

**Contributo dos Sistemas de Informação Geográfica para
a mobilidade elétrica: localização de áreas ótimas para
Park&Ride, baseadas na rede do metro do Porto.**

Marco Filipe da Costa Ricardo

**Dissertação de Mestrado em Gestão do Território na
especialidade de Deteção Remota e Sistemas de
Informação Geográfica.**

(Junho, 2012)

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão do Território na Especialidade de Deteção Remota e Sistemas de Informação Geográfica, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Rui Pedro Julião e do Professor Doutor José António Tenedório.

RESUMO

O aumento continuado das emissões de gases com efeito de estufa, associado ao setor dos transportes, e os crescentes congestionamentos de tráfego contribuem para a conseqüente deterioração da qualidade do ambiente urbano. Torna-se cada vez mais evidente a insustentabilidade do modo como essa mobilidade se exerce na atualidade, apontando para a imperiosa necessidade de se encontrarem soluções que, sem porem em causa esse direito, o condicionem às suas conseqüências ambientais e económicas.

Segundo APA (2010), deve ser desenvolvida uma lógica multimodal através da promoção da intermodalidade, entre os modos de transporte coletivo (comboio, metro, autocarro) e individual (automóvel, motorizada, bicicleta, deslocação a pé). Uma das formas de promoção da intermodalidade de transportes poderá ser através da criação de parques de estacionamento periféricos ao espaço urbano, de curta e longa duração, junto aos interfaces modais (estações de caminho-de-ferro, centrais de camionagem, paragens de autocarro), designados de *Park&Ride*.

A escolha do local para a instalação de um *Park&Ride* (P&R) é uma decisão de elevada importância para o sucesso de uma infraestrutura deste tipo.

Neste contexto, com recurso às ferramentas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitem definir a localização destas áreas, apresentar-se-ão áreas estrategicamente localizadas, onde seja permitido o estacionamento da sua viatura, admitindo que esta seja elétrica, possibilitando ainda o seu carregamento e ainda a utilização de transportes públicos para a deslocação ao centro da cidade.

Estas medidas visam melhorar o fluxo de veículos, a mobilidade urbana no centro da cidade, a redução das emissões de gases com efeito de estufa e ainda a redução da dependência dos combustíveis fósseis.

Palavras-chave: Park&Ride (P&R), Sistemas de Informação Geográfica (SIG); Veículos Elétricos; Postos de Abastecimento; Intermodalidade, Análise Multicritério.

ABSTRACT

The continued increase in emissions of greenhouse gases, associated with the transport sector, and increasing traffic congestion contribute to the further deterioration of the quality of the urban environment. Thus, it becomes increasingly evident the unsustainability of how such mobility is exercised today, highlighting the urgent need to find solutions, without calling into question this right, the conditional to their environmental and economic consequences.

According to APA (2010), we should develop a multimodal logic by promoting intermodality between mass (train, metro, bus) and individual (car, motorcycle, bicycle, walking) transit modes. One way of promoting intermodal transport may be through the creation of car parks peripheral to the urban space, short and long term, along with modal interfaces (stations railway, iron, central trucking, bus stops), designated Park & Ride.

The choice of location for the installation of a Park & Ride is a decision of great importance to the success of such an infrastructure.

In this context, using the Geographic Information Systems (GIS) tools, which allow us to define the location of these areas, provide areas will be strategically located where parking is permitted in your car, if that is electric, yet allowing the loading and even the use of public transport to travel to the city center.

These measures aim to improve traffic flow, urban mobility in the city center, reducing emissions of greenhouse gases and also reducing dependence on fossil fuels.

KEYWORDS: Park&Ride (P&R), Geographic Information System (GIS); Electric Vehicles; Charging Stations; Intermodality, Multicritéria Analysis.

LISTA DE ABREVIATURAS

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CO₂ – Dióxido de Carbono

EV – Veículo elétrico, do inglês *Electric Vehicle*

FCV - Veículo Elétrico a Pilha de Combustível, do inglês *Fuel Cell Vehicles*

GNC – Gás Natural Comprimido

GPL – Gás de Petróleo Liquefeito

HEV - Veículos Elétricos Híbridos, do inglês *Hybrid Electric Vehicles*

IEA – Agência Internacional de Energia, do inglês *International Energy Agency*

kWh – Quilowatt-hora

OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico, do inglês *Organisation for Economic Co-operation and Development*

OPEC – Organização dos Países Exportadores de Petróleo, do inglês *Organization of the Petroleum Exporting Countries*

PHEV – Veículos Elétricos Híbridos de Recarregamento pela Rede, do inglês *Plug-in Hybrid Electric Vehicles*

P&R – *Park&Ride*

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

UE – União Europeia

VCI – Via de Cintura Interna

WBCSD – Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, do inglês *World Business Council for Sustainable Development*

WCED – Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento, do inglês *World Commission on Environment and Development*

ÍNDICE

RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1. Objetivo.....	2
2. Estrutura da dissertação	3
CAPÍTULO II: MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL	4
1. O paradigma da mobilidade urbana	4
2. Uma mobilidade mais sustentável.....	6
3. Promoção da intermodalidade	8
A) Conceito de Park&Ride	10
B) Requisitos – critérios de localização	13
CAPÍTULO III: A MOBILIDADE ELÉTRICA COMO ALTERNATIVA.....	15
1. Caso europeu	16
2. Caso português	20
3. O veículo elétrico	23
A) O Conceito	24
B) Prós e contras do veículo elétrico.....	25
C) O abastecimento de veículos elétricos.....	28
D) Localização de postos de abastecimento	30
CAPÍTULO IV: ANÁLISE MULTICRITÉRIO.....	34
1. Introdução.....	34
2. Avaliação dos pesos para os critérios	35

3.	Métodos baseados no ordenamento de critérios	36
A)	Métodos baseados em escalas de pontos.....	37
B)	Métodos baseados na distribuição de pontos.....	37
C)	Método baseado na comparação de critérios par-a-par.....	38
4.	Normalização de critérios	40
5.	Combinação de critérios	42
A)	Combinação Linear Pesada - WLC	43
B)	Média Pesada Ordenada - OWA.....	44
CAPÍTULO V: CASO DE ESTUDO		49
1.	Caraterização da área de estudo	49
A)	População	50
B)	Deslocações de pessoas entre o Porto e os concelhos vizinhos	53
C)	Meio de transporte e duração média de viagem	57
D)	Infraestruturas e operadores de transporte	59
E)	Rede piloto do Porto da mobilidade elétrica.....	63
2.	Modelo de operacionalização.....	64
A)	Passos metodológicos.....	64
B)	Definição dos critérios	66
C)	Obtenção de dados.....	68
D)	Definição dos pesos dos critérios	69
E)	Imagens dos critérios.....	72
F)	Reclassificação	78
G)	Sobreposição ponderada.....	79
H)	Resultados obtidos	80
CAPÍTULO IV: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....		84
1.	Conclusões	84
2.	Recomendações Futuras.....	86
BIBLIOGRAFIA		87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESPAÇO NECESSÁRIO PARA TRANSPORTAR 60 PESSOAS, ADAPTADO DE: (PRESS OFFICE CITY OF MUNSTER).	6
FIGURA 2 - CONSUMO ENERGÉTICO EM PORTUGAL POR SETOR DE ATIVIDADE, FONTE: DGEG (2009)	17
FIGURA 3 - COMPARAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO ₂ , ASSOCIADAS AO MEIO DE TRANSPORTE, PARA UM PERCURSO DE UM KM, ADAPTADO DE (IMTT, 2010).....	18
FIGURA 4- MUNICÍPIOS ADERENTES À REDE PILOTO DE ABASTECIMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS,	21
FIGURA 5 - COMPARAÇÃO ENTRE VEÍCULO ELÉTRICO E VEÍCULO A GASOLINA, FONTE: (VEICULOS ELECTRICOS, 2009)	28
FIGURA 6 - VEÍCULO ELÉTRICO A ABASTECER, FONTE: MOBI-E(2010)	29
FIGURA 7 -TIPOS DE CARREGAMENTO PREVISTOS PELO PLANO DE MOBILIDADE ELÉTRICA, FONTE: REIS (2010).....	31
FIGURA 8 - POSTO DE ABASTECIMENTO PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS, FONTE: MOBI-E (2010)	33
FIGURA 9- CONTROLO DO RISCO, FONTE: RODRIGUES (2001)	46
FIGURA 10 - CONTROLO DO TRADE-OFF, FONTE: RODRIGUES (2001).....	46
FIGURA 11 - ESPAÇO ESTRATÉGICO DE DECISÃO (OWA), FONTE: RODRIGUES (2001)	46
FIGURA 12 - PONTOS DE DECISÃO, FONTE: RODRIGUES (2001)	47
FIGURA 13- LOCALIZAÇÃO DO CONCELHO DO PORTO	49
FIGURA 14 - VARIAÇÃO DA POPULAÇÃO RESIDENTE (2001-2011) NO CONCELHO DO PORTO, FONTE: INE.....	51
FIGURA 15 - ESTIMATIVA DAS DESLOCAÇÕES NO PORTO, ENTRE AS 7H30 E AS 9H30, FONTE: CM PORTO (2007)	53
FIGURA 16 - IMAGEM DE SATÉLITE DA ZONA DE ESTUDO, FONTE: GOOGLE MAPS, OBTIDA A 20 DE MAIO DE 2012.....	54
FIGURA 17 - MOVIMENTOS NAS PRINCIPAIS ENTRADAS E SAÍDAS DA CIDADE, FONTE: CM PORTO (2007)	54
FIGURA 18 - ESTIMATIVA DO Nº DE DESLOCAÇÕES COM DESTINO A CADA UMA DAS ZONAS (ENTRADAS), ENTRE AS 7H30 E AS 9H30, FONTE: CM PORTO (2007).....	55
FIGURA 19 - PROPORÇÃO DOS MOVIMENTOS COM ORIGEM FORA DO CONCELHO RELATIVAMENTE AO TOTAL DE "ENTRADAS" EM CADA ZONA, FONTE: CM PORTO (2007)	56
FIGURA 20 - DESLOCAÇÕES NO CONCELHO DO PORTO, POR MEIO DE TRANSPORTE, FONTE: INE	58
FIGURA 21 – REDE RODOVIÁRIA DO CONCELHO DO PORTO, FONTE: GOOGLE MAPS, OBTIDA A 20 DE MAIO DE 2012	60
FIGURA 22- <i>EUROTRAM</i> DO PORTO, FONTE: METRO DO PORTO.....	61
FIGURA 23 - REDE PILOTO DA MOBILIDADE ELÉTRICA NO CONCELHO DO PORTO, FONTE: CM PORTO E GOOGLE MAPS.	63
FIGURA 24 - ÉTAPAS DO MODELO DE OPERACIONALIZAÇÃO	65
FIGURA 25 – CRITÉRIOS DO MODELO DE OPERACIONALIZAÇÃO	66
FIGURA 26- A- ESTACIONAMENTO A 90 GRAUS B- ESTACIONAMENTO A 45 GRAUS, FONTE: CCDR-NORTE (2008)	72
FIGURA 27 - CRITÉRIO PROXIMIDADE A POSTO DE ABASTECIMENTO VE	73
FIGURA 28 - CRITÉRIO PROXIMIDADE A ESTAÇÕES INTERMODAIS.....	74
FIGURA 29 - CRITÉRIO PROXIMIDADE AO CENTRO	75
FIGURA 30 – CRITÉRIO LOCALIZAÇÃO EM RELAÇÃO ÀS PRINCIPAIS ÁREAS DE CONGESTIONAMENTO	76
FIGURA 31 - CRITÉRIO PROXIMIDADE ÀS PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO RODOVIÁRIO	77
FIGURA 32 - CONVERSÃO PARA FORMATO <i>RASTER</i> , NO CENÁRIO I	78

FIGURA 33 - SOBREPOSIÇÃO PONDERADA PARA O CENÁRIO I	79
FIGURA 34 - CARTA DE APTIDÃO PARA <i>P&R</i> - CENÁRIO I.....	80
FIGURA 35 - ÁREAS "ALTAS" - CENÁRIO I.....	81
FIGURA 36 - CARTA DE APTIDÃO PARA <i>P&R</i> - CENÁRIO II.....	82
FIGURA 37 - ÁREAS "ALTAS" - CENÁRIO II.....	83

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESCALA DE SETE PONTOS, FONTE: ADAPTADO DE RODRIGUES (2001).....	37
TABELA 2 - ESCALA 1 DE COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS, FONTE: ADAPTADO DE SAATY (1980)	39
TABELA 3 - ESCALA 2 DE COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS, FONTE: ADAPTADO DE SAATY (1980)	39
TABELA 4 - FUNÇÕES <i>FUZZY</i> , FONTE: RODRIGUES (2001).....	41
TABELA 5 - EXEMPLO 1 DE AGREGAÇÃO <i>OWA</i> , FATORES, FONTE: ADAPTADO DE RODRIGUES (2001).....	45
TABELA 6 - EXEMPLO 2 DE AGREGAÇÃO <i>OWA</i> , RESULTADOS, FONTE: ADAPTADO DE RODRIGUES (2001)	45
TABELA 7 - <i>ANDNESS</i> E <i>TRADE-OFF</i> PARA VÁRIOS PONTOS DE DECISÃO, FONTE: RODRIGUES (2001)	48
TABELA 8 - EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO RESIDENTE, FONTE: INE	50
TABELA 9 - METRO DO PORTO, FONTE: METRO DO PORTO	62
TABELA 10 - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR-A-PAR ENTRE OS CRITÉRIOS DEFINIDOS PARA O CENÁRIO I DA AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO	70
TABELA 11 - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR-A-PAR ENTRE OS CRITÉRIOS DEFINIDOS PARA O CENÁRIO II DA AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO	71
TABELA 12 - NÚMERO DE LUGARES DE ESTACIONAMENTO OBTIDOS AO LONGO DA ÁREA ADJACENTE À VIA, PARA DIFERENTES ORIENTAÇÕES FONTE: (CCDR-NORTE, 2008)	72

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

Atualmente, como resultado de um aumento continuado do tráfego motorizado nas áreas urbanas, o setor dos transportes é um dos que mais contribui para o consumo de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, para a emissão de gases com efeito de estufa. Esta tendência tem sofrido um agravamento nos últimos anos, sendo este sector um dos que apresenta um maior crescimento de emissões. (Carvalho, 2010)

Deste modo, para contrariar e minimizar esta situação, tem-se vindo a procurar soluções energéticas alternativas, entre as quais os biocombustíveis, a eletricidade e o hidrogénio.

No entender de Paine (2011), a generalidade das marcas da indústria automóvel já desenvolveram motores que funcionam a eletricidade, sendo possível já assistir à entrada destes veículos no mercado automóvel, esperando-se que seja cada vez mais evidente.

Contudo, a entrada destes veículos na rede de transportes exige a alteração ou construção de infraestruturas fundamentais para o seu funcionamento. Em particular, é necessário desenvolver infraestruturas que permitam o carregamento das baterias, que irão armazenar a energia elétrica necessária ao funcionamento destes veículos. Além disso, é importante pensar na localização destes equipamentos para que a sua utilização seja mais atrativa e eficiente (Dias J. , 2010).

De acordo com Frade (2010), se considerarmos um carregamento normal para um veículo elétrico, dado que necessita de 6 a 8 horas para completar o processo, as zonas preferenciais de localização de um equipamento para efetuar este tipo de carregamento deverão ser em zonas onde as pessoas possam ter o carro estacionado por longos períodos. É este o caso de zonas de habitação, zonas de emprego ou ainda parques de estacionamento periféricos ao espaço urbano de longa duração, junto aos interfaces modais (*Park&Ride*).

Esta é uma razão de peso para que a localização dos pontos de carregamento seja pensada de forma a minimizar os problemas de atratividade relacionados com a autonomia dos veículos, não condicionando assim o sucesso da mobilidade elétrica.

Se à mobilidade elétrica for possível aliar uma lógica multimodal, através da promoção da intermodalidade entre os modos de transporte coletivo e individual (ex. *Park&Ride*), o resultado poderá conduzir a um sistema de transportes eficiente e sustentável.

1. Objetivo

O objetivo deste trabalho consiste na definição de um modelo de localização que determine áreas estratégicas para a localização de uma infraestrutura, onde seja permitido o estacionamento da sua viatura, utilizando posteriormente os transportes públicos para a deslocação ao centro da cidade.

Combinando a utilização do transporte individual, com a do transporte público pretende-se melhorar o fluxo de veículos e a mobilidade urbana no centro da cidade, a redução das emissões de gases com efeito de estufa e ainda a redução da dependência dos combustíveis fósseis.

Pretende-se abranger sobretudo pessoas que vivam fora do concelho do Porto mas que vão trabalhar de carro, seja por necessidade ou por ser esta a opção menos dispendiosa, de modo a que permitam estacionar o seu automóvel, admitindo que seja elétrico, em locais de estacionamento e, posteriormente, utilizem o metro para se deslocar para o centro da cidade, libertando assim as zonas mais congestionadas e sobrecarregadas da cidade.

2. Estrutura da dissertação

O trabalho de investigação desenvolve-se ao longo de 6 capítulos, sendo este o capítulo introdutório, onde é feito um enquadramento geral do trabalho.

No capítulo 2 procede-se à apresentação de uma revisão bibliográfica que contempla as relações entre mobilidade urbana e desenvolvimento sustentável. É ainda apresentado o conceito de intermodalidade tendo como exemplo os *Park&Ride* (P&R).

O capítulo 3 é dedicado à mobilidade elétrica, sendo esta apresentada como alternativa para uma mobilidade sustentável. É também abordado o veículo elétrico, bem como as suas características. Por fim aborda-se a questão da localização dos equipamentos de abastecimento deste tipo de veículos.

No capítulo 4 são abordados e discutidos os aspetos relevantes da avaliação multicritério. Esta abordagem incide sobre as técnicas utilizadas para a avaliação, normalização e agregação dos pesos de critérios.

O capítulo 5 é dedicado ao caso de estudo, que consiste na implementação do modelo de dados em SIG para análise multicritério, aplicado ao concelho do Porto.

Procura-se, assim, determinar áreas estratégicas para a localização de uma infraestrutura P&R, onde seja permitido o estacionamento da sua viatura, utilizando posteriormente os transportes públicos para a deslocação ao centro da cidade.

O capítulo 6 é reservado às conclusões da dissertação. Apresentam-se conclusões relativamente ao caso de estudo, nomeadamente da aplicabilidade do modelo em ambiente SIG ao concelho do Porto. Por fim, tecem-se considerações relativamente a desenvolvimentos futuros.

CAPÍTULO II: MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

1. O paradigma da mobilidade urbana

As cidades são territórios que, pela elevada e diversificada concentração de atividades, constituem um espaço privilegiado para as relações sociais, comerciais, de trabalho, de lazer, entre outras. São e sempre foram, acima de tudo, locais de troca, de movimento e de oportunidades (Pacheco, 2005).

Para Agência Portuguesa do Ambiente – APA (2010), mobilidade urbana é o modo e a frequência com que as pessoas se deslocam para satisfazer todo o tipo de necessidades, sejam elas obrigatórias (associadas ao trabalho, escola e a abastecimento das famílias) ou opcionais (lazer, social, etc.).

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, finalmente, a necessidade de fugir ao frenesim urbano na procura da tranquilidade, são exemplos da complexa teia de decisões individuais que dificultam o entendimento do coletivo e dos padrões de organização do território (Pacheco, 2005).

Em resultado de todos estes fatores, a população urbana tem hoje de realizar mais deslocações e, sobretudo, viagens mais longas para satisfazer as suas necessidades diárias, havendo assim uma maior taxa de motorização¹ individual e um menor uso dos transportes públicos. Em parte justificadas pelas deficiências em termos de ordenamento do território, à falta de planeamento e à fraca oferta ou inexistência de uma rede de transportes públicos que acompanhe este crescimento periférico (Almeida, 2010).

¹ Taxa de motorização - número total de veículos por cada 1000 habitantes

O tempo de viagem é uma variável fundamental de decisão para os sectores mais numerosos da população, a não ser que a diferença preço ou comodidade sejam muito significativas, as pessoas escolhem geralmente o meio de transporte cuja viagem é mais rápida (André, 2008).

Os transportes públicos estão sujeitos a horários, paragens e percursos mais ou menos rigorosos, que podem atrasar o tempo de viagem e obrigar a transbordos. Para que possa haver alguma concorrência com o automóvel, a rede de transportes públicos tem, de ganhar tempo ao automóvel, tendo por isso que praticar velocidades mais elevadas numa parte do percurso (André, 2008).

Deste modo, o uso de veículo próprio persiste, segundo (Almeida, 2010), devido:

- à rede de transportes disponível, ao se trabalhar e morar em locais diferentes e nem sempre as deslocações casa-trabalho-casa serem diretas;
- às políticas ambientais e sobretudo à pressão psicológica exercida em cada indivíduo a nível de estatuto social, de comodidade e por vezes de falso conceito de uma maior e melhor mobilidade.

Contudo a mobilidade urbana, muitas vezes considerada como um direito adquirido, pelo menos nas sociedades de matriz cultural ocidental, acarreta custos económicos, sociais e ambientais inportáveis para o próprio funcionamento dessas sociedades (Pacheco, 2005).

O aumento continuado das emissões de gases com efeito de estufa associado ao sector dos transportes, os crescentes congestionamentos de tráfego e a destruição ou desvalorização dos espaços públicos, como se observa na figura 1, com a consequente deterioração da qualidade do ambiente urbano, tornam cada vez mais evidente a insustentabilidade do modo como essa mobilidade se exerce na atualidade e apontam para a imperiosa necessidade de se encontrarem soluções que, sem porem em causa esse direito, o condicionem às suas consequências ambientais e económicas (Pacheco, 2005).



Figura 1 - Espaço necessário para transportar 60 pessoas, adaptado de: (Press Office City of Munster).

A solução para a gestão da mobilidade, segundo (Almeida, 2010), não passa pela sua redução, pois isso seria regredir no processo de desenvolvimento das cidades e das sociedades e, também porque é cada vez mais entendida socialmente como um direito adquirido. No entanto, é urgente repensar a forma de gerir a mobilidade.

Para APA (2010) a questão central da mobilidade é saber que meios de transporte a poderão satisfazer, visto que a forma atual como esta se exerce é claramente insustentável (Pacheco, 2005).

2. Uma mobilidade mais sustentável

A insustentabilidade da mobilidade é um problema tanto mais atual quanto as preocupações ambientais, nomeadamente as que se referem à emissão de gases com efeito de estufa (GEE), onde o sector dos transportes detém uma quota de 24,2% do total das emissões registadas no nosso país, tendo ganho um novo ímpeto com a Conferência do Rio em 1992 e o Protocolo de Quioto de 1997, ratificado em 31 de Maio de 2002 (APA, 2010).

Para a *World Commission on Environment and Development* – WCED (2001), o conceito de desenvolvimento sustentável, enunciado e explanado no Relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento², em 1987, ao assumir-se como global e local, veio permitir que, à tomada de consciência inicial dos problemas ambientais e sociais que nos afetam, pudesse seguir-se uma mudança quantitativa e qualitativa no nosso modo de vida em comunidade, assente em três pilares (o ambiental, o económico e o social).

