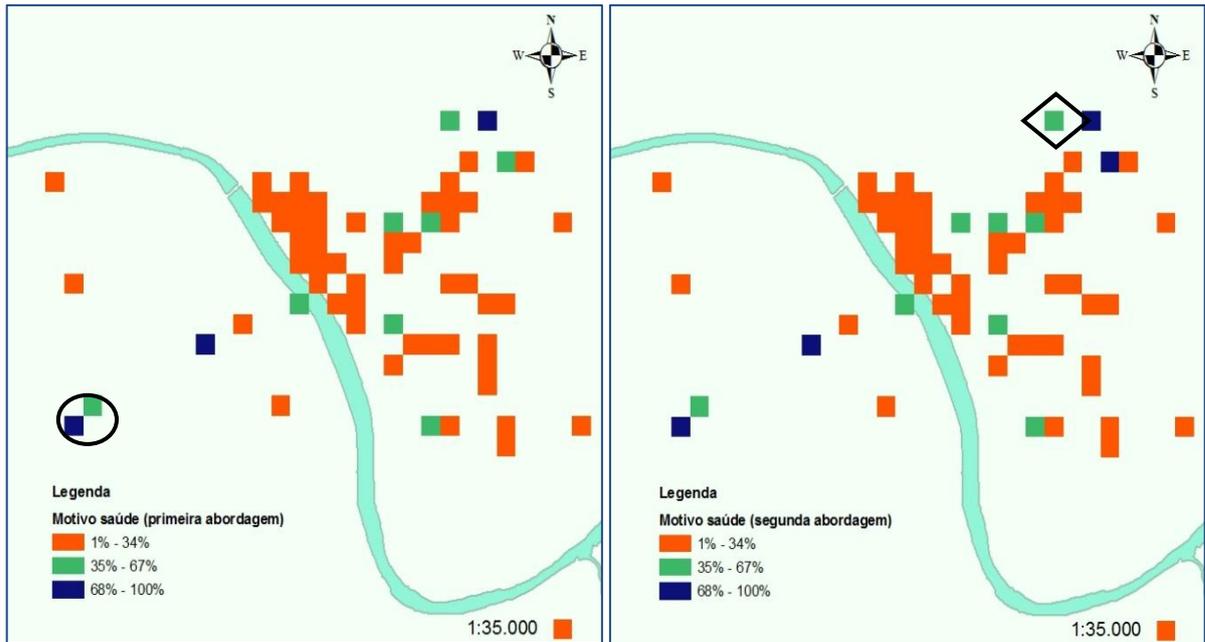


Figura 3.19 - Comparação entre as duas abordagens com motivo saúde.

Através das figuras 3.18 e 3.19 com motivo escola e saúde, respectivamente, verifica-se que as duas abordagens realizadas neste trabalho também originam resultados semelhantes. Com o motivo escola os resultados são a Universidade de Coimbra (círculos) e o Instituto Politécnico de Coimbra (losangos), tal resultado pode-se verificar na figura 3.18. Para o motivo saúde os principais pólos de atracção são o Hospital Central da Universidade de Coimbra (losango) e o Hospital dos Covões (círculo), como se pode verificar na figura 3.19.

## 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho procurou-se aplicar tecnologias de SIG no âmbito de estudos de mobilidade da população, tendo como caso de estudo o concelho de Coimbra. O SIG de trabalho foi construído a partir de uma tabela “*Excel*”, com dados sobre origens e destinos de viagens e respectivas coordenadas de georreferenciação. Acoplados à tabela principal também existiam tabelas usualmente de descodificação. Houve também o cuidado de construir o SIG de forma a poder ser utilizado em futuros estudos. A informação foi inserida recorrendo a ferramentas de análise espacial, com o propósito de obter análises de mobilidade no concelho de Coimbra para gestão de tráfego. Demonstrando assim, a mais-valia gerada após a aplicação das ferramentas SIG, e sugerindo a adequabilidade da informação inserida e a veracidade do SIG criado.