Esta ideia veio abrir novas perspetivas para as formas de abordar os problemas mais prementes da nossa vida no ecossistema Terra, em particular, no que se refere às relações entre a ação do Homem e a Natureza, e com a vida humana à escala mundial.

Segundo APA (2010), é a partir deste novo conceito de desenvolvimento sustentável, que as sociedades terão que procurar resposta para os graves problemas que as assolam, tanto a nível socioeconómico, como na sua envolvente natural, seja esta considerada numa escala local ou global.

Pelas suas múltiplas implicações nos três domínios de referência, em que se equaciona o conceito de desenvolvimento sustentável, a mobilidade urbana surge assim, nos nossos dias, como uma questão premente e de significativa importância.

Assim, associar o qualificativo sustentável ao substantivo mobilidade, continua ainda hoje a apresentar-se como um importante desafio para todos nós.

Para APA (2010), mobilidade sustentável significa, criar as condições para que esta se possa exercer através de modos de transporte sustentáveis, isto é, cuja produção tenha os menores impactes possíveis sobre o ambiente, recorra a energias renováveis ou cada vez menos dependentes de recursos naturais esgotáveis, com custos social e economicamente aceitáveis pela sociedade, e que garantam uma relativa equidade de acesso a toda a população.

Já no entender da WCED (2001), mobilidade sustentável surge como sendo a capacidade de atender às necessidades da sociedade em deslocar-se livremente, em

² Em inglês: *The World Commission on Environment and Development* – WCED.

ganhar acesso, comunicar, comercializar e estabelecer relações sem sacrificar outros valores fundamentais humanos ou ecológicos, hoje ou futuramente.

Em suma, significa que qualquer avaliação da sustentabilidade da mobilidade deverá incluir não somente a apreciação da sua eficácia no aumento da acessibilidade, mas também, a apreciação da amplitude e das consequências de quaisquer prejuízos daí decorrentes para o bem-estar social, ambiental ou económico (WBCSD, 2001).

A concretização desse objetivo tem por isso de recorrer não só a modos de transporte mais eficiente do ponto de vista energético e ambiental (ex. modos suaves - ciclável e pedonal - e transporte coletivo) como a uma nova organização dos espaços urbanos, onde os conceitos do urbanismo de proximidade e de mistura de usos do solo e funções urbanas ganham importância decisiva (APA, 2010).

Para Meyrinneinc (1998), citado por APA (2010), se o transporte é o símbolo da liberdade individual, o ambiente é o do bem coletivo.

No entender de Almeida(2010), é difícil o transporte público competir com o transporte individual (automóvel) nas cidades.

É essencial perceber que todos os modos de deslocação, incluindo o transporte individual, assumem um papel relevante no sistema de transportes urbano.

Como tal, um sistema de transportes eficiente é aquele que consegue conciliar, de forma harmoniosa e sustentável, todos os modos disponíveis ou disponibilizáveis (APA, 2010)

3. Promoção da intermodalidade

A mobilidade é um fator determinante para que seja possível desenvolver um crescimento sustentado das cidades, contudo, a maioria das cidades do nosso País estão atualmente, e cada vez mais, marcadas pela dependência face ao transporte

individual e mesmo em alguns casos, por alguma ineficiência do sistema de transportes coletivos. (APA, 2010)

Segundo Gomes (2009), é o transporte individual, aquele que predomina nas infraestruturas, mas este é também o que causa mais poluição e congestionamento.

A rapidez, conforto e preço dos transportes individuais são vários motivos que determinam a sua preferência por parte da população, por isso, para os transportes públicos se tornarem mais aliciantes devem competir nestes aspetos.

Os transportes públicos são mais utilizados nos momentos de pico de congestionamento, pois tornam-se competitivos em termos de tempo de viagem, especialmente se funcionarem em separado do trânsito rodoviário. Porém, apesar de todas estas problemáticas, o automóvel privado não pode ser abolido ou menosprezado, o que é necessário é introduzir sistemas de transportes públicos fiáveis, cómodos e eficazes que possam rivalizar com o transporte individual. (Gomes J. , 2009)

Assim, as formas de atuação sobre o sistema deverão passar por uma análise integrada e global a diferentes escalas, onde repensar a mobilidade urbana passará inevitavelmente pela otimização da utilização dos diversos modos de transporte disponíveis ou disponibilizáveis no contexto urbano, assim como pela promoção da intermodalidade entre os modos de transporte coletivo (comboio, metro, autocarro) e individual (automóvel, motorizada, bicicleta, deslocação a pé) (Burlando *et al.*, 2000; Nijkamp *et al.*, 1997 citado por APA 2010).

Neste contexto surge a importância primordial da implementação de interfaces que potenciem as deslocações intermodais e os transbordos entre meios de transporte semelhantes assegurados por diferentes operadores, consentindo na implementação de um sistema de transportes metropolitano multimodal que melhore as condições de mobilidade da população e, desta forma, a cative para o uso dos transportes públicos. Esta medida contribui não só para a diminuição do congestionamento dentro dos espaços urbanos- o que implica um aumento da qualidade de vida – como também para a preservação do ambiente. (Ramos, 2001)

No entender da APA (2010), existem várias formas de promover a intermodalidade de transportes, assentes, na sua maioria, no estabelecimento de ligações entre os principais modos de transporte sustentáveis, designadamente, nos mais relevantes no contexto urbano: transportes públicos (TP), modo pedonal e, em alguns casos, bicicleta. Assim a promoção da intermodalidade de transportes terá que passar pelas seguintes medidas de atuação:

- Proporcionar a utilização coletiva de bicicletas e garantir o transporte destas nos transportes públicos (autocarros, comboios, metro);
- Criar uma verdadeira rede infraestrutural especializada no modo pedonal;
- Promoção da criação de parques de estacionamento do sistema *P&R*;

A) CONCEITO DE PARK&RIDE

O sistema *Park&Ride* (*P&R*), de acordo com APA (2010), refere-se a parques de estacionamento periféricos ao espaço urbano, de curta e longa duração, localizados junto aos interfaces modais (estações de caminho-de-ferro, centrais de camionagem, paragens de autocarro). Estes parques, poderão ser gratuitos ou taxados a preços módicos (normalmente como forma de fazer face às despesas de manutenção e vigilância), devidamente interligados com o sistema de transporte coletivo (comboio, metro, autocarro) e/ou percursos pedonais de acesso ao centro, que funcionem como medidas dissuasoras à penetração do veículo no espaço central.

Num sistema de *P&R* o condutor conduz o seu veículo particular até parques de estacionamento de longa duração, localizados nos subúrbios, adjacentes a eixos de elevado tráfego para os centros urbanos ou junto a terminais de transportes coletivo e, onde se oferecem sistemas alternativos para realizar o resto da sua viagem. Assim, a função primária de parques *P&R* é a de providenciar espaços para a transferência de um modo de transporte para outro de forma segura, rápida e com conforto. (CCDR-Norte, 2008)

Na obra South Yorkshire (2005) é referido que, na infraestrutura de *P&R* na qual o serviço de transporte é garantido por autocarros, geralmente, é realizado sem paragens entre o parque de estacionamento periférico e o centro urbano. Quando o serviço de *P&R* é associado ao transporte ferroviário ou elétrico, geralmente fornece a facilidade de estacionamento nas estações principais, apesar de poder ser criada uma nova estação onde a infraestrutura de *P&R* está prevista.

Spillar(1997) classifica *P&R* como infraestruturas intermodais de transferência, devendo ser entendidas como parte do sistema de transporte.

Já no entender de Gomes (2009), *P&R* é o sistema que alia o estacionamento nas periferias com o transporte público como meio de transporte para o centro.

Os parques periféricos de apoio aos sistemas *P&R* podem ser divididos em três tipos distintos: remotos, com serviços regulares e periféricos. (AASHTO, 1992)

Os *P&R* remotos permitem a transferência modal a partir de zonas suburbanas ou comunidades satélite para outra zona suburbana, polo gerador de viagens ou área central (*Central Business District* - CBD), através de parques de estacionamento adjacentes a serviços de transporte coletivo (rápidos e de grande capacidade) diretos ao local de destino ou vias com prioridade a veículos de alta ocupação (vias HOV). O parque remoto geralmente encontra-se a uma grande distância do principal destino (10km a 50 km).

Os *P&R* com serviços regulares localizam-se ao longo de trajetos de serviços de transportes coletivos urbanos regulares, têm procura reduzida (5 a 25 carros), e geralmente partilham parques de estacionamentos de outros equipamentos como igrejas, centros comerciais, centros desportivos, entre outros.

Os *P&R* periféricos caracterizam-se pela sua localização na periferia dos CBD, atraindo o estacionamento de longa duração imediatamente antes de este entrar nas áreas centrais mais congestionadas. Oferecem alternativas para acesso às áreas centrais em termos de serviços de transporte urbano regulares, mas só são aplicáveis onde o estacionamento no local de destino seja reduzido ou extremamente caro.

Segundo South Yorkshire (2005), uma infraestrutura de *P&R* de sucesso irá permitir obter os seguintes benefícios:

- Aumentar o número de lugares de estacionamento na área central do local para o qual foi projetado sem aumentar a área destinada para esses fins;
- Reduzir as viagens de automóvel e os níveis de congestionamento de tráfego a jusante da infraestrutura, geralmente nos principais corredores de trânsito.
- Reduzir os acidentes a jusante da infraestrutura;
- Reduzir a poluição atmosférica a jusante da infraestrutura;
- Reduzir a procura a jusante da infraestrutura de vias urbanas;
- Reduzir o estacionamento de longa duração na área central da cidade;
- Melhorar a acessibilidade da cidade;
- Libertar espaço na área central da cidade;
- Gerar novas oportunidades na área envolvente à infraestrutura *P&R*;

Se a infraestrutura de *P&R* for entendida como parte do sistema de transporte e se existir um cuidado planeamento do sistema de transporte, isto poderá conduzir a um incentivo da alteração da ocupação do veículo de individual para um modo de ocupação mais coletivo, atendendo às necessidades da eficiência dos futuros mercados de viagens urbanas. (Spillar, 1997)

Resumindo, e tal como refletido em CCDR-Norte (2008), as infraestruturas de *P&R* apresentam-se como alternativas especiais ao estacionamento nas áreas centrais, mas só serão utilizadas se apresentarem benefícios claros, traduzidos normalmente por economia de tempo e dinheiro, face ao automóvel particular.

B) REQUISITOS – CRITÉRIOS DE LOCALIZAÇÃO

O posicionamento estratégico das infraestruturas *P&R* é um elemento chave na conceção de redes de transporte na América do Norte, em contraste com os sistemas de transporte europeus. Na Europa, as infraestruturas *P&R* têm sido planeadas sobre redes de transporte já existentes, sendo que a localização destas infraestruturas tem sido centrada em áreas onde o solo está disponível, o que muitas vezes resulta que estas infraestruturas não são localizadas nos locais ótimos. (Dickens, 2001)

A escolha do local para a instalação de um *P&R* é um dos elementos mais importantes do processo de planeamento do *P&R*, sendo o processo de escolha muito difícil devido a diversos fatores tais como, o espaço disponível, constrangimentos ambientais, a rede de transporte existente, entre outros. (Spillar, 1997)

Existe, portanto, a necessidade de cuidados especiais na sua implementação, nomeadamente, na sua localização geográfica, no seu dimensionamento funcional, na interação com os sistemas de transporte que serve, entre outros. (CCDR-Norte, 2008)

Gomes (2009) refere que em relação à localização de estacionamento de longa duração, estes devem estar junto à rede viária estruturante e estações de transporte público rápido. Fora do concelho estas estações devem ser ferroviárias, mas dentro do concelho deve optar-se pelas estações metropolitanas pois possuem maior aceitação pela população, e permitem tarifas mais reduzidas.

Com base em AASHTO (1992), estas infraestruturas deverão ser localizadas com base nos seguintes critérios:

- Próximas dos principais corredores de transporte, servidos de transporte público de alta qualidade (*Light Rail Transit* (Metro) ou *Express Bus*), e nas estradas principais da cidade.
- Localizados de modo a interceder os motoristas a montante da congestão do tráfego rodoviário, deverão estar em corredores com acesso rodoviário bom, conduzindo assim diretamente ao equipamento.

- Tempo total de viagem desde o *P&R* para o Distrito Central de Negócios (*Central Business District* - CBD) deve ser igual a, ou, de preferência menos do que, o tempo de viagem de carro.
- Idealmente, a instalação da infraestrutura *P&R* não deverá ser inferior a 5/6 km do centro, embora possa haver exceções, motivadas por exemplo pela existência de barreiras geográficas.
- Localizado a distâncias percorridas a pé inferiores a 200m de estações intermodais (ex. metro). Na opinião de APA (2010) esta distância deverá ser inferior a 300m, já para VTPI (2002) a distância não deverá ser superior a 500m.

CAPÍTULO III: A MOBILIDADE ELÉTRICA COMO ALTERNATIVA

Existem, em quantidade suficiente, boas opções disponíveis que mostram que o mundo pode concretizar o objetivo de controlar as alterações climáticas a um custo razoável, ao mesmo tempo que permitem que a economia global continue a crescer e a elevar os seus padrões de vida. Um dos mais empolgantes desenvolvimentos no horizonte tem a ver com a nova geração de automóveis elétricos. (Sachs, 2009)

Segundo Paine (2006) os veículos elétricos (EV) eram populares no final do século XIX e início do século XX, mas as limitações associadas às baterias e os avanços na tecnologia de combustão interna e de produção em massa de veículos mais baratos de gasolina, fizeram com que os veículos elétricos “desaparecessem”. Com as crises energéticas das décadas de 1970 e 80, o interesse neste tipo de veículos voltou e, apesar dos avanços tecnológicos associados às baterias e à eletrónica de potência, os obstáculos à comercialização do EV mantinham-se. Contudo, em meados dos anos 2000 surgiu um renovado interesse na produção de carros elétricos, devido principalmente às preocupações com os preços do petróleo a aumentar rapidamente e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Chan, 2007).

Atualmente, em relação ao ambiente e à qualidade de vida das populações urbanas existe uma consciência clara que um dos principais problemas a resolver está diretamente relacionado com o sector dos transportes rodoviários.

Segundo a Associação Portuguesa de Veículos Elétricos (APVE, 2003) os veículos elétricos rodoviários são caracterizados por:

- **Condução mais limpa e silenciosa:** não emissão de gases de escape bem como uma deslocação do veículo mais silenciosa e suave;
- **Condução agradável e uma capacidade de aceleração elevada:** não apresenta uma caixa de mudanças nem o pedal da embraiagem, a sua condução é suave e as condições de segurança idênticas às dos veículos convencionais;

- **Custos baixos de operação:** o custo da energia elétrica despendida por veículos elétricos, corresponde a um terço do valor do custo do combustível utilizado por veículos com motores de combustão interna, para a mesma distância percorrida e em condições idênticas de utilização e, reduções substanciais nos custos de manutenção, já que operações como mudanças de óleo e outras inerentes à manutenção de um motor de combustão interna deixam de fazer sentido.

Enquadrado na necessidade de soluções que contrariem a situação criada, a utilização dos veículos elétricos rodoviários surgem como uma alternativa viável para determinadas aplicações de mobilidade e transporte, quando enquadrados numa política concertada e sustentável de transportes.

De acordo com a APVE (2003) é na mobilidade elétrica, através da mudança para veículos elétricos, que reside a esperança de alcançar uma solução a curto e médio-prazo. Este novo paradigma energético permitirá libertar a sociedade da dependência dos combustíveis fósseis, no que diz respeito ao abastecimento dos veículos, contudo a forma de produção desta energia deverá ter origem renovável de modo a manter este princípio.

1. Caso europeu

Nos últimos quinze anos, a União Europeia tem vindo a desenvolver políticas de mobilidade sustentável, tendo como metas a independência, eficácia e eficiência energéticas, a redução dos impactes sobre a saúde e o ambiente e a redução das emissões de CO₂.

No Protocolo de Quioto acordou-se a redução de pelo menos 5% das emissões de Gases com efeito de estufa (GEE) dos países desenvolvidos em 2008-2012 em relação a 1990, na qual a União Europeia assumiu esse compromisso com os seus

Estados Membros, tendo sido adotado em Dezembro de 1997 (European Comission, 2010).

O sector dos transportes consome mais de 60% dos combustíveis fósseis, muito superior ao necessário em 1990. Assim, em 2008, a UE previa que este sector, que emitia 25% do CO₂ em 1990, aumentasse as suas emissões na Europa em aproximadamente 40% até 2010 (André, 2008).

Segundo Almeida (2010), é urgente atuar sobre o setor dos transportes, uma vez que é responsável por cerca de 36% do consumo energético em Portugal como se observa na figura 2.

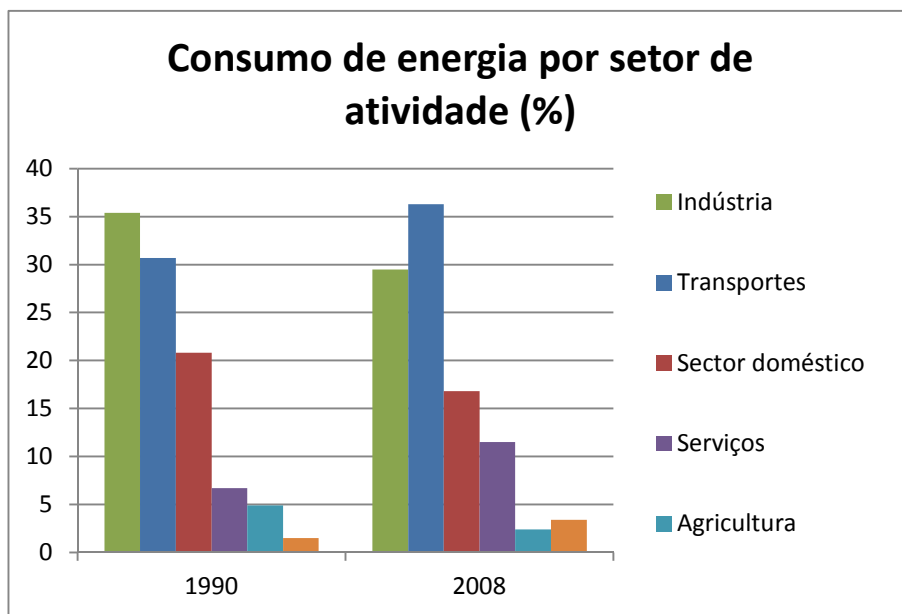


Figura 2 - Consumo energético em Portugal por setor de atividade, fonte: DGEG (2009)

Na figura 3 é apresentada uma comparação das emissões de CO₂, associadas a diferentes meios de transporte, para um percurso de um km. Assim, podemos concluir que automóvel (Transporte Individual - TI), dentro do setor dos transportes apresenta um peso significativo no que diz respeito à emissão de gases com efeito de estufa.

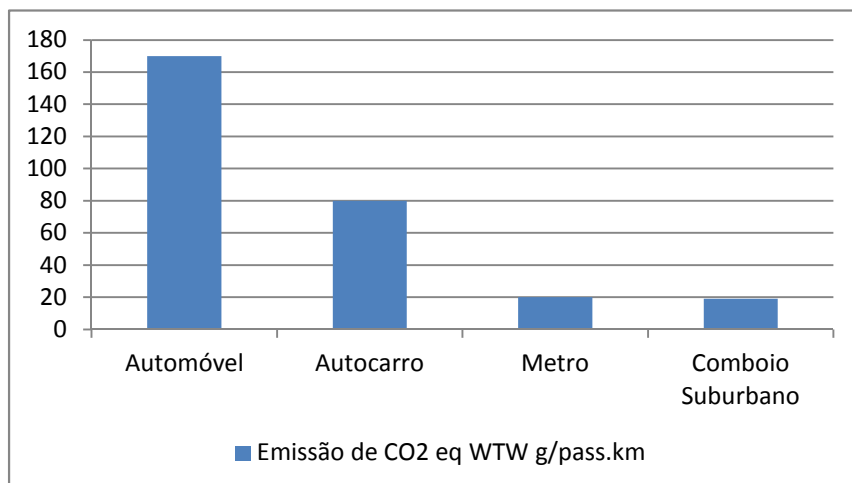


Figura 3 - Comparação das emissões de CO₂, associadas ao meio de transporte, para um percurso de um km, adaptado de (IMTT, 2010).

Assim, o setor dos transportes desempenha um papel significativo no cumprimento dos compromissos assumidos pela União Europeia.

Para que possam ser alcançadas as metas acordadas no Protocolo de Quioto, é essencial a implementação de novas medidas penalizadoras do uso do transporte individual, bem como o recurso a transportes alternativos mais verdes, mais acessíveis e a criação de uma cultura de mobilidade mais sustentável.

Em 2007, foi apresentado o Livro Verde “Por uma nova cultura de mobilidade urbana”, pretendendo introduzir uma discussão pública sobre importantes questões da mobilidade urbana e servir de plataforma para o que poderá vir a ser uma política europeia neste âmbito (Comissão Europeia 2007).

Diversos projetos têm sido apoiados pela União Europeia, como os programas *Clean Urban Transport for Europe* (CUTE), *Ecological City Transport System* (ECTOS), *Cleaner and Better Transport in Cities* (CIVITAS) e o projeto *Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment* (SMILE), todos com o objetivo de fomentar políticas para “um transporte mais limpo e melhor” na cidade e para uma mobilidade urbana sustentável.

O *Mobile Energy Resources for Grids of Electricity (MERGE)* é o principal projeto financiado pela União Europeia no que toca à investigação de redes de distribuição de energia para automóveis elétricos, que, teve início em 2009 (MERGE, 2010).

Em Abril de 2010, foi lançada “Uma estratégia europeia para veículos não poluentes e energeticamente eficientes” (Comissão Europeia, 2010) com o objetivo de reduzir as emissões de carbono dos transportes rodoviário em 85-90% até ao ano de 2050.

Nesta iniciativa, designam-se por veículos não poluentes os veículos que usam combustíveis alternativos, como os biocombustíveis líquidos (Etanol e Biodiesel) e combustíveis gasosos (Gás de Petróleo Liquefeito - GPL e Gás Natural Comprimido-GNC), os veículos elétricos e os veículos a células de combustível de hidrogénio (Comissão Europeia, 2010).

Assim, os veículos elétricos são vistos, nesta estratégia, como uma promissora solução para o aquecimento global, para a dependência dos combustíveis fósseis e para as poluições atmosférica e sonora. No entanto, a estratégia da Comissão Europeia refere que “atualmente sente-se a inexistência de um enquadramento europeu para a mobilidade elétrica” (Comissão Europeia, 2010).

Os veículos elétricos são incluídos na “*European Green Cars Initiative*”, tendo esta iniciativa, um financiamento da Comunidade Europeia. Para além da pesquisa em veículos que utilizem biocombustíveis ou hidrogénio, pretende a investigação dos veículos elétricos e híbridos, mais concretamente nas baterias, motores e sistemas de carregamento (European Commission, 2009).

No documento Europa 2020, a Comissão Europeia sugere que se trabalhe no sentido de uma rápida implementação de uma rede de abastecimento de veículos elétricos, impulsionando desta forma a utilização do veículo elétrico de forma a obter uma economia mais sustentável e respeitando os limites impostos para a redução de emissões de dióxido de carbono.

A 25 de Maio de 2010, no âmbito da mobilidade elétrica na Europa, Alemanha, Espanha, França e Portugal apresentaram uma declaração conjunta sobre implementação de uma rede de abastecimento de veículos elétricos.

Em 20 de Fevereiro de 2012, foi apresentado no Parlamento Europeu o projeto *MOBI.Europe*, com o objetivo de criação de condições para uma rede pan-europeia de mobilidade elétrica, demonstrando a capacidade de os veículos elétricos serem utilizados em larga escala no espaço europeu, onde Portugal irá coordenar um dos três primeiros projetos-piloto de demonstração, da viabilidade da mobilidade elétrica (MOBI-Europe, 2011).

2. Caso português

Portugal pretendia ser uma referência global ao nível da mobilidade elétrica assente no Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal, criado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2009 de 20 de Fevereiro, com o objetivo de introduzir e massificar a utilização do veículo elétrico a nível nacional. Este programa aspirava também posicionar Portugal como país de referência ao nível do teste, desenvolvimento e produção de soluções de mobilidade elétrica.

Este programa permitiu posicionar o país como pioneiro na adoção de novos modelos para a mobilidade elétrica que fossem sustentáveis do ponto de vista ambiental e que pudessem otimizar a utilização racional de energia elétrica e aproveitar as vantagens da energia produzida a partir de fontes renováveis.

A aposta na mobilidade elétrica tem como objetivos:

- **Energéticos** — redução da dependência energética externa de combustíveis fósseis, que deterioram substancialmente a balança comercial do País;
- **Ambientais** — redução da poluição atmosférica e das emissões de CO₂, em particular, bem como a redução dos níveis de ruído, que contribuem para a melhoria da qualidade de vida nas cidades;

- **Económico-sociais** — redução da fatura de mobilidade das famílias e empresas que optem por esta solução alternativa de mobilidade.

O Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal está dividido em três fases: Fase Piloto, Fase de Crescimento e Fase de Consolidação.

A Fase Piloto tinha como principal objetivo a construção de uma rede de abastecimento mínima experimental, até ao final de 2011. No entanto esta fase foi prorrogada em Março de 2012.

A rede mínima vai ser instalada em 25 municípios e nos principais eixos viários, municípios esses que serão principalmente capitais de distrito e as zonas metropolitanas de Lisboa e do Porto, podendo ser observado na figura 4. Esta fase terá também um intuito experimental.

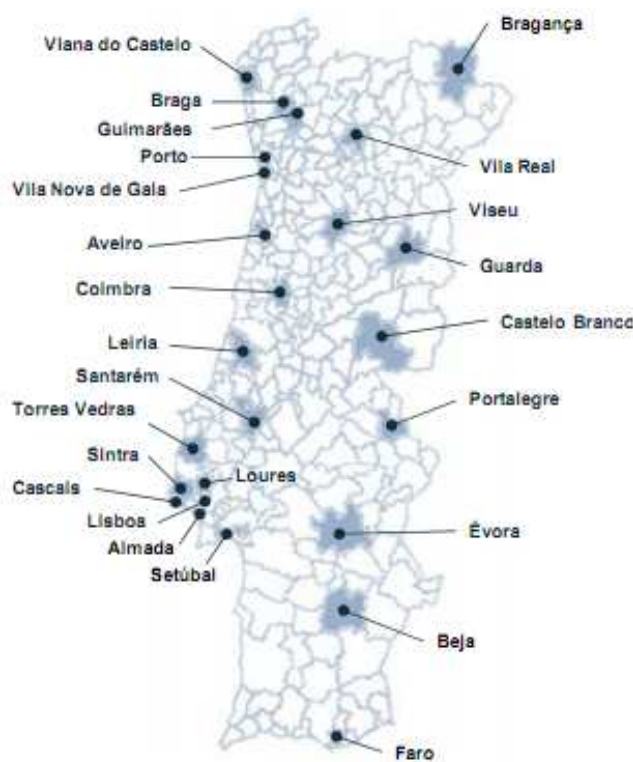


Figura 4- Municípios aderentes à Rede Piloto de abastecimento de veículos elétricos, fonte: (Reis, 2010).

Previam-se que até ao final do ano de 2011 estariam instalados 1300 pontos de carregamento normal e 50 de carregamento rápido, divididos por 25 municípios.

Numa consulta efetuada a 13 de Março de 2012, em MOBI-E(2010), foram apresentados 941 pontos de carregamento (tomadas) em 389 postos de carregamento (locais onde se pode carregar).

A Fase de Crescimento, inicialmente prevista para início em 2012 mas recentemente adiada, contempla a expansão da rede anterior adaptando os resultados obtidos na Fase Piloto, esta expansão irá ser proporcionada em função da procura a este tipo de equipamento.

Finalmente, na Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2009 de 20 de Fevereiro é referido que a Fase de Consolidação irá ter início assim que a procura de veículos elétricos atingir um nível sustentável, integrando sistemas inteligentes de carregamento sempre que possível.

Para além da construção da rede de abastecimento que impulsionará a aquisição de veículos elétricos, o Governo Português prevê uma série de estímulos financeiros para a aquisição deste tipo de automóveis.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 22-A/2007, os veículos elétricos ou movidos a energias renováveis estão isentos do Imposto Sobre Veículos (ISV) e Imposto Único de Circulação (IUC).

O Decreto-Lei nº39/2010 de 26 de Abril estabelece o incentivo financeiro no montante de 5000€, atribuído, à aquisição, por pessoas singulares, dos primeiros 5000 veículos elétricos automóveis ligeiros novos; e ainda o incentivo no valor de 1500 €, à destruição de automóveis ligeiros em fim de vida por troca com a aquisição de veículos elétricos automóveis ligeiros novos.

No entanto, a 21 de Novembro de 2011 a Proposta de Lei n.º 27/XI veio revogar os incentivos financeiros na aquisição de veículos elétricos, nomeadamente o montante de 5000€ e os 1500€, em cumprimento do compromisso assumido no Memorando de Entendimento celebrado pelo Estado Português com a União Europeia, o Fundo Monetário Internacional (FMI) e o Banco Central Europeu (BCE).

Em MOBI-E (2012) é referido que a 3 de Janeiro de 2012, a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) prolongou o acesso gratuito aos postos de

abastecimento para a mobilidade elétrica, na sequência da prorrogação da fase piloto do Programa para a Mobilidade Elétrica, recentemente anunciada pelo Governo, alegando que a fase piloto "está fortemente dependente da evolução tecnológica e da disponibilização comercial de veículos elétricos, mas a identificação de tais circunstâncias apresenta dificuldades e um elevado grau de incerteza".

Neste sentido, a ERSE veio afirmar que "não é possível nesta data reunir as condições necessárias para a determinação das tarifas", sendo que a data para este efeito será "previamente publicada pela ERSE" (MOBI-E,2012).

3. O veículo elétrico

A história dos veículos elétricos remonta a meados do século XIX, entre 1832 e 1839, quando surgiu o primeiro veículo elétrico, construído por Robert Anderson, que funcionava com baterias não recarregáveis. (Carothers, 2011)

Paine (2006) refere que o carro elétrico tornou-se muito popular e era visto como um veículo suave e limpo, estando já muito disseminado. Contudo, a descoberta de petróleo no Texas reduziu o preço da gasolina e a invenção, em 1912, da ignição elétrica, contribuíram para uma nova esperança dos veículos a combustão. A descoberta da produção em massa, através de Henry Ford, colocou no mercado veículos a gasolina por metade do preço do veículo elétrico. Estes carros apresentavam maior autonomia e velocidades superiores, o que cada vez mais se tornava uma necessidade, já que a melhoria das vias e dos acessos requeriam uma autonomia maior, além das deslocações curtas no centro das cidades. (Paine,2006).

A conjugação de todos estes fatores fez com que os veículos elétricos, por altura da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), quase desaparecessem e passassem a ser procurados apenas por táxis, camiões e carrinhas de entrega.

Além destes, a eletricidade ainda fazia mover os comboios nas minas de carvão e metropolitanos, já que o fumo não podia existir nestes espaços.

Nos anos 40, do século XX, foram introduzidos os comboios a gasóleo, que começaram a substituir o vapor, contudo os sucessivos avanços tecnológicos fizeram com que o comboio elétrico fosse encarado como uma alternativa viável, pelo que se começaram a eletrificar as grandes linhas ferroviárias a partir dos anos 60 do século XX (Mendonça, 2008).

A primeira crise petrolífera em 1973, a crescente preocupação ambiental e os novos avanços tecnológicos no campo das baterias e dispositivos eletrónicos, vieram dar um novo e forte impulso à viabilidade dos veículos elétricos. A quota de mercado dos veículos elétricos ganhou ainda maior expressão a partir de 1990, aquando das sucessivas subidas do barril de petróleo e da maior consciencialização ambiental (Mendonça, 2008). Os motores híbridos apareceram como alternativa imediata, já que reduzem o consumo de gasolina.

Segundo CIM Cávado (2011), atualmente, a sociedade, as opções políticas e a indústria encontram-se muito despertos para a disseminação dos veículos totalmente elétricos, contando-se já com veículos muito ambiciosos, cada vez mais capazes de satisfazer os desejos dos utilizadores. Contudo, existe ainda um longo caminho a percorrer no desenvolvimento desta tecnologia.

A) O CONCEITO

A definição breve de veículo elétrico descreve-o como um veículo equipado com uma ou mais baterias, recarregadas através da rede elétrica, que fornece energia a um motor elétrico, que por sua vez a converte em energia mecânica. Estes veículos são ideais para deslocações curtas e para uma condução citadina, já que se caracterizam por serem pequenos, leves, silenciosos, com alto desempenho energético e com baixa autonomia (Silva P. S., 2010).

Em Gomes(2010), é referido que os veículos elétricos podem ser a baterias ou puramente elétricos (*electric vehicles* (EV)), veículos elétricos híbridos (*hybrid electric vehicles* (HEV)), veículos elétricos híbridos de recarregamento pela rede (plug-in hybrid

electric vehicles (PHEV)) e veículos elétricos a pilha de combustível (*fuel cell vehicles* (FCV)).

Atualmente, no mercado de veículos elétricos rodoviários, é possível encontrar desde veículos com duas rodas a veículos pesados com propulsão elétrica, passando por veículos utilitários, automóveis de passageiros, veículos comerciais, autocarros de passageiros e veículos variados de utilização específica (APVE, 2003).

Os utilizadores de veículos elétricos deixam de medir o consumo das suas deslocações na unidade “L/100 Km”, já que o inovador veículo consome “KWh”. A título de exemplo da sua eficiência energética, podemos destacar que um veículo a gasóleo, com consumos de 5 L/100 Km, consome cerca de 53 KWh/100 Km, enquanto um veículo elétrico realiza médias de 20 kWh/100Km (Silva P. S., 2010).

Relativamente à autonomia, os veículos de combustão interna apresentam ainda vantagens consideráveis, atendendo à baixa autonomia disponibilizada pelos elétricos, já que a bateria é o principal obstáculo a ultrapassar. É por esta razão que o êxito destes veículos depende muito da evolução desta tecnologia. Foi precisamente o recente progresso, na tecnologia de baterias, que possibilitou o relançamento dos veículos elétricos (Braga, 2010).

B) PRÓS E CONTRAS DO VEÍCULO ELÉTRICO

Os veículos elétricos apresentam diversas vantagens comparativamente aos veículos que utilizam a combustão para gerar energia mecânica, contudo também possuem desvantagens que podem comprometer o sucesso da sua aplicação.

Baseado em Portal Energia (2010) e Veiculos Electricos (2009) é apresentado um resumo de alguns prós e contras associados a esta nova tecnologia.

Prós:

- **Diminuição da poluição atmosférica** - o veículo elétrico, além de não emitir gases poluentes aquando da sua movimentação, é significativamente mais eficiente energeticamente;
- **Diminuição da poluição sonora** – atualmente a poluição sonora existente nas grandes cidades é promotora de diversos problemas na saúde humana. Sabendo que os veículos de combustão são os principais geradores de ruído, então os veículos elétricos poderão constituir a solução deste problema, já que são claramente mais silenciosos;
- **Condução suave e simples** – os veículos elétricos além de não necessitarem de embraiagem nem de caixas de mudanças, proporcionam uma condução bastante suave e descontraída;
- **Custos de utilização:** o custo da energia elétrica despendida por veículos elétricos com um sistema de armazenamento de energia em baterias corresponde a um terço do valor do custo do combustível utilizado por veículos com motores de combustão interna, para a mesma distância percorrida e em condições idênticas de utilização. Segundo (Monteiro, 2011), optando por um carregamento da bateria à noite, num local com tarifa bi-horária, estes carros gastam pouco mais que um Euro para fazer 100km.
- **Manutenção reduzida** - com metade das peças utilizadas pelos veículos de combustão, as despesas de manutenção dos veículos elétricos são consideravelmente mais reduzidas;
- **Benefícios fiscais** – Até ao Dezembro de 2011 existiam diversos incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Estado Português para aqueles que optassem pela compra de um veículo elétrico, nomeadamente: incentivo para abate e compra, recentemente retirado segundo (Proposta de Lei nº 27/ XI, 21 de Novembro de 2011), a isenção de ISV e IUC e deduções fiscais na aquisição para empresas, ainda em vigor (Rede nacional de mobilidade elétrica).

Contras:

- **Reduzida autonomia** - Atualmente, a autonomia dos carros elétricos situa-se aproximadamente entre os 100 e os 200km, o que em determinadas situações é diminuto;
- **Custo de aquisição** - O preço dos veículos elétricos é elevado quando comparados com os equivalentes de combustão interna, mesmo considerando os enormes benefícios fiscais atribuídos por alguns estados europeus;
- **Baterias** – Este equipamento ainda é de grandes dimensões, pesado e muito caro.
- **Tempo de carga** - As baterias de iões de lítio já permitem, quando carregadas em locais específicos, atingir cerca de 80% da sua capacidade em aproximadamente 20 minutos. Contudo, quando a carga é efetuada através de uma tomada comum, 220v, pode durar entre 6 a 8 horas até atingir a carga total;
- **Postos de abastecimento** – Apesar dos atuais esforços para a criação de postos de abastecimento, a falta de infraestruturas elétricas públicas, para efeitos de carregamento, poderá revelar-se um problema, quando se tem em conta a autonomia destes veículos;
- **Produção de eletricidade** - dependendo do modo como a eletricidade é produzida, pode haver emissões de CO₂ relacionadas com a circulação de veículos elétricos.

Em (Gomes, 2010), o veículo elétrico é caracterizado como sendo tipicamente um veículo pequeno, leve e alimentado por baterias, que são recarregadas pela rede, tornando-se ideais para deslocações curtas e para uma condução citadina. São caracterizados por terem um balanço de emissões nulo (Chan, 2007), alto desempenho energético, silenciosos, baixa autonomia, custo elevado, tempo de recarga elevado, espaço insuficiente para pessoas e mercadoria e por não dependerem dos combustíveis fósseis.

Na figura 5 é feita uma comparação entre veículos elétricos e veículos a combustão interna, neste caso a gasolina.

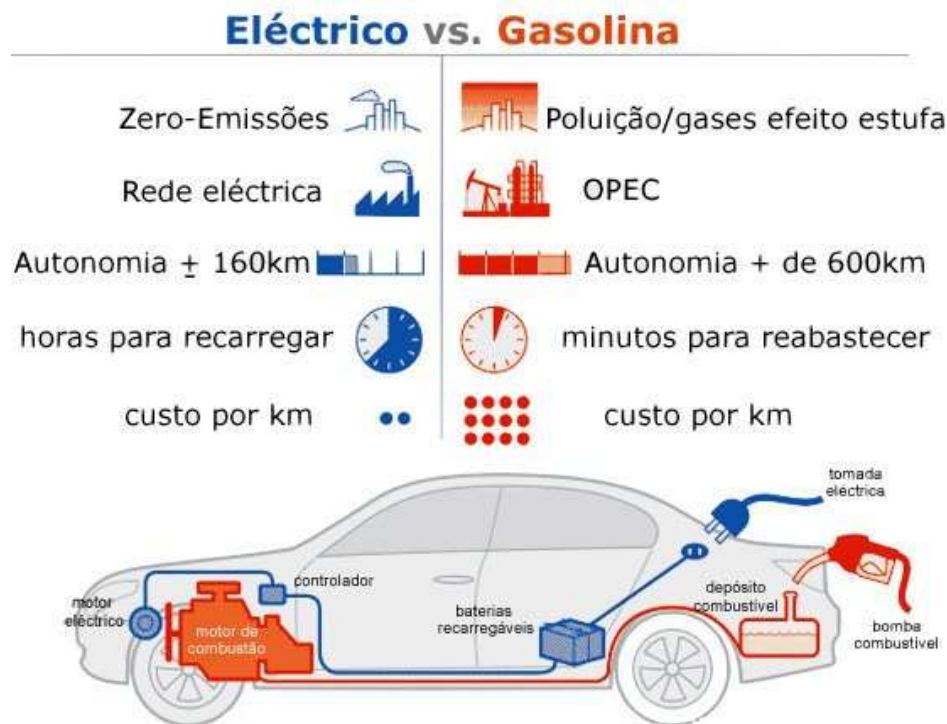


Figura 5 - Comparação entre veículo elétrico e veículo a gasolina, fonte: (Veículos Elétricos, 2009)

C) O ABASTECIMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Os veículos elétricos (EV) têm um processo de abastecimento diferente dos veículos de combustão interna, sendo que nos EV este pode mais simples e mais demorado que nos veículos de combustão interna, ou seja a gasolina e a gasóleo.

Tal como refere (Frade, 2010), o abastecimento num veículo a combustão, é feito em bombas de abastecimento pelo condutor ou por pessoal especializado, sendo esta operação bastante rápida, podendo demorar alguns minutos. O processo de abastecimento nos veículos elétricos é mais lento, no entanto, pode ser feito em qualquer lugar, bastando para isso a existência de uma ficha elétrica com determinadas características, que no entender de (Reis, 2010) é uma corrente monofásica de baixa tensão 230/400 V 16/32 A.

O principal problema associado aos veículos elétricos é o seu abastecimento, uma vez que as baterias são caras, têm baixas autonomias, períodos de vida curtos,

têm grandes dimensões, são pesadas e, principalmente demoram muito tempo a carregar (Silva P. S., 2010).

Existem três formas de abastecimento: a troca de baterias, o carregamento normal ou lento, e o carregamento rápido (Silva P. , 2010).

A troca de baterias é uma solução mais rápida do que o carregamento mas tem muitas implicações na propriedade da bateria e, por isso, apenas se adapta a frotas privadas ou modelos de negócio particulares (Silva P. , 2010), assim não é uma solução admitida na legislação portuguesa (Decreto-Lei nº 39 de 2010, 26 de Abril de 2010).

As necessidades de carregamento vão depender do tipo e peso do veículo, do número de quilómetros percorridos e do tipo de condução do seu utilizador (Viegas, 2009).

O abastecimento de veículos elétricos (ver figura 6) é feito através da conexão entre o veículo e o posto de abastecimento.



Figura 6 - Veículo elétrico a abastecer, fonte: MOBI-E(2010)

Segundo MOBI-E (2010), um carregamento lento ou normal demora cerca de 6 a 8 horas a ficar completo, já o carregamento rápido demora cerca de 20-30 minutos.

A diferença existente nos dois tipos de carregamento é explicada pela energia necessária na rede elétrica para efetuar este tipo de operação, assim, para efetuar o carregamento normal é preciso uma corrente monofásica de baixa tensão 230/400V 16/32A, enquanto para o carregamento rápido é necessária uma corrente trifásica 400V até 200A (Reis, 2010).

Esta diferença traduz-se não só numa maior sobrecarga da rede, mas também numa instalação mais cara e numa maior dificuldade de fazer chegar a eletricidade ao ponto de carregamento.

D) LOCALIZAÇÃO DE POSTOS DE ABASTECIMENTO

A localização de postos de abastecimento de veículos elétricos é uma decisão de elevada importância para o sucesso da mobilidade elétrica.

Assim, considerando todas as possíveis localizações de um equipamento deste tipo, deveremos atender a diversos critérios. Não obstante, qualquer que seja o lugar de abastecimento, existem requisitos a cumprir em cada um dos casos, que podem por si só eliminar possíveis localizações, se não puderem ser resolvidos.

No Programa para a Mobilidade Elétrica (Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2009, 7 de Setembro de 2009) é proposto que os espaços para o carregamento de veículos elétricos se possam dividir em três tipos: espaços públicos de acesso público, espaços privados de acesso público e espaços privados de acesso privado.

O mesmo documento refere que todos os parques de estacionamento que estejam em via pública e parques públicos explorados, ou não, por entidades públicas e privadas, são designados por espaços públicos de acesso público. Espaços privados de acesso público são os parques que apesar de serem propriedade de entidades privadas têm acesso público, como por exemplo parques de estacionamento de centros comerciais ou áreas de serviço.

Os espaços privados de acesso privado são todas as garagens os parqueamentos de moradias ou condomínios cujo acesso está limitado aos proprietários/moradores e parques de empresas destinados aos trabalhadores (Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2009, 7 de Setembro de 2009).

Na realidade a localização de postos de abastecimento varia consoante o tipo de carregamento que o veículo vai fazer (ver figura 7) e, conseqüentemente, o tempo que este irá demorar.



Figura 7 -Tipos de carregamento previstos pelo Plano de Mobilidade Elétrica, fonte: Reis (2010)

De acordo com Frade (2010), se considerarmos um carregamento normal e, dado que necessita de 6 a 8 horas para completar o processo, as zonas preferenciais de localização de um equipamento para efetuar este tipo de carregamento, deverá ser em zonas onde as pessoas possam ter o carro estacionado por longos períodos. É este o caso de zonas de habitação ou zonas de emprego.

Em MOBI-E (2010) são apresentadas prioridades, a ajustar em cada cidade, para a localização de postos para carregamento normal, nomeadamente, as vias públicas centrais, as áreas de estacionamento públicos, as áreas residenciais onde o estacionamento privado é escasso e as áreas de estacionamento pago.

Na Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2009 de 7 de Setembro de 2009, é proposto que os postos de carregamento rápido estejam localizados em estações de serviço, servindo naturalmente viagens de longo curso. Este requisito é devido às elevadas exigências que este tipo de carregamento acarreta, nomeadamente corrente trifásica.

Para (Frade, 2010), além dos critérios de localização sugeridos em (Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2009, 7 de Setembro de 2009) deveremos ter em conta:

- **Capacidade da rede** - Cada ponto de abastecimento lento necessita de 2 a 3kW, no entanto como cada posto pode ter vários pontos de abastecimento, podem representar uma grande sobrecarga para a rede. Existem no entanto restrições ao nível da capacidade associada ao número de pontos por posto, considera-se que cada terminal tem capacidade de gerir até 18 pontos de carregamento por posto. (Reis, 2010).
- **Ventilação dos parques** – Segundo a *Electric Transportation Engineering Corporation* (2009) citada por Frade (2010) algumas baterias, como as de ácido de chumbo e as zinco-ar, emitem gás de hidrogénio durante o carregamento, sendo necessário assim garantir uma adequada ventilação, já que a concentração deste gás cria condições de explosão. Assim, em último caso, deverá impedir-se o carregamento dos veículos com este tipo de baterias em parques cobertos.

As baterias mais comuns para a utilização em EV são as baterias de lítio que têm melhor performance definindo melhores parâmetros de concentração de energia, menores volume e peso (Silva P. S., 2010).