Em primeiro lugar pretendeu-se estudar os modos de transporte usados nas viagens, dando particular relevo ao TI (versus TC), tendo-se verificado ser relativamente excessivo. A maior concentração de uso de transportes colectivos verificou-se no centro da cidade de Coimbra, sugerindo ser aqui maior operacionalidade nos serviços dos SMTUC (anexo B). Verificaram-se demasiados movimentos com o uso de TI na periferia de Coimbra, sugerindo que talvez seja de melhorar a rede de transportes colectivos. O uso de TI na periferia será devido à migração da população para essas zonas em virtude do elevado valor dos preços dos imóveis, praticados no centro. Conclui-se através destas análises, um padrão de mobilidade, consistindo na abundante mobilidade no centro da cidade de Coimbra e fraca mobilidade na periferia do concelho de Coimbra. Este padrão indicia um conjunto de características comuns relacionadas, nomeadamente, com a intensidade das deslocações quotidianas, a sua dependência da utilização do automóvel, a importância das viagens dirigidas para o trabalho, a escola, a saúde e também as compras. Apesar de existir uma rede de transportes colectivos relativamente abundantes no centro da cidade de Coimbra, a quantidade de deslocações por TI parece excessiva.

Procurou também estudar-se os principais pólos de atracção do concelho de Coimbra de acordo com os motivos que originam as viagens. Adoptou-se duas abordagens para o estudo do tráfego com os principais motivos. Os motivos considerados mais importantes mereceram um estudo diferenciado, como foi o caso do trabalho, escola e saúde. Com uma análise mais abrangente estudou-se alguns pólos com diversos motivos: compras, refeição, assuntos pessoais, etc. Obteve-se como pólos de atracção com motivo de trabalho: os hospitais, a universidade e as zonas de comércio, salientando a Baixa de Coimbra. Com o motivo escola, indubitavelmente a Universidade de Coimbra como principal pólo, sendo também de realçar o Instituto Politécnico de Coimbra. No que diz respeito ao motivo saúde, indiscutivelmente o Hospital Central da Universidade de Coimbra, o Hospital dos Covões e de destacar a Baixa de Coimbra. Relativamente a outros motivos obteve-se que a Baixa de Coimbra é um grande pólo de atracção para assuntos pessoais, serviços públicos e compras, as zonas comerciais com motivo compras e refeição, pavilhões e estádios para actividades de lazer regular/ocasional. Conclui-se que a Baixa de Coimbra gera um enorme tráfego com variados motivos, sendo que a grande parte dos movimentos gerados no concelho de Coimbra, com motivo de tratar de assuntos nos serviços públicos são destinados à Baixa de Coimbra.

Pode concluir-se que, para além da adequação das tecnologias de SIG usadas para este tipo de estudos, não pareceu existir, pelo menos perante os dados disponibilizados, grande diferença entre os resultados das duas abordagens. Tal poderá sugerir uma boa adequação da tabela de “prioridades” escolhida. Conclui-se pois que a primeira abordagem, é mais fácil e rápida de utilizar, e fiável quanto ao resultado.

Finalmente, o facto dos resultados verificados não contrariarem o que “*a priori*” seria de esperar indicia uma boa adequação não só dos dados como das metodologias adoptadas.

## 5. BIBLIOGRAFIA

Abrahamsson, T. (1998). Estimation of Origin-Destination Matrices Using Traffic Counts – A Literature Survey, International Institute for Applied Systems Analysis.

Andrade, M. N. (2000). Métodos e Técnicas de Recolha de Dados de Tráfego - Algoritmo para a definição da matriz origem/destino Porto, FEUP.

apambiente (2011). "Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2009: Gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados e gases com efeito de estufa." Disponível em [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt).

Bates, J. (2000). History of demand modelling”, in Handbook of Transport Modelling (Ed. Hensher, D. e Button, K.), Pergamon.