Em relação às garagens particulares, as restrições da capacidade da rede elétrica e da ventilação mantêm-se.

- **Espaço ocupado pelos equipamentos** – Existem condicionantes relacionadas com espaço que os equipamentos podem ocupar, mas esta limitação diz respeito ao número de pontos a considerar em cada um dos postos.

Referir ainda que cada posto de abastecimento contém mais do que um ponto de carregamento possível, permitindo desta forma o abastecimento de vários veículos em simultâneo. O posto de abastecimento, representado na figura 8, possui 2 pontos de carregamento



Figura 8 - Posto de abastecimento para veículos elétricos, fonte: MOBI-E (2010)

Outros fatores, na minha opinião, deverão ser tidos em conta na localização destes equipamentos, tais como a:

- **Criação de parques de estacionamento *P&R*** – Deve ser desenvolvida uma lógica multimodal através da promoção da intermodalidade entre os modos de transporte coletivo (comboio, metro, autocarro) e individual (automóvel, motorizada, bicicleta, deslocação a pé). Uma das formas de promoção da intermodalidade de transportes poderá ser através da criação de parques de estacionamento periféricos ao espaço urbano, de curta e longa duração, junto aos interfaces modais (estações de caminho-de-ferro, centrais de camionagem, paragens de autocarro). Estes parques, segundo APA (2010), designados de *P&R*, poderão ser gratuitos ou taxados a preços módicos (normalmente como forma de fazer face às despesas de manutenção e vigilância), devidamente interligados com o sistema de transporte coletivo (comboio, metro, autocarro) e/ou percursos pedonais de acesso ao centro, que funcionem como medidas dissuasoras à penetração do veículo no espaço central. Nesta lógica, estes locais, poderão ser considerados como fator importante de localização de postos de abastecimento.

CAPÍTULO IV: ANÁLISE MULTICRITÉRIO

1. Introdução

As seguintes definições surgem baseadas em Ramos R. (2000) e Rodrigues (2001).

No âmbito da teoria da decisão, o conceito de decisão é definido como a escolha entre alternativas. As alternativas podem representar diferentes localizações, planos, classificações, hipóteses sobre um fenómeno, entre outros critérios.

Um critério representa uma condição que, contribuindo para a tomada de decisão, se pode quantificar ou avaliar. Os critérios podem ser de dois tipos: Exclusões ou Fatores, tal como definidos abaixo.

Exclusão: critério que limita as alternativas em consideração na análise. Importa salientar que existem dois tipos de exclusões: as que definem as alternativas não elegíveis a excluir do espaço inicial de soluções possíveis (limitações ao espaço de análise) e as que visam garantir que a solução final englobe algumas características pré-estabelecidas.

Fator: critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa para o objetivo em causa. Geralmente, a medida da aptidão é efetuada adotando uma dada escala e de forma a abranger todo espaço de solução inicialmente definido.

Ao procedimento que define como combinar os critérios para obter uma determinada avaliação, inclusive como comparar as avaliações com o intuito de tomar decisões, dá-se o nome de regra de decisão. Na sua forma mais comum, uma regra de decisão fornece procedimentos para normalizar e combinar diferentes critérios que resultam na obtenção de um índice composto, bem como uma regra que rege a comparação entre alternativas com base nesse índice.

Enquadradas no contexto de um objetivo específico, as regras de decisão estruturar-se-ão para que, ao longo de todo o processo, sejam respeitadas as motivações dos interessados na decisão.

Com a finalidade de atingir um determinado objetivo, é frequente ser necessário avaliar e combinar diversos critérios. A Avaliação Multicritério consiste nos procedimentos que permitem efetuar essas operações (Voogd, 1983; Carver, 1991 citado por Rodrigues, 2001)

2. Avaliação dos pesos para os critérios

Uma das grandes dificuldades encontrada muitas vezes num processo de decisão, que envolve múltiplos critérios, é a forma como se deve quantificar a importância relativa de cada um deles, ao que acresce o fato dos mesmos possuírem graus de importância variáveis para diferentes decisores. Portanto, é necessário definir qual a importância relativa de cada critério no processo de decisão, o que é feito normalmente atribuindo um determinado peso a cada critério interveniente. A correta atribuição de pesos é importante para que sejam mantidas as preferências dos decisores.

Embora não se possa afirmar que exista um método consensual para a definição de pesos, podem encontrar-se na literatura várias propostas de procedimentos para este efeito (Voogd, 1983; von Winterfeldt e Edwards, 1986 citado por Rodrigues, 2001; Malczewski, 1999). Apresentam-se nas secções seguintes quatro métodos baseados no ordenamento de critérios, em escalas de pontos, na distribuição de pontos e, finalmente, em comparações par a par.

3. Métodos baseados no ordenamento de critérios

Ordenar os critérios de acordo com a ordem de importância atribuída pelo decisor, isto é, atribuir a cada critério uma ordem crescente em função do decréscimo da importância (ao critério mais importante é atribuído a ordem 1, ao segundo mais importante a ordem 2, ...), apresenta-se como um método de grande simplicidade. Após estabelecer-se a ordem, procede-se ao processo de geração dos pesos, para o qual existem diversos procedimentos. A título de exemplo, Rodrigues, 2001 cita (Stillwell *et al.*, 1981) o *rank sum*, que utiliza a ordem no ranking, e o *rank reciprocal*, que utiliza o inverso da ordem. As equações que permitem obter os vetores de pesos são as seguintes:

$$\text{Rank sum: } w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum_k (n - r_k + 1)}; \quad (1.1)$$

$$\text{Rank reciprocal: } w_j = \frac{1/r_j}{\sum_k (1/r_k)}; \quad (1.2)$$

Onde w_j é o peso normalizado do critério j , r_j a ordem do mesmo critério e n o número de critérios.

Apesar de atrativos, dada a sua simplicidade, em geral e, à medida que o número de critérios cresce, o emprego destes métodos torna-se inadequado (Voogd, 1983). Para um exemplo de cálculo de pesos por estes métodos, ver Malczewski (1999, p. 179)

A) MÉTODOS BASEADOS EM ESCALAS DE PONTOS

Sempre que uma avaliação direta é possível a escala de pontos surge como uma alternativa muito simples de atribuir pesos a critérios.

Osgood *et al.*, 1957 citado por Rodrigues, 2001, desenvolveu inicialmente este método entendendo que uma diferenciação em sete níveis é suficiente para expressar preferências. Neste método, para cada critério, é escolhido um valor pertencendo a uma escala de um a sete, sendo o significado de cada um dos valores interpretado com recurso ao princípio da semântica diferencial (a escala é marginada por duas expressões opostas – ver tabela 1)

Insignificante	1	2	3	4	5	6	7	Importante
----------------	---	---	---	---	---	---	---	------------

Tabela 1 - Escala de sete pontos, fonte: adaptado de Rodrigues (2001)

Atribuindo um valor da escala a cada critério, procede-se à normalização desses valores por forma a gerar um conjunto de pesos.

Posteriormente, surgiram variações onde a escala é convertida de forma arbitrária em escala de n pontos. Podem ser encontrados em Mendes *et al.* (1999) exemplos da utilização com uma escala de 5 pontos, aplicados a estudos de avaliação multicritério de qualidade de vida urbana.

B) MÉTODOS BASEADOS NA DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS

Segundo este método, o decisor é incumbido de distribuir, pelos diferentes critérios, pontos cujo total foi definido à partida. Deste modo, quanto maior o número de pontos atribuídos a um critério, maior será a sua importância relativa. Por exemplo, recorrendo a um total de 100 pontos, atribuí-los todos apenas a um critério significará que apenas esse é tido em conta para a tomada de decisão, em contrapartida, a atribuição de 0 pontos implica que o critério seja ignorado.

Easton (1973) citado por Rodrigues (2001), introduziu uma alteração ao método designada de procedimento de estimativa de rácios. Atribuída uma pontuação arbitrária ao critério mais importante (determinado através de um processo de ranking), são sucessivamente atribuídas pontuações proporcionalmente inferiores aos restantes critérios. A menor pontuação, associada ao critério com menor relevância, serve então de base para o cálculo dos rácios. Por outras palavras, a pontuação de cada critério é dividida pela pontuação mais baixa, resultando desta forma o rácio de cada critério. Para obter os pesos finais, esses rácios são normalizados através da divisão pelo seu total. Para um exemplo de utilização deste método, ver Malczewski (1999, p. 181).

C) MÉTODO BASEADO NA COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS PAR-A-PAR

Desenvolvida por Thomas Saaty (1977, 1980, 1987) no contexto dum processo de tomada de decisão denominado AHP (*Analytic Hierarchy Process*), a metodologia de comparação par-a-par é deveras mais complexa, mas também mais promissora. (Rodrigues, 2001)

Sendo n o número de critérios a comparar, esta técnica apoia-se numa matriz quadrada de comparação $n \times n$, onde ao longo das linhas e das colunas estão dispostos os critérios segundo a mesma ordem. Tem-se assim que a_{ij} representa a importância relativa do critério da linha i face ao critério da coluna j . Dado que a matriz é recíproca, apenas é necessário analisar a metade triangular inferior.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \wedge \quad a_{ii} = 1, \quad \forall i, j \in \{1, \dots, n\} \quad (1.3)$$

Com o intuito de normalizar todas as comparações par-a-par efetuadas, Saaty (1980) propôs uma escala de comparações de critérios alicerçada em nove níveis numéricos (tabela 2 e tabela 3), invocando uma maior facilidade desta escala, face a outras mais curtas.

Valor	Definição e explicação
1	Igual importância: os dois critérios contribuem de uma forma idêntica para o objetivo;
3	Pouco mais importante: a análise e a experiência mostram que um critério é um pouco mais importante que o outro;
5	Muito mais importante: a análise e a experiência mostram que um critério é claramente mais importante que o outro
7	Bastante mais importante: a análise e a experiência mostram que um critério é um predominante para o objetivo
9	Extremamente mais importante: sem qualquer dúvida, um dos critérios é absolutamente predominante para o objetivo.
2, 4, 6, 8	Valores intermédios: o compromisso é sempre aceitável;
Valores recíprocos dos anteriores	Se um critério i possui um dos valores anteriores quando comparado com o critério j , então o critério j possui o valor recíproco quando comparado com o critério i .
Nota: Valores de 1.1, 1.2, ..., 1.9, ou ainda mais refinados, podem ser utilizados para comparação de critérios extremamente próximos em grau de importância, tal como para 2.0 até 2.9, etc.	

Tabela 2 - Escala 1 de comparação de critérios, fonte: adaptado de Saaty (1980)

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente
Menos importante					Mais importante			

Tabela 3 - Escala 2 de comparação de critérios, fonte: adaptado de Saaty (1980)

A determinação dos pesos processa-se ao longo de sete etapas:

Etapa 1: Construção da matriz de comparação par-a-par;

Etapa 2: Cálculo do *eigenvector* principal;

Etapa 3: Cálculo do máximo *eigenvalue*;

Etapa 4: Cálculo do Índice de Consistência (CI – *Consistency Index*);

Etapa 5: Cálculo do Índice de Aleatoriedade (RI – *Random Index*);

Etapa 6: Cálculo do Grau de Consistência (CR- *Consistency Ratio*) através de CI/CR;

Etapa 7: Eventual reavaliação da matriz de comparação se CR for superior a 0.1

Embora seja um método mais complexo e demorado, que por vezes impõe a iteração para garantir um grau de consistência aceitável, os resultados e o próprio procedimento adequam-se perfeitamente a problemas em que os critérios se encontram hierarquizados, traduzindo o processo de decisão. Deste modo, apenas se estabelecem comparações par-a-par entre critérios de nível hierárquico idêntico. (Rodrigues, 2001)

4. Normalização de critérios

Dado que a avaliação dos diferentes critérios resulta habitualmente em gamas de grandeza e valores não comparáveis, torna-se necessário proceder à sua normalização para uma mesma escala, no sentido de se proceder, posteriormente à respetiva combinação.

Inserida numa gama de curvas de normalização que utilizam os valores máximo e mínimo, a variação linear é a forma mais simples de definir uma escala (Eastman, 1997):

$$x_i = \frac{(R_i - R_{min})}{(R_{max} - R_{min})} \times Intervalo_normalizado, \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}, \quad (1.4)$$

onde R o valor de *score* a normalizar e R_{min} e R_{max} são respetivamente os *scores* mínimos e máximos.

Quando o número de *scores* permite o cálculo de médias e desvios padrões com algum significado, pode recorrer-se ao processo de normalização denominado *z-score* (Bossard, 1999 citado por Rodrigues (2001), que se expressa através da seguinte equação (Mendes *et al.*, 1999).

$$Zscore = a \frac{r - \mu[r]}{\sigma[r]} \quad (1.5)$$

Onde r o valor do *score* a normalizar, $\mu[r]$ é a média dos *scores* das diferentes alternativas em consideração e $\sigma(r)$ o respetivo desvio padrão. A variável a assume o

valor +1 quando maiores valores do *score* do critério contribuem positivamente para o objetivo em causa, e o valor -1 quando maiores valores do *score* contribuem negativamente para o objetivo.

Assim definido, o *z-score* é o número de desvios padrões que o *score* o critério está acima ou abaixo da média dos *scores* de todas as alternativas consideradas. Uma utilização extensiva deste conceito pode ser consultada em Mendes *et al.* (1999) e Ramos (2000).

Idêntico na sua essência ao processo de normalização, o processo de *fuzzification*, introduzido pela lógica *fuzzy*, também é empregue para normalizar avaliações de critérios. A conversão de um conjunto de valores expresso numa determinada escala num outro comparável e enquadrado numa escala normalizada (por exemplo 0-1), permite traduzir o grau de pertença que, variando entre 0 e 1, indica um crescimento contínuo desde a não-pertença até à pertença total, na base do critério submetido ao processo de *fuzzification*.

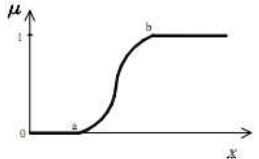
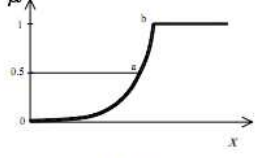
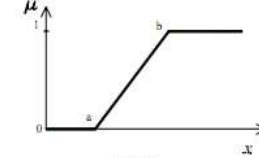
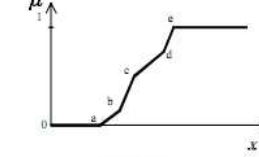
 Sigmoidal	$\mu = \sin^2(\alpha)$ $\alpha = (x - x_a) / (x_b - x_a) * \pi / 2$ Para $x > x_b$, $\mu = 1$; $x < x_a$, $\mu = 0$
 J-shaped	$\mu = 1 / (1 + ((x - x_b) / (x_b - x_a))^2)$ Para $x > x_b$, $\mu = 1$
 Linear	$\mu = (x - x_a) / (x_b - x_a)$ Para $x > x_b$, $\mu = 1$; $x < x_a$, $\mu = 0$
 Complexa	A função <i>fuzzy</i> entre dois pontos pode ser linearmente interpolada.

Tabela 4 - Funções *fuzzy*, fonte: Rodrigues (2001)

Para reger a variação entre o ponto mínimo³ e o ponto máximo⁴ da curva de normalização, são várias as funções que podem ser utilizadas (por exemplo Sigmoidal, J-Shaped, Linear e Complexa) também designadas por funções *fuzzy*. (Eastman, 1997 citado por Rodrigues, 2001; Mendes, 2001). A tabela 4 apresenta as formas e respetivas formulações matemáticas, ilustrando também os pontos de controlo mínimo (a) e máximo (b).

A propósito da tabela 4, considera-se relevante referir que apenas são apresentadas formas de curvas crescentes, isto é, aquelas cujo *score* normalizado cresce com o *score* original. No caso inverso, quando uma variação positiva dos *scores* originais provoca uma variação negativa dos *scores* normalizados, a curva é decrescente e a respetiva equação deve ser devidamente ajustada.

Em função da natureza do critério, deverá ser escolhida a função adequada, sendo que a função Sigmoidal é a mais utilizada. Para além desta escolha cuidada, é fulcral uma seleção rigorosa dos pontos de controlo. Este rigor impõe-se uma vez que, de certa forma, são importantes na calibração da função para critérios e realidades particulares. Um exemplo poderá ser encontrado em Ramos (2000).

5. Combinação de critérios

Uma vez normalizados para um intervalo fixado (0 a 1, ou outro qualquer), os *scores* dos critérios podem ser agregados de acordo com a regra de decisão. Para tal, existem diversas classes de operadores para a combinação de critérios (para uma descrição extensiva, ver Malczewski, 1999). Nas seções seguintes apresentam-se dois procedimentos considerados mais relevantes no âmbito dos processos de decisão de

³ Ponto a partir do qual *scores* contribuem para a decisão.

⁴ Ponto a partir do qual *scores* superiores não fornecem contribuição adicional para a decisão.

natureza espacial: a Combinação Linear Pesada (WLC⁵) e a Média Pesada Ordenada (OWA⁶)

A) COMBINAÇÃO LINEAR PESADA - WLC

O procedimento WLC (Voogd, 1983) combina os fatores através duma média pesada, dada pela equação:

$$S = \sum_i^n w_i x_i \quad (1.6)$$

em que s é o valor final do *score*, w_i é o peso do fator i , x_i é o valor normalizado para o mesmo fator e n é o número de fatores. Dado que o somatório dos pesos é a unidade, o *score* final vem calculado na mesma escala dos *scores* normalizados dos fatores.

Quando, para além dos fatores (expressos em escalas de *scores* contínuas) se aplicam também exclusões (expressas em escala binária – 0 ou 1), o procedimento pode sofrer uma alteração, multiplicando o *score* calculado com base nos fatores pelo produtivo das exclusões.

$$S = \sum_i^n w_i x_i \times \prod_j^m c_j \quad (1.7)$$

O fato de permitir que uma quantidade (*score* a respeito dum critério) muito pobre possa ser compensada por um conjunto de boas qualidades (*scores* mais altos a respeito de outros critérios), designado por compensação entre critérios (*trade-off*), constitui a característica mais importante do procedimento WLC (Ramos, 2000.)

⁵ WLC deriva de *Weighted Linear Combination*. Por ser uma sigla reconhecidamente associada este procedimento de agregação, será utilizada ao longo da dissertação.

⁶ OWA deriva de *Ordered Weighted Average*. Por ser uma sigla reconhecidamente associada este procedimento de agregação, será utilizada ao longo da dissertação.

B) MÉDIA PESADA ORDENADA - OWA

Com a apresentação de um novo procedimento de agregação de fatores Yagger, 1988 citado por Rodrigues, 2001, introduziu uma nova perspetiva de análise. Esta técnica não só recorre aos pesos de critérios usados no procedimento WLC mas também a outro conjunto de peso que não especificamente ligados a quaisquer fatores.

Após a aplicação normal do primeiro conjunto de pesos, segundo conjunto é aplicado seguindo uma ordem que é estabelecida em função dos valores dos *scores* para cada um dos fatores.

Este procedimento denomina-se OWA e os novos pesos denominam-se *order weights*, fazendo alusão à dependência da sua aplicação da ordenação dos fatores que agregam (Eastman *et al.*, 1999 citado por Rodrigues, 2001). Tal como no procedimento WLC, da aplicação do primeiro conjunto de pesos aos fatores, resultam os *scores* pesados. Após ordenados de forma crescente, aplica-se a cada fator o respetivo *order weights*. Trata-se portanto de pesar fatores com base na sua ordem, do mínimo para o máximo (Ramos, 2000).

Permitindo a variação dos *order weights*, o procedimento OWA faculta a implementação de uma gama infinita de operadores de agregação. Num processo de decisão que envolva três fatores, Eastman *et al.* (1998) referem que se produz uma solução adversa ao risco (dita pessimista ou conservadora), equivalente ao operador lógico AND, quando se recorre ao vetor de *order weights* [1 0 0], aplicando desta forma todo o peso ao fator com menos *score*.

Pelo contrário, o emprego de um vetor de *order weights* [0 0 1],aplicando todo o peso ao fator de mais alto *score*, produzirá uma solução de elevado risco (dita otimista), equivalente ao operador OR.

Por sua vez, aplicando igual peso a todos os fatores ao utilizar um vetor de *order weights* [0.33 0.33 0.33], levará à obtenção de uma solução de risco neutro (intermédia), equivalente ao operador WLC. Ao considerar apenas os *scores* extremos

(mínimo e máximo), nos dois primeiros casos, está-se em presença de um caso de ausência de *trade-off*, dado que os fatores não se podem compensar uns aos outros.

No entanto, no terceiro caso existe *trade-off* total obtido pelo recurso a um vetor de *order weights* perfeitamente equilibrado, permitindo aos fatores compensarem-se mutuamente (maus *scores* nuns fatores podem ser compensados por bons *scores* noutros fatores). Equivalente a este último caso, o procedimento WLC não é mais do que um caso particular do procedimento OWA.

A título ilustrativo, apresenta-se um pequeno exemplo de agregação através do procedimento OWA. Considere-se três fatores com os scores e os pesos da tabela 5.

Fator	Score	Peso	Avaliação
A	100	0.5	50
B	20	0.1	20
C	150	0.4	60

Tabela 5 - Exemplo 1 de agregação OWA, fatores, fonte: adaptado de Rodrigues (2001)

A avaliação dos fatores após a aplicação dos respetivos pesos conduz à seguinte ordenação, do menos para o maior: [B A C]. A aplicação de três conjuntos de *order weights* conduz aos resultados apresentados na tabela 6.

Fator	Avaliação (1ª Fase)	Order weight	Avaliação (2ª Fase)	Score final (soma pesada)
B	20	1	20	20 (avaliação pessimista)
A	50	0	0	
C	60	0	0	
B	20	0	0	60 (avaliação otimista)
A	50	0	0	
C	60	1	60	
B	20	0.33	6.7	43.4 (WLC)
A	50	0.33	16.7	
C	60	0.33	20.0	

Tabela 6 - Exemplo 2 de agregação OWA, resultados, fonte: adaptado de Rodrigues (2001)

Os *order weights* não estão obviamente restringidos aos três casos apresentados no parágrafo anterior, na verdade, qualquer combinação é possível desde que o seu somatório seja a unidade.

Por outro lado, a deslocação relativa dos *order weights* no sentido do mínimo ou o máximo controla o nível de risco – também designado por *ANDness* (figura 9); enquanto que a homogeneidade da distribuição dos *order weights* pelas posições dos vetores controla o nível global de *trade-off*. (figura 10)



Figura 9- Controlo do risco, fonte: Rodrigues (2001)



Figura 10 - Controlo do trade-off, fonte: Rodrigues (2001)

Na figura 11, pode ser observado que o resultado é um espectro estratégico de decisão, aproximadamente triangular, definido por um lado, pela atitude de risco e, por outro lado, pelo nível de *trade-off*. (Eastman *et al.*, 1998, citado por Rodrigues, 2001)

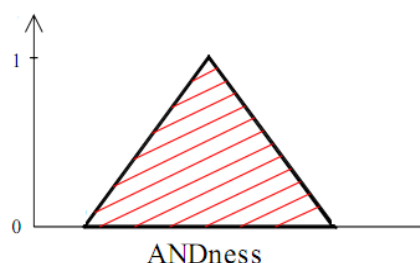


Figura 11 - Espaço estratégico de decisão (OWA), fonte: Rodrigues (2001)

A variável *ANDness* mede a atitude de risco e é dada pela equação (Eastman *et al.*, 1998, citado por Rodrigues, 2001):

$$ANDness = \frac{1}{n-1} \sum_i^n [(n-i)O_i] \quad (1.8)$$

e o *trade-off* é dado por:

$$Tradeoff = 1 - \sqrt{\frac{n \sum_i^n (O_i - 1/n)^2}{n-1}} \quad (1.9)$$

onde n é o número total de fatores, i é a ordem do fator e O_i é o peso (order weight) para o fator de ordem i .