Bowman, J. L. (1998). The Day Activity Schedule Approach to Travel Demand analysis., Massachusetts Institute of Technology. Tese de Doutoramento.

Burrough, P. A. (1986). Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment. Oxford, Oxford University Press.

Câmara, G., Monteiro, A. M. V., Druck, S., Carvalho, M. S. (2004). Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília, Embrapa.

Cascetta, E. (1984). Estimation of Trip Matrices from Traffic Counts and Survey Data: a Generalized Least Squares Estimator. Italy, Institute of Transportation.

Censos (2001). "Censos 2001 Resultados Definitivos.". Disponível em [www.ine.pt](http://www.ine.pt) (acedido a 26 de Novembro, 2012).

Censos (2011). "Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal.". Disponível em [www.ine.pt](http://www.ine.pt) (acedido a 26 de Novembro, 2012).

CMCoimbra-1/2 (2006). "Plano Estratégico de Coimbra - Diagnóstico Preliminar." 1/2. Disponível em [www.cm-coimbra.pt](http://www.cm-coimbra.pt) (acedido a 14 de Novembro, 2012).

CMCoimbra (2004). "Organização do Sistema de Transportes de Coimbra - Caracterização da Mobilidade do município de Coimbra." CMC e FCTUC/DEC. Disponível em [www.cm-coimbra.pt](http://www.cm-coimbra.pt).

CMCoimbra (2012). "Estudo de Viabilidade de Novos Serviços de Mobilidade."

CoimbraVIVASRU (2012). "Projecto ARU Coimbra." Disponível em [www.coimbravivasru.pt](http://www.coimbravivasru.pt) (acedido a 17 de Outubro, 2012).

CP (2012). "Comboios de Portugal." Disponível em [www.cp.pt](http://www.cp.pt) (acedido a 23 de Maio, 2012).

ESRI (2009, 25 de Abril 2009). "ArcGIS Desktop Help 9.3." Disponível em <http://webhelp.esri.com> (acedido a 5 de Janeiro, 2013).

Filho, J. I. d. O. L. (2003). Pós-avaliação da Previsão de Demanda por Transportes no Município de Fortaleza. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. Dissertação de Mestrado.

Filho, J. L. (1997). Modelos Conceituais de Dados para Sistemas de Informações Geográficas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ICPSR (2010). "Inter-university Consortium for Political and Social Research." Capítulo 12. Disponível em [www.icpsr.umich.edu/CrimeStat](http://www.icpsr.umich.edu/CrimeStat) (acedido a 14 de Março, 2013)

IMTT (2011a). "Guia para a elaboração de planos de mobilidade e transportes."

IMTT (2011b). Contagens e Inquéritos de Tráfego, Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I.P. Gabinete de Planeamento, Inovação e Avaliação.

INE (2011). "Anuário Estatístico da Região Centro 2011.". Disponível em [www.ine.pt](http://www.ine.pt) (acedido a 16 de Janeiro, 2013).

Infopédia (2012). Disponível em [www.infopedia.pt](http://www.infopedia.pt) (acedido a 14 de Dezembro, 2012)

Litman, T. (2006). Evaluating Transportation Land Use Impacts., Victoria Transport Policy Institute.

Magagnin, R. e Silva, A. (2008). A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana, Transportes. XVI.

MCTES (2010/2011). "Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior.". Disponível em [www.gpeari.mctes.pt](http://www.gpeari.mctes.pt) (acedido a 1 de Dezembro, 2012).

Meyer, M. D. e Miller, E. J. (2001). Urban Transportation Planning.

Moisés (2012). "Transportes Moisés." Disponível em [www.moises-transportes.pt](http://www.moises-transportes.pt) (acedido a 23 de Maio, 2012).

Moniz, G. (2000). Uma estação intermodal sobre o apeadeiro de Coimbra- B. workshop internacional de arquitectura. Novos mapas para velhas cidades. DARQ: 65.

Ortúzar, J. D. e Willumsen, L. G. (1990). Modelling Transportation. New York, Wiley.

Pacheco, E. (2005). Mobilidade e Transportes”, Círculo dos Leitores.

Palma, P. (2010). Modelação da Distribuição e Comportamento da População Turista no Apoio ao Planeamento de Emergência. Lisboa, Instituto da Geografia e Ordenamento do Território.

Santos, F. D., Forbes, K., Moita, R. (2001). "Mudança Climática em Portugal. Cenários, Impactes e Medidas de Adaptação.". Disponível em [www.siam.fc.ul.pt](http://www.siam.fc.ul.pt).

Santos, P. A. G. (1994). A mobilidade urbana em Lisboa e Porto. Interpretação das principais cadeias de viagens., Dissertação apresentada à Universidade Técnica de Lisboa.

Silva, A. B., Vasconcelos, L., Correia, G., Santos, S. (2013). Microsimulação aplicada aos estudos de acessibilidade. 7º Congresso Rodoviário Português. Lisboa.

SMTUC (2012). "Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra.". Disponível em [www.smtuc.pt](http://www.smtuc.pt) (acedido a 10 de Dezembro, 2012).

Transdev (2012). Retrieved 23 de Maio, 2012, from [www.transdev.pt](http://www.transdev.pt).

Vasconcelos, A. (2004). Modelos de Atribuição/Simulação de Tráfego: O Impacto na Qualidade dos Resultados de Erros no Processo de Modelação. Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Viegas, J. M. (2000). A utilização de modelos matemáticos para a estimação da procura de transportes., IST – CESUR.

Xavier, M. (2011). Imagem da Baixa de Coimbra - Imaginalidade, Identidade e Legibilidade. Coimbra, Departamento de Arquitectura da FCTUC: 27.