Para seis pontos de decisão, são apresentados os valores *ANDness* e *trade-off* na figura 12, cujo posicionamento no espectro estratégico de avaliação corresponde ao da tabela 7.

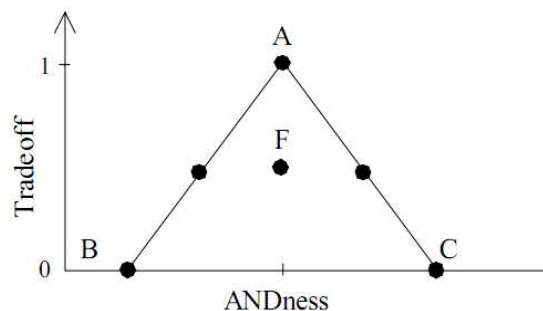


Figura 12 - Pontos de decisão, fonte: Rodrigues (2001)

Contributo dos Sistemas de Informação Geográfica para a mobilidade elétrica: localização de áreas para *Park&Ride*, baseado na rede do metro do Porto.

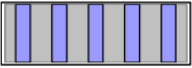
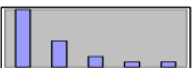
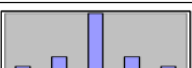
Ponto	Order weights		ANDness	Trade-off	Tipo de avaliação
A	[0.20 0.20 0.20 0.20 0.20]		0.50	1.00	Risco neutro <i>Trade-off total</i>
B	[0.00 0.00 0.00 0.00 1.00]		0.00	0.00	Risco máximo (optimista) Sem <i>Trade-off</i>
C	[1.00 0.00 0.00 0.00 0.00]		1.00	0.00	Risco mínimo (pessimista) Sem <i>Trade-off</i>
D	[0.55 0.25 0.10 0.05 0.05]		0.80	0.53	Baixo risco Algum <i>Trade-off</i>
E	[0.05 0.05 0.10 0.25 0.55]		0.20	0.53	Alto risco Algum <i>Trade-off</i>
F	[0.05 0.15 0.60 0.15 0.05]		0.50	0.49	Risco neutro Algum <i>Trade-off</i>

Tabela 7 - *ANDness* e *trade-off* para vários pontos de decisão, fonte: Rodrigues (2001)

CAPÍTULO V: CASO DE ESTUDO

1. Caraterização da área de estudo

O concelho do Porto encontra-se inserido no distrito homónimo, abrange um total de 15 freguesias: Aldoar, Bonfim, Campanhã, Cedofeita, Foz do Douro, Lordelo do Ouro, Massarelos, Miragaia, Nevogilde, Paranhos, Ramalde, Santo Ildefonso, São Nicolau, Sé e Vitória (ver figura 13).

Tem como limites a Norte o concelho de Matosinhos e o concelho da Maia, a Este o concelho de Gondomar, a oeste é banhado pelo Oceano Atlântico e a sul é separado pelo Rio Douro e pelo concelho de Vila Nova de Gaia.

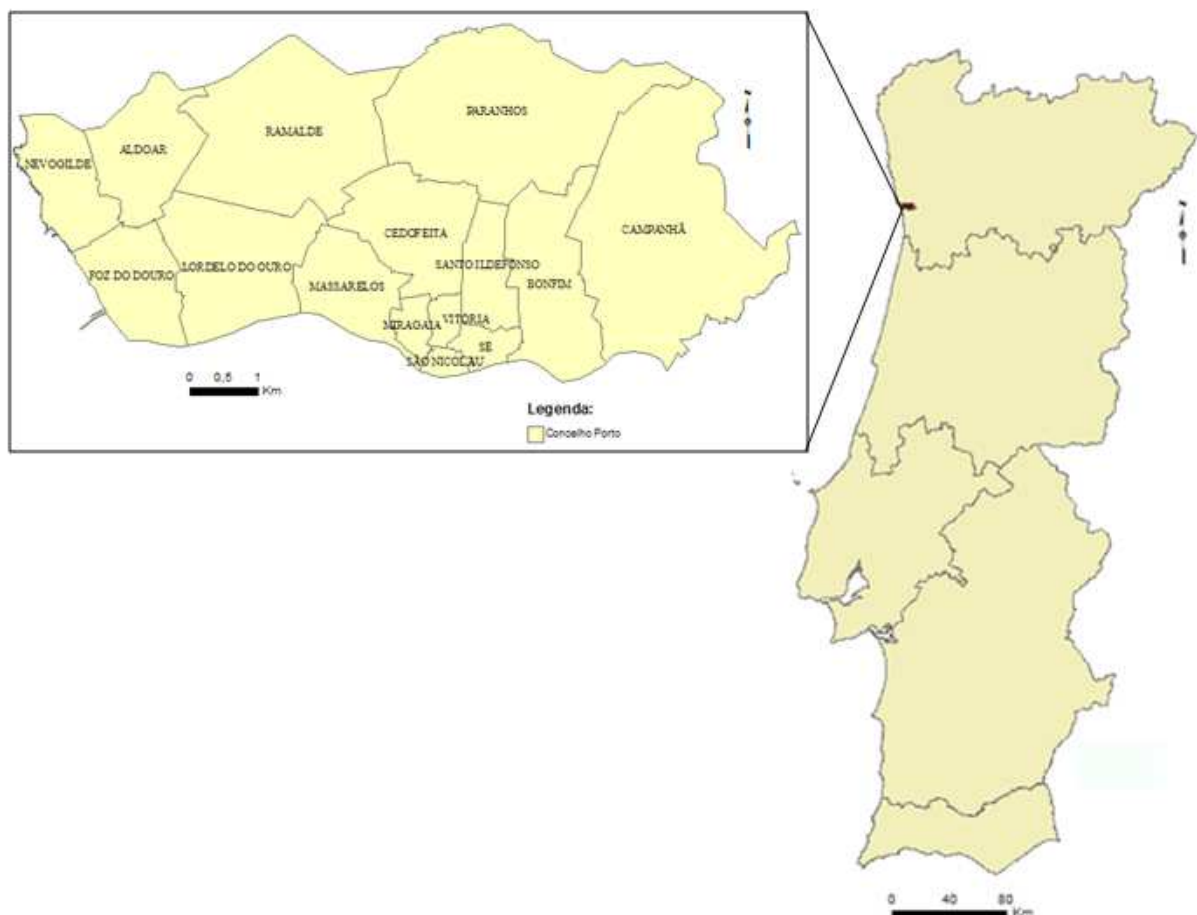


Figura 13- Localização do concelho do Porto

Este concelho tem uma área de 41.66 km² e está inserido nas Nomenclaturas de Unidades Territoriais para fins Estatísticos (NUTS⁷) de primeiro nível – Portugal Continental, de segundo nível - Norte, e por fim de terceiro nível - Grande Porto.

A cidade do Porto é a capital do Distrito de Porto e da Área Metropolitana do Porto.

A) POPULAÇÃO

O concelho do Porto tinha 262 313 habitantes, segundo o XIV Recenseamento Geral da População de Portugal, realizado em 2001 pelo Instituto Nacional da Estatística (INE). Porém registou-se uma diminuição da população para 237 584 habitantes, o que traduziu-se num decréscimo de 9.71% da população residente, com base nos censos de 2011 (ver tabela 8).

LOCAL DE RESIDÊNCIA	POPULAÇÃO RESIDENTE			VARIAÇÃO DA POPULAÇÃO		
	1991	2001	2011	1991/2001 (%)	1991/2011 (%)	2001/2011 (%)
Aldoar	15079	13957	12843	-7,44	-14,83	-7,98
Bonfim	34497	28578	24265	-17,16	-29,66	-15,09
Campanhã	49107	38757	32652	-21,08	-33,51	-15,75
Cedofeita	32066	24784	22077	-22,71	-31,15	-10,92
Foz do Douro	12231	12235	10997	0,03	-10,09	-10,12
Lordelo do Ouro	22421	22212	22270	-0,93	-0,67	0,26
Massarelos	9336	7756	6789	-16,92	-27,28	-12,47
Miragaia	4771	2810	2067	-41,10	-56,68	-26,44
Nevogilde	5756	5257	5018	-8,67	-12,82	-4,55
Paranhos	50906	48686	44298	-4,36	-12,98	-9,01
Ramalde	36300	37647	38012	3,71	4,72	0,97
Santo Ildefonso	14431	10044	9029	-30,40	-37,43	-10,11
São Nicolau	3957	2937	1906	-25,78	-51,83	-35,10
Sé	7343	4751	3460	-35,30	-52,88	-27,17
Vitória	4271	2720	1901	-36,31	-55,49	-30,11
Porto	302472	263131	237584	-13,01	-21,45	-9,71
Grande Porto	1167800	1260680	1287276	7,95	10,23	2,11

Tabela 8 - Evolução da População Residente, fonte: INE

⁷ Do Francês Nomenclature d'Unités Territoriales Statistiques,

Por análise da tabela 8 verifica-se que, entre 1991 e 2011 se registou um decréscimo da população residente no concelho do Porto na ordem dos 21.45% enquanto no Grande Porto ⁸ verificou-se um crescimento da população residente de 10.23%.

Na figura 14 é possível observar a variação da população neste concelho, de 2001 para 2011, que se traduziu no decréscimo de população residente na maioria das freguesias, sendo que nas freguesias do centro o valor é superior a 20%, nomeadamente Miragaia, Vitória, Sé e São Nicolau.



Figura 14 - Variação da População Residente (2001-2011) no concelho do Porto, fonte: INE

Destacar ainda que nas freguesias de Ramalde e Lordelo do Ouro a variação foi de 0.97% e 0.26% respetivamente, não existindo praticamente qualquer variação da população.

Segundo o estudo levado a cabo pela Câmara Municipal do Porto (2008), no período analisado (1991-2005), o Porto sofreu uma dupla perda: perda de população residente e perda de emprego privado.

⁸ Grande Porto é a Sub-região Estatística (NUTS III), sendo constituído por onze concelhos: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, e Vila Nova de Gaia.

A diminuição da população residente neste período não é mais do que o prolongamento de uma tendência que se afirmara já anteriormente. Pelo contrário, a redução do emprego é um facto novo.

A perda de população resulta, essencialmente, do comportamento do mercado imobiliário: preços da habitação mais elevados no centro da área metropolitana e a exiguidade do mercado de arrendamento afastam da cidade residentes potenciais com menor poder de compra – os trabalhadores com menores salários e os jovens.

A perda de emprego resulta da transformação que se verificou no aparelho produtivo da cidade, caracterizado pelo forte declínio da atividade industrial e pela redução da dimensão média dos estabelecimentos em todos os sectores de atividade, particularmente marcada nos sectores da Eletricidade, Gás e Água e dos Transportes, Armazenagem e Telecomunicações.

O concelho do Porto permanece, porém, como o principal polo de emprego da Área Metropolitana, quer em termos globais, quer em termos sectoriais (com as únicas exceções das Indústrias Transformadoras, da Construção e do Comércio a Retalho de Produtos Alimentares (para além, naturalmente, da Agricultura e das Indústrias Extrativas). (Câmara Municipal do Porto, 2008)

Apesar disso, o Porto evidencia uma especialização cada vez mais nítida no sector dos Serviços (atividades financeiras e serviços às empresas, mas também serviços coletivos, sociais e pessoais):

- O Sector dos Serviços foi o único que criou emprego em termos líquidos no concelho;
- O Porto é, indiscutivelmente o polo de ensino e o polo de prestação de cuidados de saúde da Área Metropolitana (se não mesmo da Região Norte).

B) DESLOCAÇÕES DE PESSOAS ENTRE O PORTO E OS CONCELHOS VIZINHOS

No estudo efetuado pela Câmara Municipal do Porto (2007) é referido que, o concelho do Porto constitui um polo de atração significativo de deslocações realizadas em automóvel no período de ponta da manhã (entre as 7h30 e as 9h30). Das cerca de 130.000 deslocações estimadas para os dias úteis neste período, a proporção de movimentos com destino à cidade e origem em outros concelhos ascende a 32,7 % (42.523 movimentos), uma quota muito superior à percentagem de saídas, da ordem dos 9,7 % (12.621 movimentos).

O documento revela ainda que, no mesmo período, a proporção de deslocações internas e de “atravessamento” é respetivamente de 29,2 % (37.991) e 28,4 %, ou 36.884 movimentos (ver Figura 15).

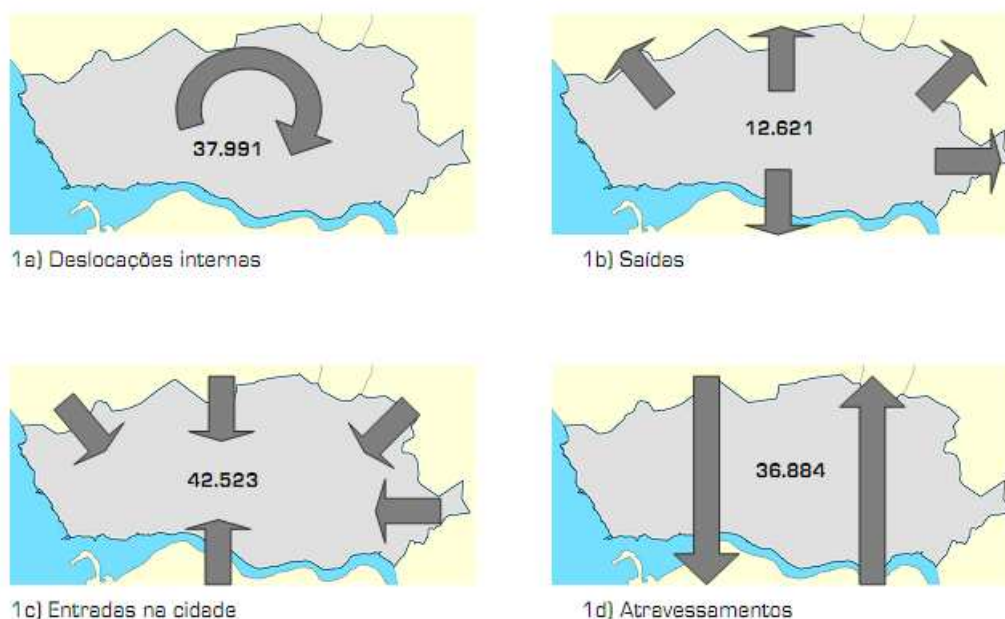


Figura 15 - Estimativa das deslocações no Porto, entre as 7h30 e as 9h30, fonte: CM Porto (2007)

O elevado desequilíbrio entre entradas e saídas sugere que o efeito de polarização exercido pelo Porto sobre os concelhos vizinhos, em matéria de emprego, dado que o período de observação corresponde ao horário habitual de deslocações casa/trabalho. A forte concentração no Porto de equipamentos sociais de nível

Contributo dos Sistemas de Informação Geográfica para a mobilidade elétrica: localização de áreas para *Park&Ride*, baseado na rede do metro do Porto.

superior, como estabelecimentos hospitalares e de ensino superior, terá igualmente contribuído para este desequilíbrio. (Câmara Municipal do Porto, 2007) (ver figura 16)

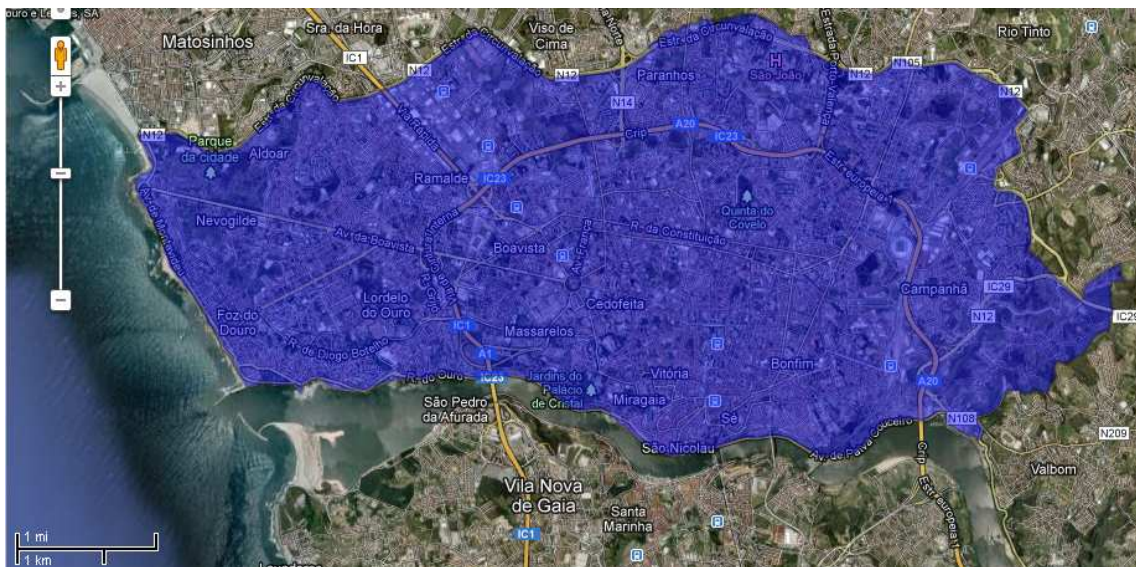


Figura 16 - Imagem de satélite da zona de estudo, fonte: Google Maps, obtida a 20 de Maio de 2012

Através da análise da figura 17, é possível verificar que nas três principais ligações a Norte do Porto (“Via Rápida”, “Via Norte” e autoestradas A3/A4), os movimentos de entrada na cidade (23.881 veículos) superam ligeiramente os de saída (22.878).

Os dados relativos às travessias do Douro apontam igualmente para um predomínio das deslocações no sentido da entrada na cidade.

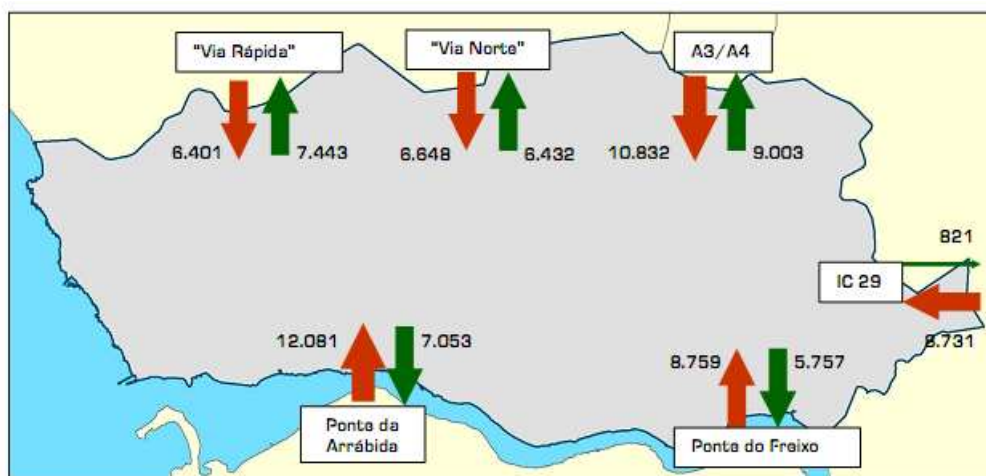


Figura 17 - Movimentos nas principais entradas e saídas da cidade, fonte: CM Porto (2007)

Destacar ainda que no caso da entrada da IC29, infraestrutura rodoviária que serve os movimentos entre Gondomar e Porto, onde os movimentos de entrada na cidade do Porto têm uma diferença entre os movimentos de saída na ordem dos 8.000 veículos.

Ainda com base no estudo da Câmara Municipal do Porto (2007) é possível afirmar que, os concelhos do Porto, Maia e Matosinhos apresentam uma clara atratividade em termos de emprego, já Valongo e Gondomar posicionam-se no extremo oposto, sendo elevada a especialização destes municípios na função residencial e, conseqüentemente, considerável o seu grau de dependência face àqueles polos, do ponto de vista do emprego. Quanto a Vila Nova e Gaia, igualmente um concelho de perfil predominantemente residencial, apresenta em comparação com Valongo e Gondomar um menor desequilíbrio entre as funções residencial e de emprego.

Neste estudo, a desagregação das 15 freguesias em 87 zonas possibilitou uma apreensão mais detalhada de diversos fenómenos.

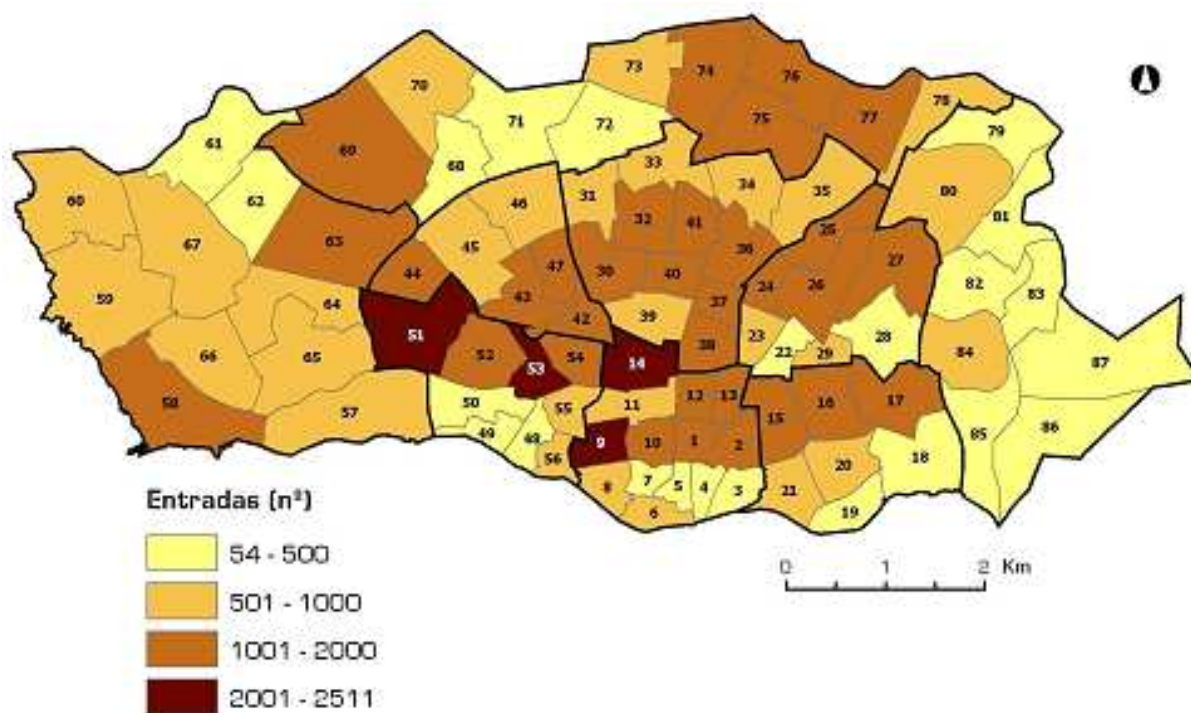


Figura 18 - Estimativa do nº de deslocações com destino a cada uma das zonas (entradas), entre as 7h30 e as 9h30, fonte: CM Porto (2007)

Na envolvente à 'rotunda' e parte da Avenida da Boavista, os dados revelam uma elevada atratividade em quase todas as zonas, em particular nas zonas 42 a 44 e 51 a 54, correspondentes à envolvente à "Rotunda da Boavista" e ao sector mais oriental da Avenida da Boavista (ver figura 18).