## **ANEXOS**

---

**Anexo A:** Distribuição da população estudantil por estabelecimento de ensino.

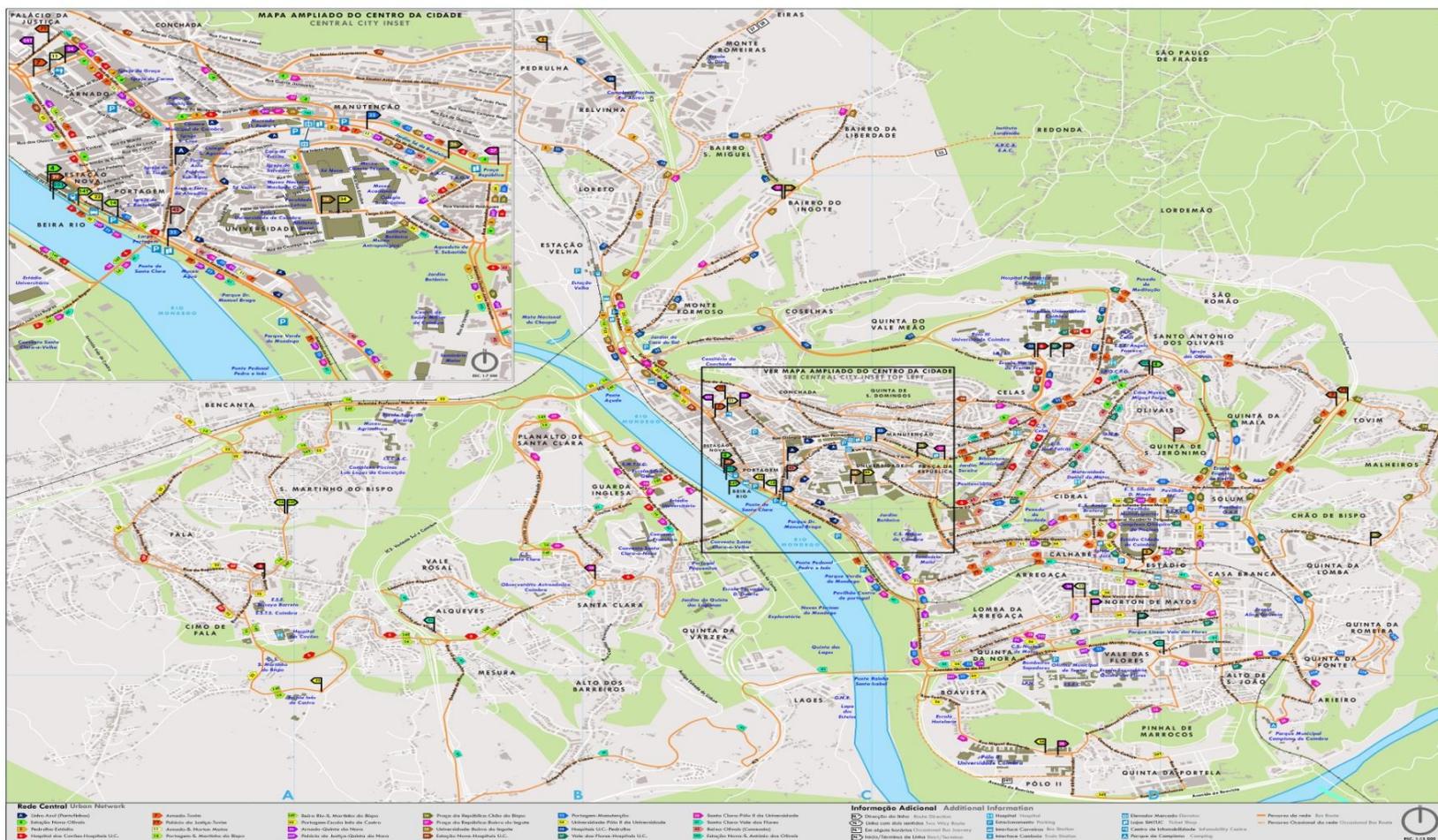
**Anexo B:** Rede Central dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra.

### Anexo A: Distribuição da população estudantil por estabelecimento de ensino.

Estabelecimento de Ensino	Local	População Estudantil
<b>Universidade de Coimbra</b>		<b>23 129</b>
Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física	Santa Clara	756
Faculdade de Ciências e Tecnologia	Alta (Pólo I da UC)	3 231
Faculdade de Ciências e Tecnologia	Pólo II da UC	4 165
Faculdade de Direito	Alta (Pólo I da UC)	2 917
Faculdade de Economia	Olivais	2 698
Faculdade de Farmácia	Alta (Pólo I da UC)+Celas (Pólo III da UC)	1 335
Faculdade de Letras	Alta (Pólo I da UC)	3 632
Faculdade de Medicina	Alta (Pólo I da UC)+Celas (Pólo III da UC)	2 452
Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação	Alta	1 873
Outros	Alta (Pólo I da UC)	80
<b>Instituto Politécnico de Coimbra</b>		<b>10 077</b>
Escola Superior Agrária de Coimbra	Bencanta	1 270
Escola Superior de Educação de Coimbra	Solum	2 203
Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra	Covões	1 222
Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra	Bencanta	2 412
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra	Vale das Flores	2 970
<b>Outros Estabelecimentos</b>		<b>3 866</b>
Escola Superior de Enfermagem de Coimbra	Celas + Covões	2 041
Escola Universitária das Artes de Coimbra	Lordemão	308
Escola Universitária Vasco da Gama	Castelo Viegas	248
Instituto Superior Bissaya Barreto	Bencanta	243
Instituto Superior Miguel Torga	Cruz de Celas	1 026
<b>TOTAL</b>		<b>37 082</b>

Fonte: MCTES (2010/2011)

## Anexo B: Rede Central dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra.



Fonte: SMTUC (2012)