A observação com base no mesmo grau de desagregação permite constatar a existência de situações heterogéneas no interior de diversos sectores, em particular nos de maior dimensão. É o caso das zonas 74, 75 e 76, de maior especialização funcional em domínios como a educação (Universidades) e a Saúde (Hospital de São João e IPO), estas apresentam uma relação entre 'entradas' e 'saídas' favorável às primeiras. A mesma análise das deslocações em transporte individual acontece com a área empresarial de Ramalde (zonas 69 e 70), onde se observa uma elevada concentração de atividades económicas.

Relativamente aos movimentos de entrada no concelho, de fora do concelho (figura 19), deverá ser salientada a maior proporção de deslocações deste tipo no Polo da Asprela (zonas 74,75 e 76), Área Empresarial de Ramalde (zona 70), da envolvente à "rotunda" e Avenida da Boavista (zonas 39, 54), "Baixa" (zonas 1 e 10) e do Centro Histórico (zonas 5, 6 e 7).

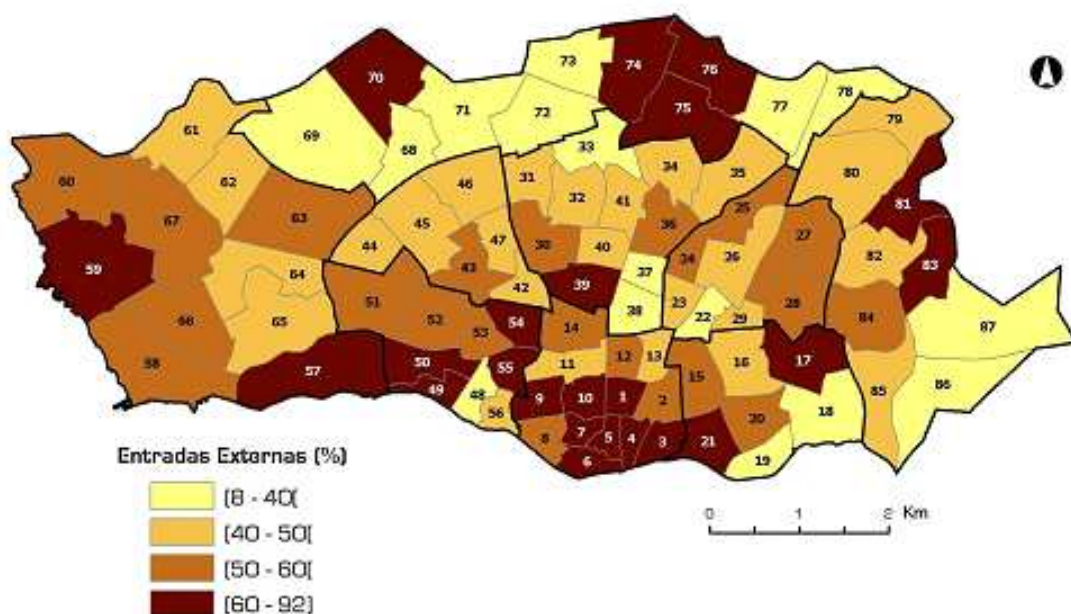


Figura 19 - Proporção dos movimentos com origem fora do concelho relativamente ao total de "entradas" em cada zona, fonte: CM Porto (2007)

Por fim, referir a elevada expressão das deslocações em transporte individual na cidade do Porto, e que se traduz num total de 93 mil viagens em automóvel registadas no período da ponta da manhã (entre as 7h30 e as 9h30) e que têm origem e/ou destino no Porto. As entradas de veículos automóveis na cidade ultrapassam os 42 mil veículos, dos quais 30 mil dirigem-se para a zona urbana central, área delimitada pela Via de Cintura Interna (VCI).

Neste período de tempo, o tráfego automóvel gerado é superior a 2.200 veículos por Km², com muito maior intensidade na zona central, facto revelador da densidade da circulação automóvel e da pressão de estacionamento que este fluxo acarreta. Ter-se-á ainda de ter presente o impacto na circulação do tráfego de passagem.

A análise a uma escala mais fina permite concluir que determinadas zonas da cidade constituem o destino de uma elevada proporção dos movimentos. É o caso, sobretudo, da 'Baixa' e do centro histórico, da envolvente à "rotunda" e Avenida da Boavista e do polo da Asprela.

C) MEIO DE TRANSPORTE E DURAÇÃO MÉDIA DE VIAGEM

Como se pode observar na figura 20, a maior parte dos residentes do concelho do Porto, nos dias úteis do ano de 2001, deslocava-se de automóvel, tendo-se registado um valor de 42% (como condutor 34% e como passageiro 8%) dos movimentos pendulares (percursos casa-trabalho e casa-escola), seguindo-se-lhe o autocarro (28%) e as deslocações a pé (26%).

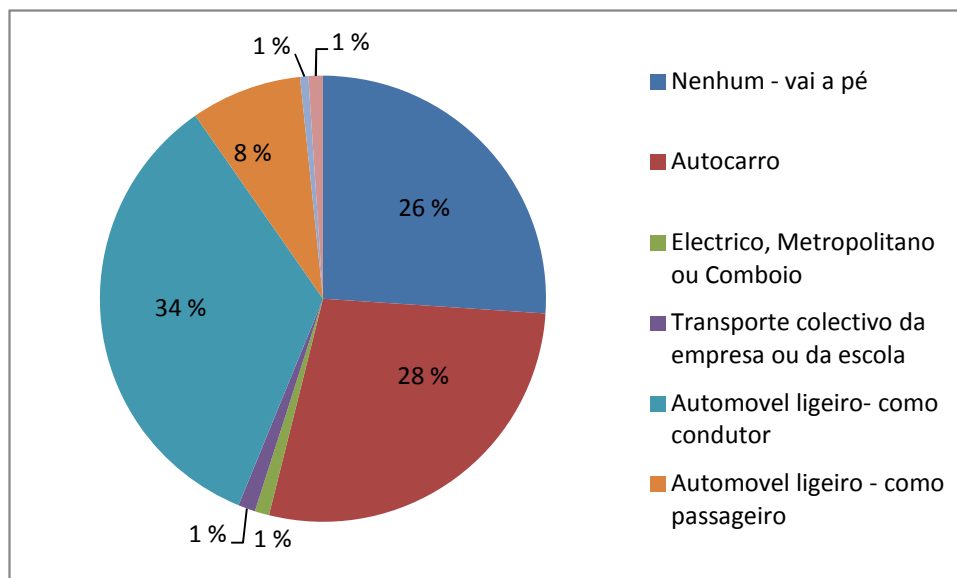


Figura 20 - Deslocações no concelho do Porto, por meio de transporte, fonte: INE

Salientar a menor expressão do Elétrico, Metropolitano e Comboio, justificada com a inauguração da primeira linha do Metro do Porto — ligando Senhor de Matosinhos à estação da Trindade (linha A) — apenas em 7 de Dezembro de 2002.

Segundo a empresa Metro do Porto, no ano de 2010 foram transportados 55 milhões de passageiros pelo Metro do Porto, sendo que este valor não se refere apenas à população residente do concelho do Porto.

Em relação à duração média dos movimentos pendulares no concelho do Porto, segundo o INE, em 1991 era de 22.90 minutos, passando a ser 25.75 minutos em 2001.

Tanto os resultados de meio de transporte utilizado como a duração média dos movimentos são obtidos no recenseamento geral da população, que se realiza de dez em dez anos, por isso seria de todo o interesse obter os resultados finais do recenseamento geral da população de 2011.

D) INFRAESTRUTURAS E OPERADORES DE TRANSPORTE

Rede rodoviária

A Rede Rodoviária que serve o concelho do Porto pertence à rede nacional de estradas prevista no Plano Rodoviário Nacional 2000 (PRN2000)⁹.

O PRN2000 define a Rede Rodoviária Nacional como sendo constituída pela Rede Fundamental constituída por Itinerários Principais (IP's) como tendo uma função estratégica de ligação dos principais centros urbanos com influência supradistrital, enquanto a Rede Complementar constituída por Itinerários Complementares (IC's) e Estradas Nacionais (EN's) asseguram a ligação entre a rede nacional fundamental e os centros urbanos de influência concelhia, ou supraconcelhia mas infradistrital.

No PRN2000 as estradas com características de autoestrada assumem um estatuto de rede própria, sobreposta às Redes Fundamental e Complementar.

A este concelho chegam 4 principais autoestradas (A) (ver Figura 21):

- **A1** que liga Lisboa ao Porto;
- **A28** que liga Caminha ao Porto;
- **A3** que liga Valença ao Porto;
- **A20** que contorna por Norte a cidade do Porto, também designada por Circular Regional Interior do Porto (CRIP).

⁹ Decreto-lei nº 222/98 de 17 de Julho

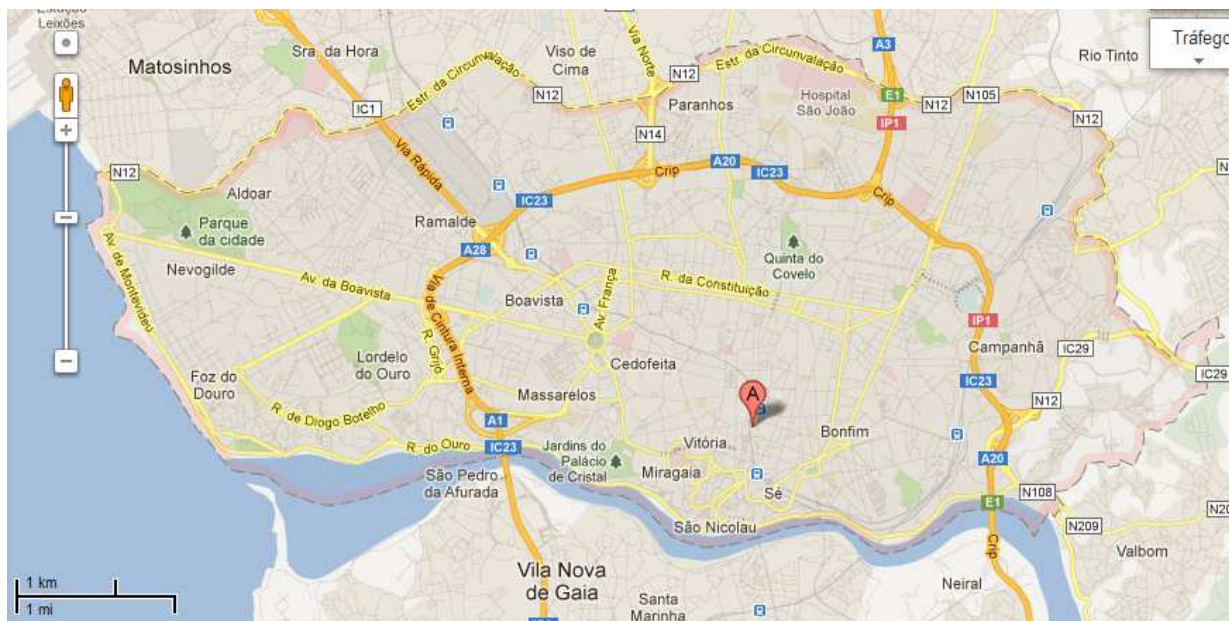


Figura 21 – Rede rodoviária do concelho do Porto, fonte: Google Maps, obtida a 20 de Maio de 2012

Das infraestruturas pertencentes à Rede Complementar destacam-se:

- **EN 1** - Atravessa a Ponte de D. Luís;
- **EN 12** - Mais conhecida como a Estrada da Circunvalação;
- **EN 13 e EN 14** - Mais conhecida como Via Norte;
- **EN 15** - Liga S. Roque da Lameira a Valongo e Vila Real;
- **EN 105** - Liga a Areosa a Santo Tirso e Guimarães;
- **EN 109** - Atravessa a Ponte da Arrábida;
- **IC 1** – Faz a ligação entre o Porto e Viana do Castelo;
- **IC 23** - Mais conhecida como a Via de Cintura Interna (VCI);

Os transportes públicos coletivos circulam pelas infraestruturas rodoviárias existentes, sendo a Sociedade de Transportes Coletivos (STCP) a empresa responsável por gerir a rede de autocarros no concelho do Porto e também várias linhas em concelhos pertencentes à Área Metropolitana do Porto.

Rede ferroviária

Os transportes públicos coletivos pertencentes ao setor ferroviário no concelho do Porto são garantidos pela Sociedade de Transportes Coletivos do Porto, Comboios de Portugal e pela empresa Metro do Porto.

A Sociedade de Transportes Coletivos do Porto, S.A. (STCP) é a empresa responsável por gerir a rede de autocarros no concelho do Porto mas também três linhas de carros elétricos.

A Comboios de Portugal (CP) é responsável pela prestação de serviços de transporte ferroviário nacional e internacional de passageiros, explorando a rede ferroviária suburbana no concelho do porto, nomeadamente nas estações ferroviárias de São Bento e Campanhã. Estas duas estações fazem parte das linhas de Aveiro, Braga, Guimarães e Caíde/Marco.

A rede de metropolitano do Porto também faz parte do sistema de transportes públicos do mesmo concelho, traduzindo-se numa rede ferroviária eletrificada subterrânea no centro do Porto e à superfície na periferia (ver figura 22).



Figura 22- Eurotram do Porto, fonte: Metro do Porto

A rede de metropolitano do Porto não serve única e exclusivamente o concelho do Porto, estando presente também nos concelhos da Póvoa de Varzim, Vila do Conde, Maia, Matosinhos, Vila Nova de Gaia e Gondomar.

A exploração da rede de metropolitano é efetuada pela empresa do Metro do Porto que ao todo possuiu 81 estações (14 estações são subterrâneas), distribuídas por 67 km (7,2 km de rede subterrânea) em 6 linhas comerciais de via dupla, como se pode observar na tabela 9.

 METRO DO PORTO				
LINHA		COMPRIMENTO (KM)	ESTAÇÕES	INAUGURAÇÃO
A	ESTÁDIO DO DRAGÃO – SENHOR DE MATOSINHOS	15,6	23	7 DE DEZEMBRO DE 2002
B	ESTÁDIO DO DRAGÃO – PÓVOA DE VARZIM	33,6	35	13 DE MARÇO DE 2005
C	CAMPANHÃ - ISMAI	19,6	24	30 DE JULHO DE 2005
D	HOSPITAL SÃO JOÃO - SANTO OVÍDIO	9,2	16	18 DE SETEMBRO DE 2005
E	ESTÁDIO DO DRAGÃO – AEROPORTO	16,7	21	27 DE MAIO DE 2006
F	FÂNZERES – SENHORA DA HORA	17,4	24	2 DE JANEIRO DE 2011

Tabela 9 - Metro do Porto, fonte: Metro do Porto

Parques metro

Para a mobilidade dos seus passageiros, a Metro do Porto colocou à disposição vários parques metro. São 32 parques de estacionamento, 20 dos quais gratuitos, distribuídos por diversas estações ao longo das linhas Azul, Vermelha, Verde, Violeta e Laranja. Contudo, dos 32 parques existentes, apenas um se localiza no concelho do Porto, o do Estádio do Dragão, sendo este pago.

Relativamente a infraestruturas *P&R* do metro do Porto, referir a existência de duas, o Estádio do Dragão, localizado no concelho do Porto, e ainda o Parque Central da Maia, no concelho da Maia.

Segundo a empresa Metro do Porto, os parques *P&R* são pagos, disponíveis por 12 horas a um preço muito reduzido, com a vantagem de poder viajar nos transportes públicos com o mesmo cartão Andante.

Para a utilização do *P&R* basta validar seu cartão Andante (Azul ou Gold) ou adquiri-lo na entrada do parque, com o custo de 0,50€.

Este serviço permite que o carro fique estacionado, efetuando o restante trajeto da viagem em transporte público, evitando assim o trânsito. O horário de entrada dos veículos é das 05H30 às 22H00, sendo a saída permitida a qualquer hora do dia ou da noite.

E) REDE PILOTO DO PORTO DA MOBILIDADE ELÉTRICA

O Município do Porto tem já preparado o seu Plano Municipal de Mobilidade Elétrica (PMME), o qual prevê a instalação de postos de carregamento de veículos elétricos numa rede piloto a finalizar até 2012, e, a sua posterior expansão até 2015.

No concelho do Porto, a rede piloto irá contemplar 16 postos, que começaram a ser implementados em 2011, nos 37 locais identificados na figura 23.

Nesta primeira fase, os equipamentos começaram a ser distribuídos em alguns locais da via pública e nos parques de estacionamento municipais, sendo certo que o PMME do Porto prevê a possibilidade de expansão para outros locais, nomeadamente hospitais, estabelecimentos de ensino superior, parques de estacionamento não municipais, postos de combustível e postos de car-sharing¹⁰.



Figura 23 - Rede piloto da mobilidade elétrica no concelho do Porto, fonte: CM Porto e Google Maps.

¹⁰ Serviço que tem como principal objetivo reduzir o uso excessivo do carro, reduzindo a emissão de CO₂ através da partilha do mesmo veículo.

2. Modelo de operacionalização

O objetivo principal da avaliação multicritério adotada neste trabalho foi determinar a localização de áreas favoráveis à implantação de *P&R*.

Nestas infraestruturas deverá ser permitido o estacionamento de viaturas, possibilitando que o utente utilize transportes públicos (Metro do Porto) para a deslocação ao centro da cidade, tentando assim minimizar o problema de congestionamento rodoviário nas zonas centrais da cidade do Porto.

Num segundo cenário é considerado que a viatura utilizada seja elétrica, estando localizado no *P&R* um posto de carregamento que possibilitará o carregamento dessa mesma viatura.

A) PASSOS METODOLÓGICOS

O fluxograma representado na figura 24 apresenta as etapas desenvolvidas na condução deste trabalho, detalhadas a seguir. Assim, numa primeira fase procede-se à recolha de informação necessária para a elaboração deste trabalho, de seguida é feita uma comparação entre os critérios e a atribuição dos pesos respetivos.

Posteriormente são criadas imagens dos critérios definidos e feita uma reclassificação dos critérios.

Finalmente são realizados dois processos de sobreposição ponderada, tendo em conta o peso de cada critério, obtendo assim dois cenários.

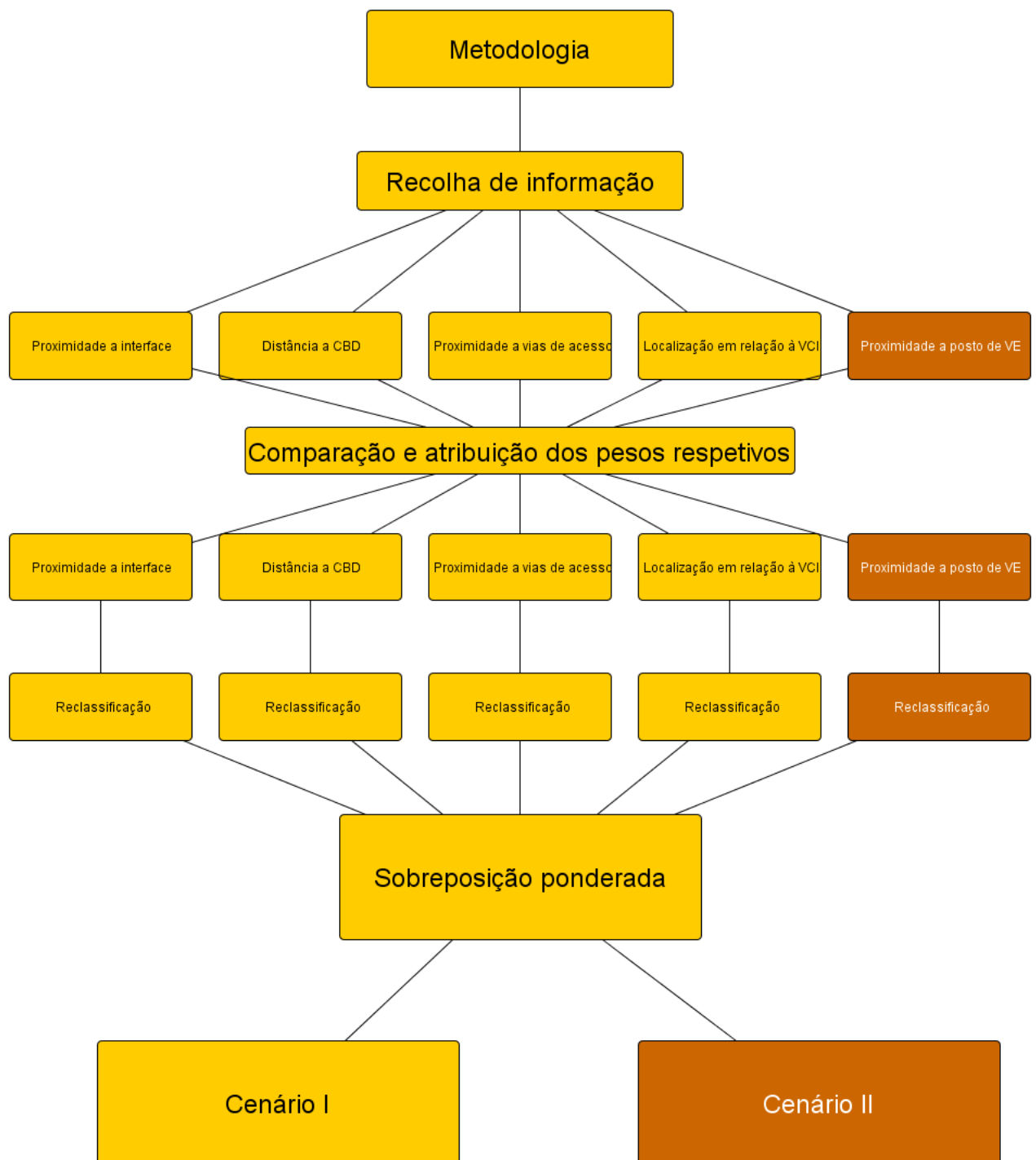


Figura 24 - Etapas do modelo de operacionalização

B) DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

Tendo em vista o objetivo principal desta avaliação multicritério foram definidos os critérios a serem utilizados na análise conforme a figura 25.

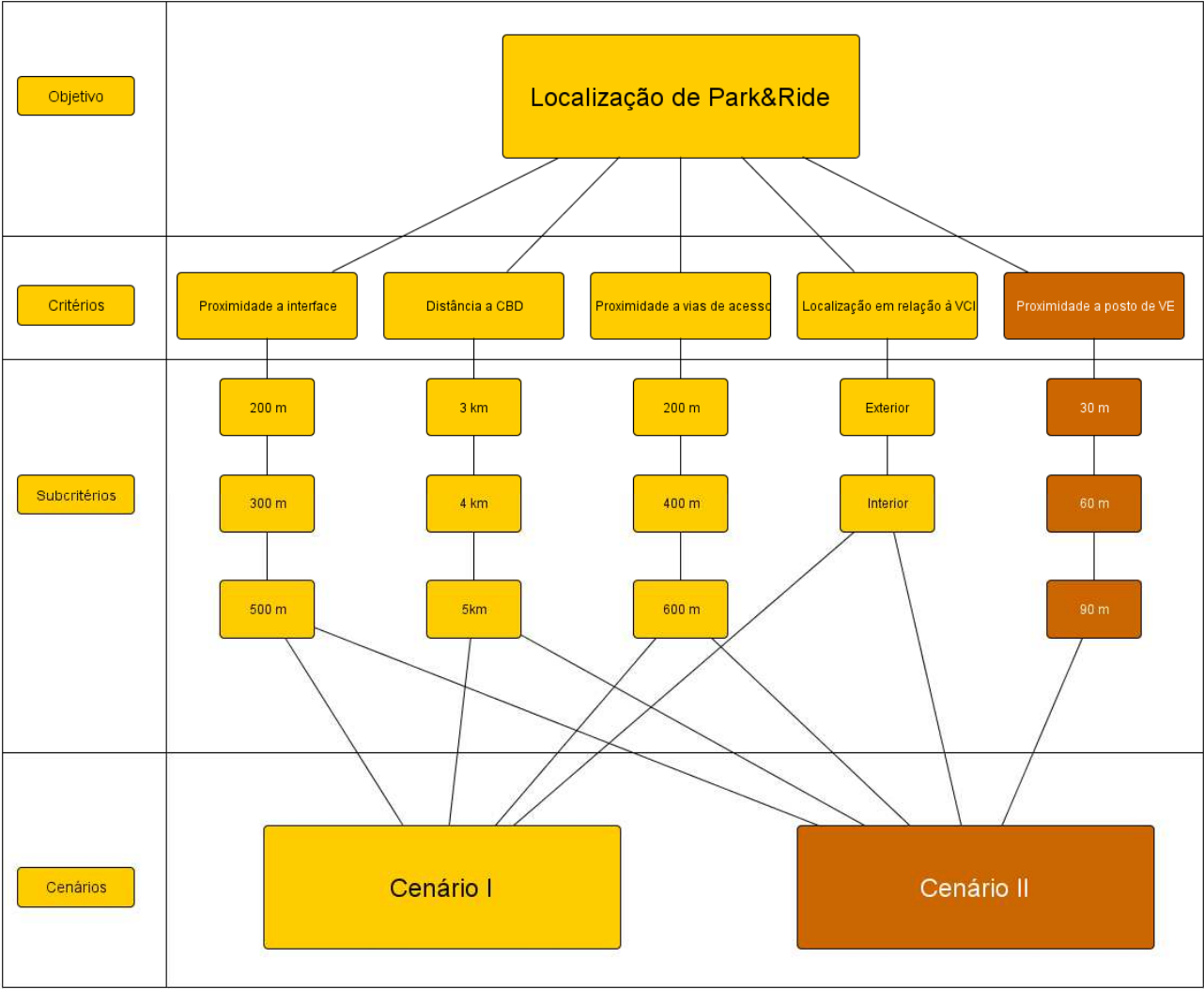


Figura 25 – Critérios do modelo de operacionalização

Assim, no cenário I (*P&R* baseado na rede do metro do Porto) a determinação de zonas que ofereçam condições mínimas para a construção de um *P&R*, deverão respeitar os seguintes critérios de localização:

- Em relação à proximidade de um interface modal (estação de metro), a uma distância inferior a 200m, 300m ou 500m;

- Em relação à distância ao centro/CBD, a uma distância superior a 3 km, 4km ou 5km;
- Em relação à localização da VCI (áreas de congestionamento), deverá estar localizado de preferência no exterior da VCI;
- Em relação à proximidade às principais vias de comunicação rodoviária, deverá estar localizado a uma distância inferior a 200m, 400m ou 600m;

No cenário II (*P&R* com base na rede metro do Porto e na rede piloto de postos de abastecimento de veículos elétricos) a determinação de zonas que ofereçam condições mínimas para a construção de um *P&R*, deverão respeitar os seguintes critérios de localização:

- O parque deve estar localizado em relação a um posto de abastecimento da rede piloto do Porto;
- Em relação à proximidade a posto de abastecimento de veículos elétricos, a uma distância inferior a 30m, 60m ou 90m;
- Em relação à proximidade de um interface modal (estação de metro), a uma distância inferior a 200m, 300m ou 500m;
- Em relação à distância ao centro/CBD, a uma distância superior a 3 km, 4km ou 5km;
- Em relação à localização da VCI (áreas de congestionamento), deverá estar localizado de preferência no exterior da VCI;
- Em relação à proximidade às principais vias de comunicação rodoviária, deverá estar localizado a uma distância inferior a 200m, 400m ou 600m;

C) OBTENÇÃO DE DADOS

Os dados necessários à criação de imagens de aptidão foram os seguintes: limites administrativos do concelho, rede do metro do Porto, rede piloto de mobilidade elétrica, rede rodoviária, áreas de congestionamento. Salientar que para todos os dados foi definido o mesmo sistema de coordenadas, PT-TM06/ETRS89, visto ser um sistema global de referência recomendado pela EUREF¹¹.

Limites administrativos do concelho

A partir da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) de 2012 foram obtidos os limites administrativos do concelho do Porto, tendo sido posteriormente integrados no *software ArcGis 10.0*.

Rede do metro do Porto

Foram criadas as localizações das várias estações de Metro pertencentes à rede do Metro do Porto, através do serviço *Google Map*. De seguida, foram exportados esses dados em formato kml, tendo sido integrados no *software ArcGis 10.0*. No *ArcGis 10.0* foi realizado um corte às estações de metro com os limites administrativos do concelho, através da ferramenta *Clip*¹², limitando-se assim a obter as estações de metro localizadas no concelho do Porto.

Rede piloto de mobilidade elétrica

Na página oficial da Câmara Municipal do Porto é apresentada a rede piloto de mobilidade elétrica no concelho do Porto, com a localização dos vários postos de

¹¹ *European Reference Frame*, subcomissão da IAG - Associação Internacional de Geodesia

¹² Ferramenta do ArcGis que selecciona e corta as partes de um elemento espacial que estão incluídas dentro de um outro elemento espacial.

abastecimento elétrico. Estes dados foram exportados em formato kml e posteriormente integrados no *software ArcGis 10.0*.

Principais áreas de congestionamento

Foram criados dois polígonos, no serviço *Google Map*, tendo como limite a Via de Cintura Interna. No interior da área limitada pela VCI, com base no estudo realizado pela Câmara Municipal do Porto (2007), estão localizadas as zonas que possuem elevadas proporções de movimentos no interior do concelho do Porto.

Os dados foram exportados em formato kml, tendo sido depois integrados no *software ArcGis 10.0*.

Principais vias de acesso rodoviário

A partir dos dados disponíveis no serviço *Google Map* e na plataforma *Open Street Map*, foram obtidos dados relativos à rede rodoviária do concelho do Porto.

Os dados do serviço *Google Map* e da plataforma *Open Street Map* foram exportados em formato kml e em formato osm respetivamente, tendo sido depois integrados no *software ArcGis 10.0*.

No final foi definido como sendo as principais vias de acesso rodoviário do concelho do Porto a: A3, A28, EN 12, EN14, EN 15, IC23 (VCI), IC 29 e Av. de Fernão Magalhães.

D) DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS

O método de definição de pesos dos critérios utilizado neste trabalho foi a comparação de critérios par-a-par (*Analytic Hierarchy Process - AHP*), proposto por Saaty (1980), no que diz respeito a avaliações multicritério.

Assim, através da matriz de comparação par-a-par foi definida a importância relativa entre critérios e seu correspondente peso.

A relação de importância entre cada par de critérios foi quantificada empregando-se a escala contínua de nove pontos, o que possibilitou o cálculo do peso de cada critério.

As taxas de consistência (TC) obtida para as matrizes foi de 0.024 para o cenário I (ver tabela 10) e 0.016 para o cenário II (ver tabela 11), valores que em ambos os casos são menores que 0,10, não existindo por isso a necessidade de reorganização da matriz por meio da alteração dos valores de comparação entre critérios, tal como Saaty refere.

No cenário I, o fator de maior peso foi a localização em relação às principais áreas de congestionamento (62%), seguido de distância ao centro (18%), da proximidade a estação intermodal (12%) e, finalmente, proximidade às principais vias de comunicação rodoviária com 8% (tabela 10).

Essa ponderação tem influência direta sobre a espacialização das áreas prioritárias para *P&R* a serem geradas pela análise, esperando-se nesse caso, uma certa localização das mesmas no exterior da área limitada pela VCI, próximo de interfaces modais, uma vez que o critério localização em relação às principais áreas de congestionamento ter sido o que maior peso obteve (tabela 10).

	LAC	PEI	DC	PVA	Pesos
LAC	1	5	4	6	62%
PEI	1/5	1	1/2	2	12%
DC	1/4	1	1	3	18%
PVA	1/6	1/2	1/3	1	8%
Taxa de consistência (TC) = 0.036 (3,6%)					100%
PEI: Proximidade a estação intermodal, DC: Distância ao centro, LAC: Localização em relação às principais áreas de congestionamento, PVA: Proximidade às principais vias de acesso rodoviário					

Tabela 10 - Matriz de comparação par-a-par entre os critérios definidos para o cenário I da avaliação multicritério

No cenário II, os critérios de maior peso foram a localização em relação às principais áreas de congestionamento (56%), seguido da distância ao centro (20%) e da proximidade a estação intermodal, proximidade a posto de abastecimento VE e a proximidade às principais vias de comunicação rodoviária com 8% para ambos. (tabela 11).

Essa ponderação tem influência direta sobre a espacialização das áreas prioritárias para *P&R* a serem geradas pela análise, esperando-se nesse caso, uma certa localização das mesmas no exterior da área limitada pela VCI, próximo de interfaces modais e de postos de abastecimento VE, uma vez que o critério localização em relação às principais áreas de congestionamento ter sido o que maior peso obteve (tabela 11).

	LAC	PEI	DC	PVA	PVE	Pesos
LAC	1	7	3	6	7	56%
PEI	1/7	1	1/3	2	1	8%
DC	1/3	3	1	3	3	20%
PVA	1/6	1/2	1/3	1	1/2	8%
PVE	0.143	1	0.33333	2	1	8%
Taxa de consistência (TC) = 0.031 (3.1%)						100%
PVE: Proximidade a posto de abastecimento VE, PEI: Proximidade a estação intermodal, DC: Distância ao centro, LAC: Localização em relação às principais áreas de congestionamento, PVA: Proximidade às principais vias de acesso rodoviário						

Tabela 11 - Matriz de comparação par-a-par entre os critérios definidos para o cenário II da avaliação multicritério

E) IMAGENS DOS CRITÉRIOS

Para a aplicação do modelo ao caso de estudo foram desenvolvidas várias imagens no *software ArcGis 10.0*, representativas dos vários critérios a considerar.

Proximidade a posto de abastecimento ve

A imagem do critério proximidade a estações intermodais (figura 27) resultou da aplicação de *buffers*¹³ de 30 m, 60 m, e 90 m em torno das localizações dos postos de abastecimento apresentados na rede piloto de mobilidade elétrica.

Para isso recorreu-se à ferramenta *multiple ring buffer* do *ArcGis*, que permitiu criar várias áreas a uma determinada distância dos postos de abastecimento VE.

A distância de 30 m foi baseada nas dimensões mínimas dos lugares de estacionamento propostos pelo documento realizado pela CCDR-Norte (2008).

Assim, nesse documento é apresentada uma tabela com a capacidade estimada de estacionamento de veículos para uma distância de 100 m (tabela 12).

Ângulo de estacionamento (graus)	Veíc./100m (m)
0	16-20
30	19-21
45	27-30
60	33-37
90	40-43

Tabela 12 - Número de lugares de estacionamento obtidos ao longo da área adjacente à via, para diferentes orientações Fonte: (CCDR-Norte, 2008)

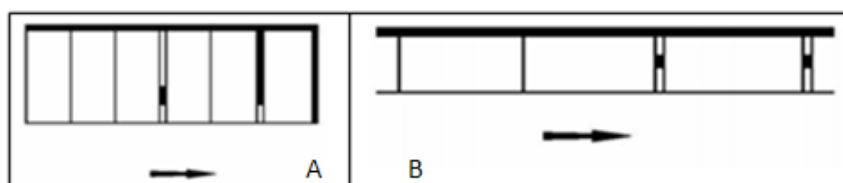


Figura 26- A- Estacionamento a 90 graus B- Estacionamento a 45 graus, fonte: CCDR-Norte (2008)

¹³ Ferramenta do *ArcGis* que permite criar áreas a uma determinada distância de um elemento espacial.

Com base na tabela 12 foi estipulada a distância de 30 m, que possibilita uma capacidade de estacionamento de cerca de 4 veículos (estacionamento de 0 graus), cerca de 7 veículos (estacionamento de 45 graus) e por fim cerca de 10 lugares (estacionamento de 90 graus) (ver figura 26).

A distância de 60m é utilizada admitindo que é um parque com maior capacidade de lugares disponíveis em relação ao parque anterior, e por fim 90 metros admitindo que o parque terá a maior lotação de estacionamento dos 3 parques apresentados.

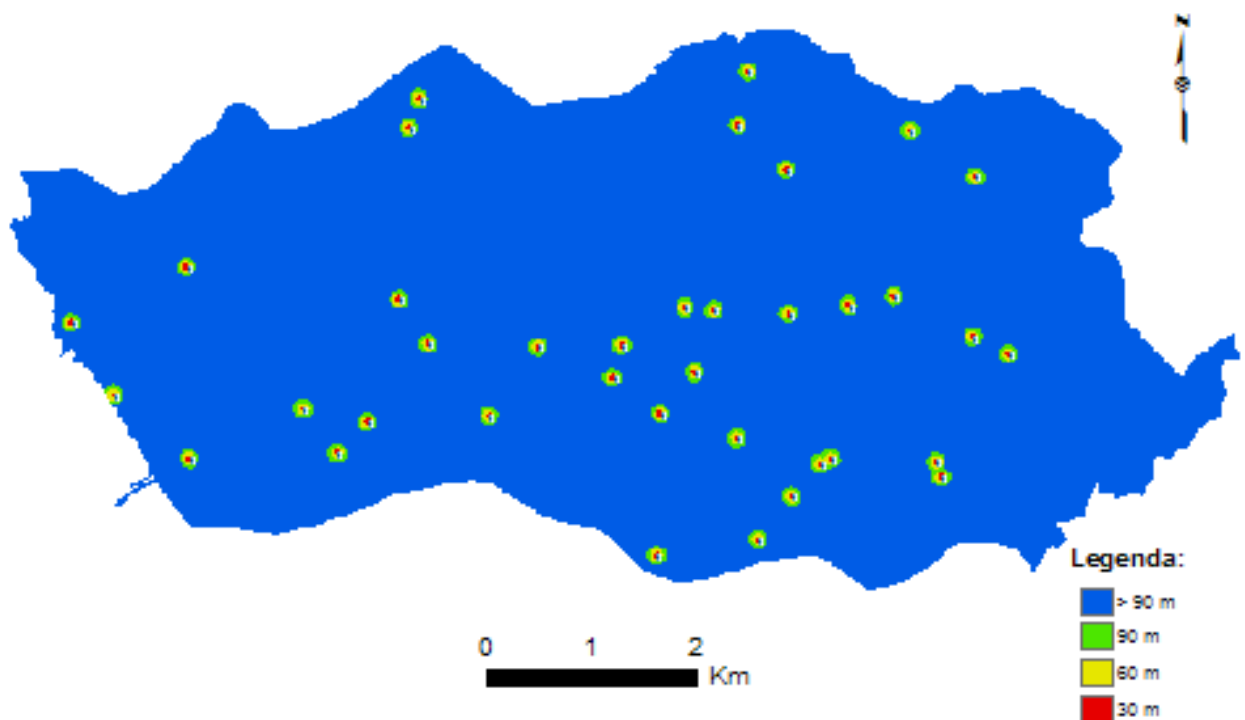


Figura 27 - Critério proximidade a posto de abastecimento VE

Proximidade a estações intermodais

A imagem do critério proximidade a estações intermodais (figura 28) resultou da aplicação de *buffers* de 200m, 300m, e 500m em torno das localizações das estações de metro do Porto. As distâncias foram baseadas na bibliografia referente a distâncias percorridas a pé, que no entender de APA (2010) deverá ser inferior a 200 m, inferior a 300 m para VTPI (2002) e por fim segundo AASHTO (1992) inferior a 500m.

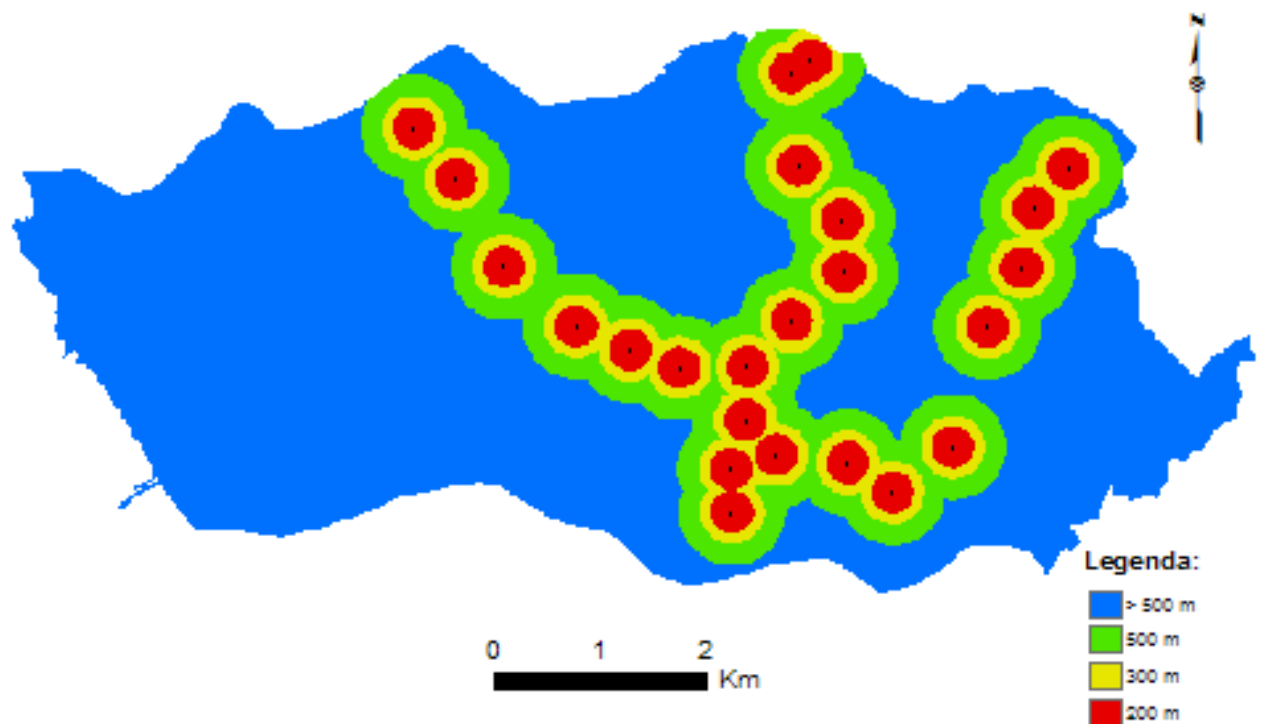


Figura 28 - Critério proximidade a estações intermodais

Distância ao centro

No que diz respeito ao critério proximidade ao centro, foi definido como o centro do Porto/ Central Business District a zona da “baixa do Porto”, mais precisamente a Avenida dos Aliados. A partir desta localização foram criados 3 *buffers* de 3 km, 4 km e 5 km (figura 29).

A escolha da distância de 3 km foi feita com base na distância média da VCI, a distância de 4 km devido a determinados limites administrativos do concelho do Porto terem essa distância do centro e por fim os 5 km segundo AASHTO (1992).

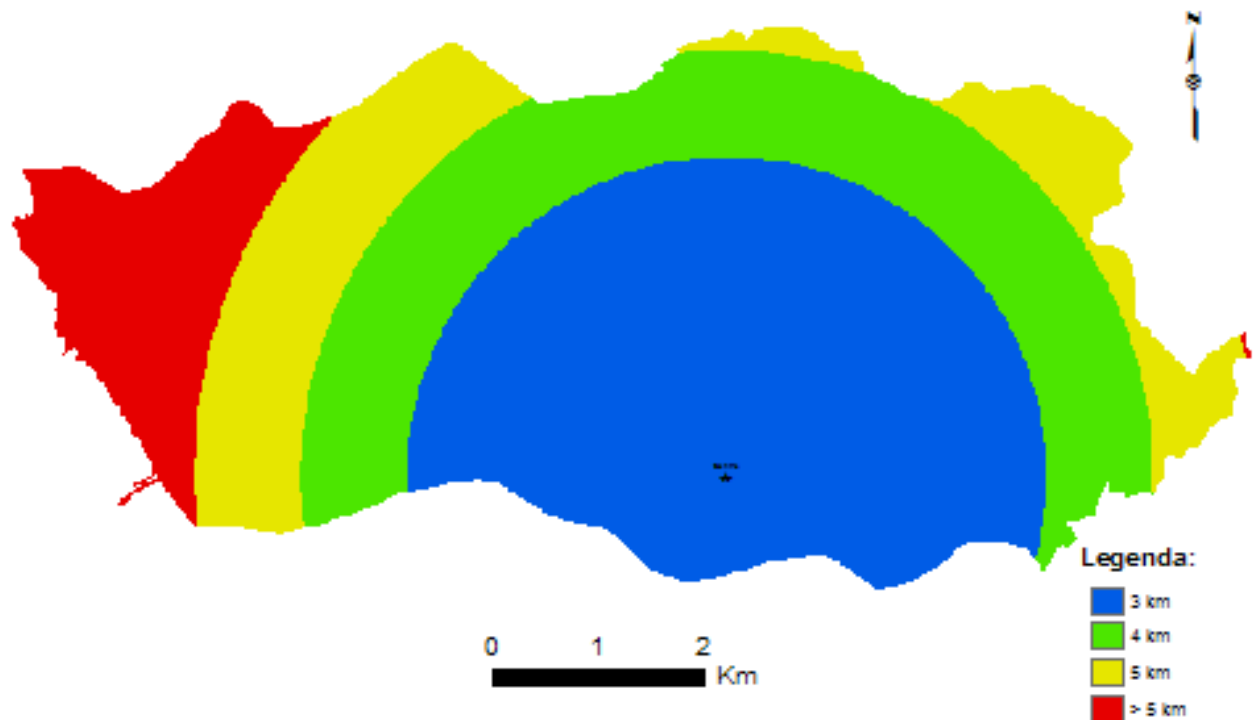


Figura 29 - Critério proximidade ao centro

Localização em relação às principais áreas de congestionamento

A imagem do critério da localização em relação às principais áreas de congestionamento foi obtida através da criação de duas áreas tendo como limite a Via de Cintura Interna (figura 30).

No interior da área limitada pela VCI, com base no estudo CM Porto (2007), estão localizadas as zonas que possuem elevadas proporções de movimentos no interior do concelho do Porto.

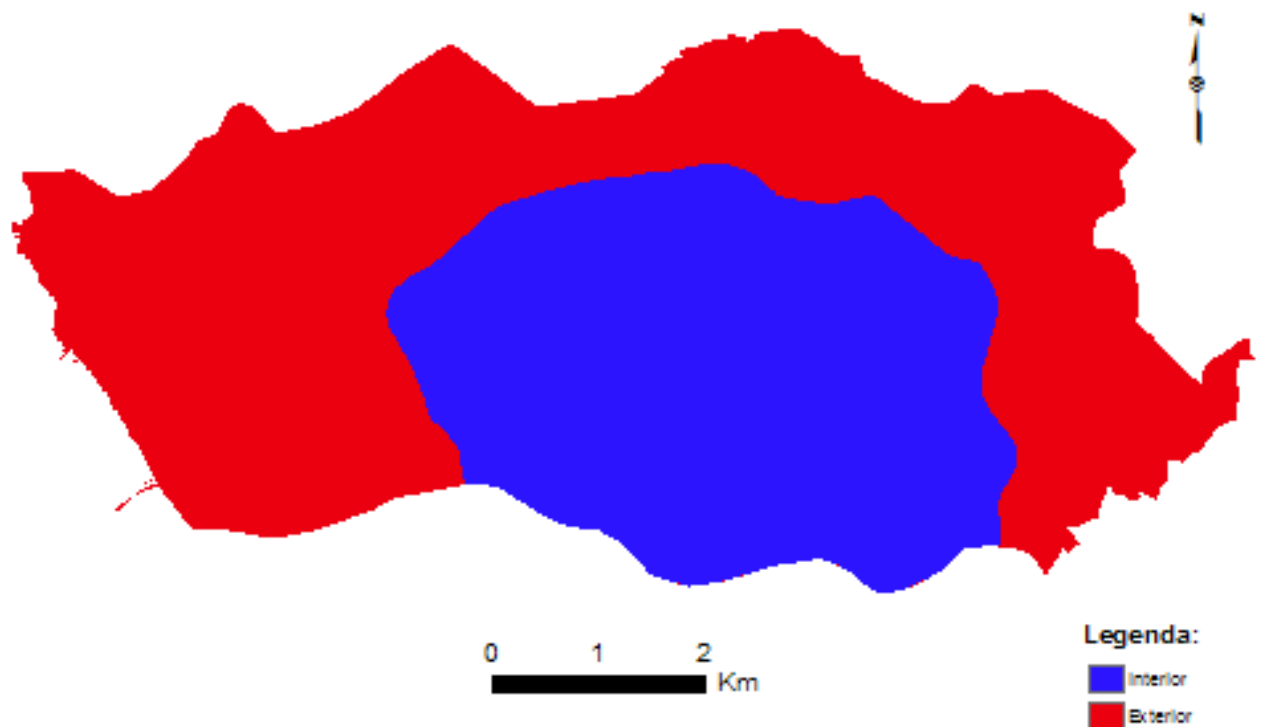


Figura 30 – Critério localização em relação às principais áreas de congestionamento

Proximidade às principais vias de acesso rodoviário

Por fim, a imagem do critério proximidade às principais vias de acesso rodoviário foi obtida através da criação de 3 *buffers* com distâncias de 200 m, 400 m e 600 m (figura 31).

A escolha dessas distâncias foi feita com base em Fernandes, A. (2011), onde é apresentado um ensaio metodológico para o Porto, sendo propostas as distâncias de 200 m, 400 m e 600 m.

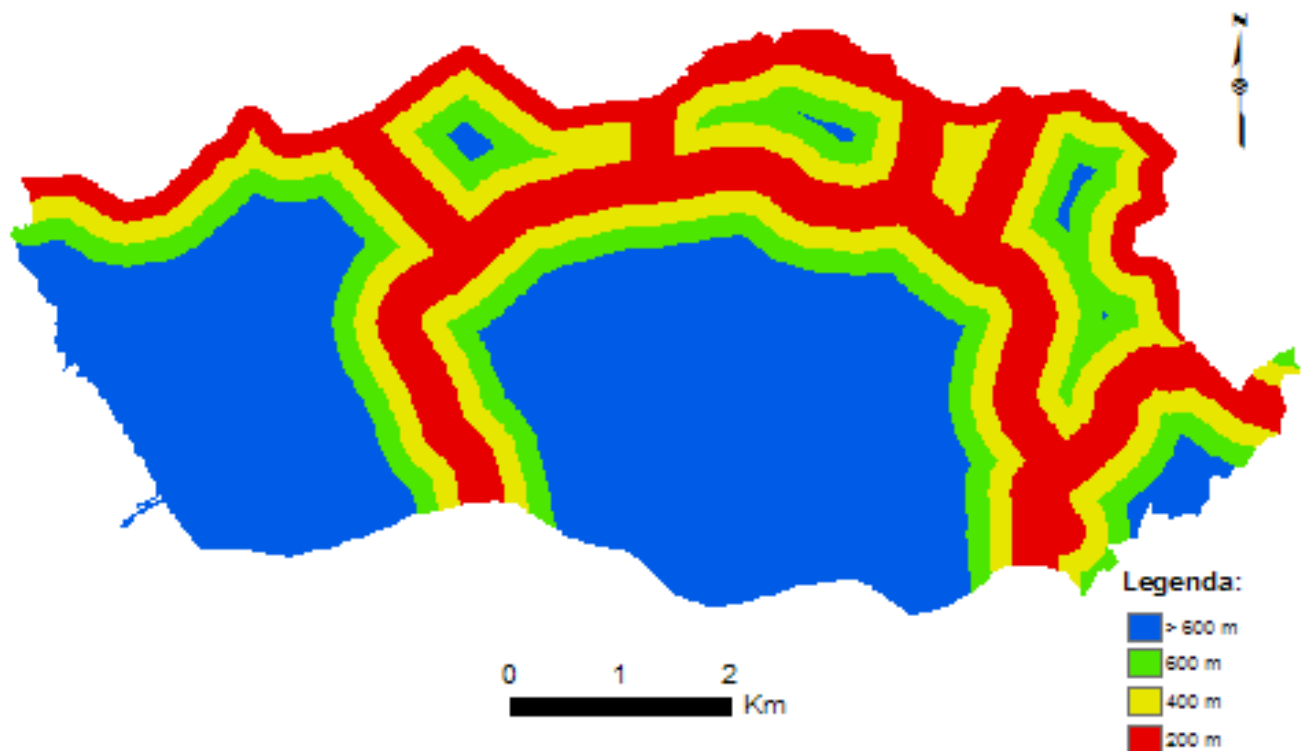


Figura 31 - Critério proximidade às principais vias de acesso rodoviário

F) RECLASSIFICAÇÃO

Posteriormente, todas as imagens dos critérios foram convertidas para formato *raster*¹⁴, através da ferramenta *feature to raster* do *ArcGis*, de modo a poderem ser utilizados na sobreposição ponderada (figura 32).

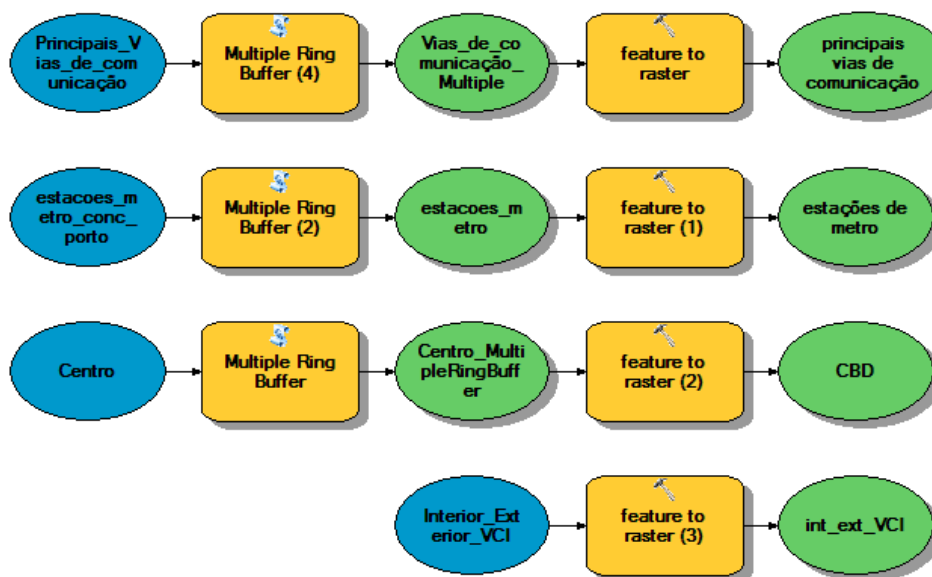


Figura 32 - Conversão para formato *raster*, no cenário I

O tamanho do pixel¹⁵ para todos os *rasters* criados foi 5 metros, este tamanho reduzido de pixel, apesar do tamanho do ficheiro *raster* ser maior e implicar um processamento mais lento, permite uma maior resolução da imagem e ainda uma maior precisão da localização espacial.

Para facilitar a comparação entre os mapas produzidos, as áreas prioritárias geradas pelo método, foram reclassificadas em diferentes categorias (classes de mesma amplitude), através da ferramenta *reclass*¹⁶, de acordo com o grau de prioridade para a localização das infraestruturas *P&R*, ou seja, prioridades: Baixa (1), Média (2), Alta (3).

¹⁴ No formato *raster* as imagens contêm a descrição de cada *pixel*, em oposição aos gráficos vetoriais.

¹⁵ Um *pixel* é geralmente considerado como o menor componente de uma imagem digital

¹⁶ Ferramenta do *ArcGis* que permite criar uma nova imagem com uma reclassificação, definida pelo utilizador, dos valores dos pixels da imagem original.

Critérios	Baixa 1	Média 2	Alta 3
Proximidade a posto de abastecimento VE	90 m	60 m	30 m
Proximidade a estação intermodal	500 m	300 m	200 m
Distância ao centro	3 km	4 km	5 km
Localização em relação às principais áreas de congestionamento	Interior	Exterior	-
Proximidade às principais vias de acesso rodoviário	600 m	400 m	200 m

No final da reclassificação foram obtidas cartas normalizadas [1 a 3] para ambos os critérios.

G) SOBREPOSIÇÃO PONDERADA

Obtidas as cartas normalizadas de todos os critérios, foi possível passar para a sobreposição ponderada, para isso recorreu-se à ferramenta *weighted overlay*¹⁷ do *software ArcGis 10.0* (figura 33), onde foram introduzidos os pesos dos diferentes critérios.

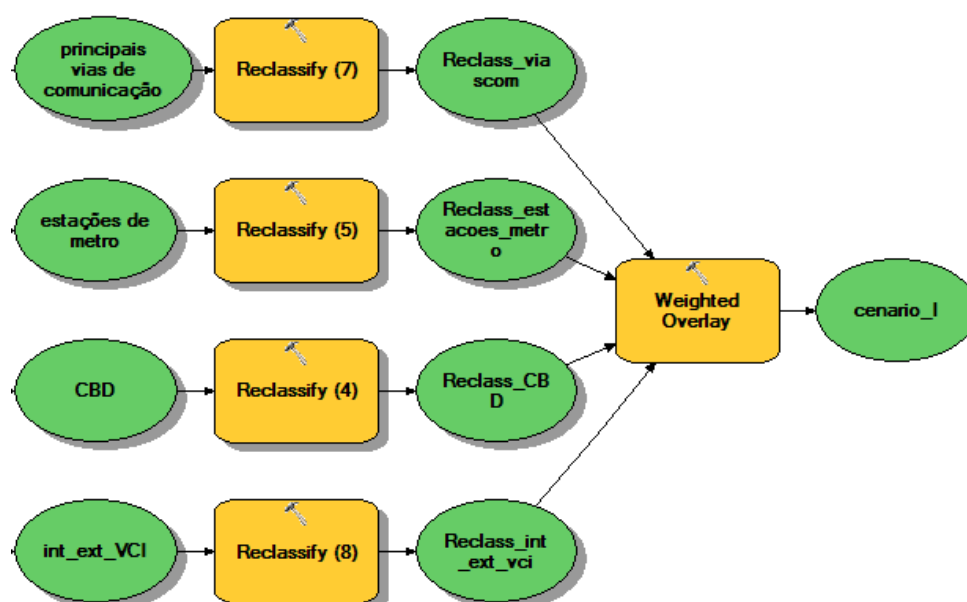


Figura 33 - Sobreposição ponderada para o cenário I

¹⁷ Ferramenta do ArcGis que permite criar uma imagem de aptidão, através de uma reclassificação, definida pelo utilizador, com base nos pesos dos critérios.

No final foram obtidas cartas normalizadas [1 a 3] para o cenário I (figura 34) e outra para o cenário II (figura 36).

Assim, Baixa (1) irá representar as zonas com menor aptidão e Alta (3) irá representar as zonas de maior aptidão para a localização dos *P&R*.

H) RESULTADOS OBTIDOS

O resultado do processo de determinação de áreas de maior aptidão para implantação de *P&R*, é apresentado nas figuras 34 e 36 e que correspondem às melhores áreas de cada um dos cenários.

A figura 34 representa as áreas de maior aptidão para implantação de *P&R* no que diz respeito ao cenário I (*P&R* baseado na rede do metro do Porto). Através desta figura é visível uma certa localização das mesmas no exterior da área limitada pela VCI, próximo de interfaces modais, justificado pelo peso que o critério localização em relação às principais áreas de congestionamento obteve.

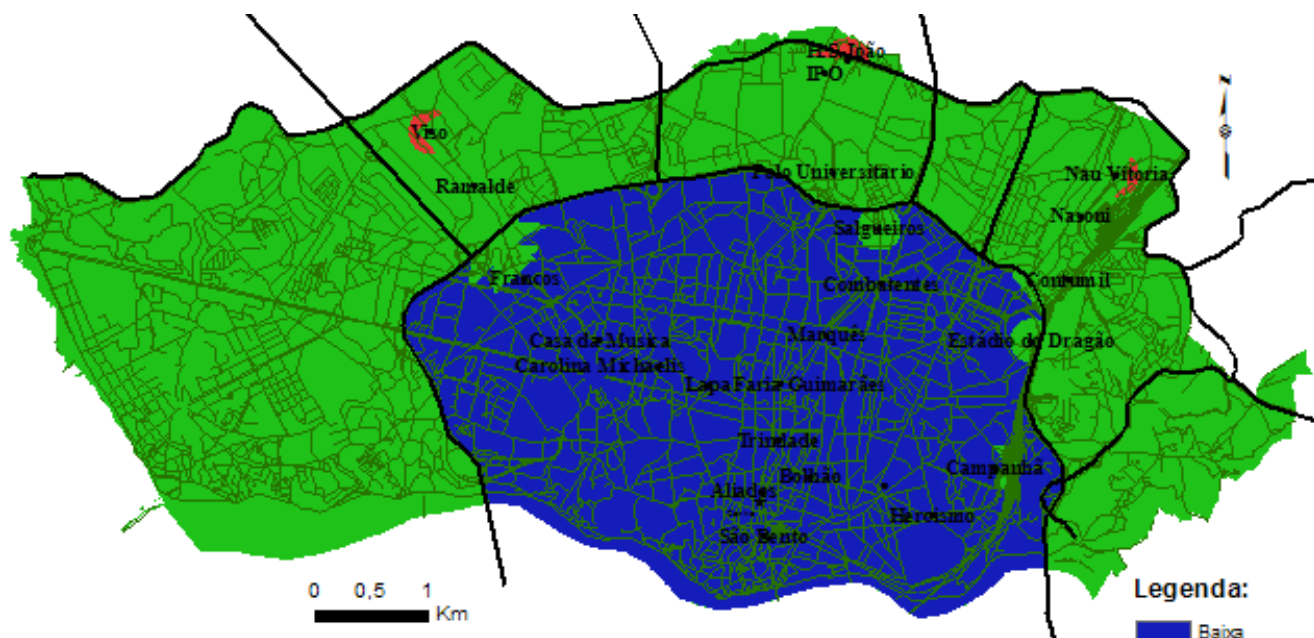


Figura 34 - Carta de aptidão para *P&R* - Cenário I

Neste cenário, são apresentadas 3 áreas designadas como “altas”, representadas a vermelho, estando localizadas em torno das estações do metro do Viso, H. S. João e Nau Vitória, ambas localizadas no limite norte do concelho (ver figura 35).



Figura 35 - Áreas "altas"- Cenário I

Assim, é possível observar que todas as linhas do metro possuem uma área de maior aptidão (Estação do Viso serve as linhas A, B, C e E, Estação do H. S. João serve a linha D e a Estação Nau Vitória serve a linha F).

Destacar ainda as estações de metro de Ramalde, Francos, Salgueiros, Polo Universitário, IPO, Estádio do Dragão, Contumil e Nasoni, onde é possível observar que as suas áreas envolventes possuem valores de aptidão de interessantes.

A figura 36 representa as áreas de maior aptidão para implantação de *P&R* no que diz respeito ao cenário II (*P&R* com base na rede metro do Porto e na rede piloto de postos de abastecimento de veículos elétricos).

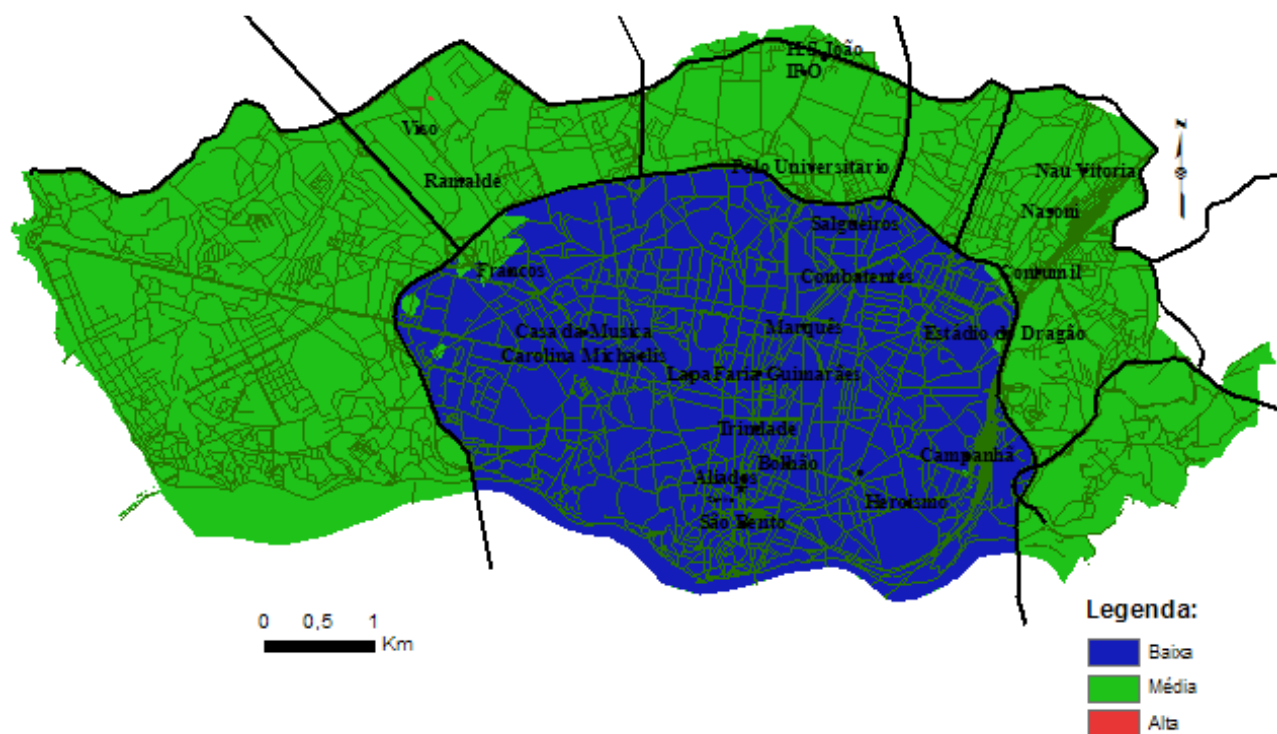


Figura 36 - Carta de aptidão para *P&R* - Cenário II

Nesta figura é também visível, tal como a figura 34, uma certa localização das mesmas no exterior da área limitada pela VCI, neste caso próximo de interfaces modais e postos de abastecimento VE, também justificado pelo peso que o critério localização em relação às principais áreas de congestionamento obteve.

Apenas são apresentadas duas pequenas áreas designadas “alta”, representadas a vermelho, sendo uma coincidente com a localização da estação do metro do Viso e outra localizada na área circundante da mesma estação de metro (ver figura 37).

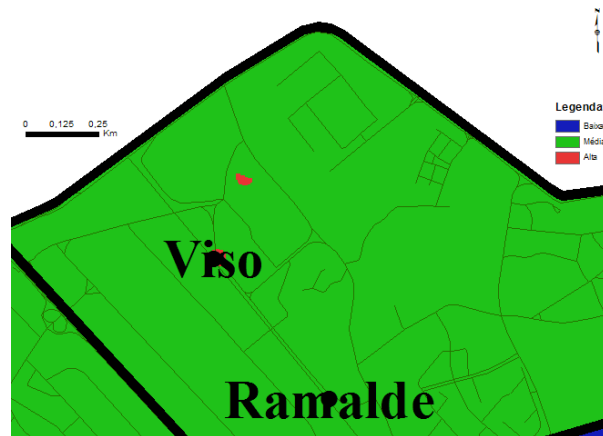


Figura 37 - Áreas "altas"- Cenário II

Assim, é possível observar que nem todas as linhas do metro possuem uma área de maior aptidão, visto que a Estação do Viso apenas serve as linhas A, B, C e E.

Destacar ainda as estações de metro de Ramalde, Francos, Polo Universitário, IPO, H. S. João, Estádio do Dragão, Contumil, Nasoni, Nau Vitória e Campanhã, onde é possível observar que as suas áreas envolventes possuem valores de aptidão de interessantes.

CAPÍTULO IV: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. Conclusões

Neste trabalho foi desenvolvida uma abordagem em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que pretendeu identificar os critérios de localização que poderão ser considerados na implantação de P&R no concelho do Porto.

Neste trabalho recorreu-se aos SIG para analisar e visualizar vários tipos de informação desde a localização de estações de metro, rede piloto da mobilidade elétrica, entre outros. Posteriormente, com o auxílio dos SIG, foi desenvolvida uma abordagem que visou identificar áreas ótimas para a localização de *P&R*.

Este trabalho mostrou que o processo de delimitação de áreas consideradas ótimas para a localização de *P&R*, combinado com a utilização de SIG poderá tornar-se numa implementação relativamente acessível e fácil.

Deste modo, parece aceitável considerar que, os SIG são um meio eficaz para realizar um estudo desta envergadura, comprovando a afirmação de Matos, J. (2001), *“um dos campos de aplicação do SIG é a resolução de problemas de localização, ou seja, a identificação da melhor localização para uma dada infraestrutura ou equipamento”*.

Em relação aos dois cenários obtidos para o caso de estudo: Cenário I (*P&R* baseado na rede do metro do Porto) e Cenário II (*P&R* com base na rede metro do Porto e na rede piloto de postos de abastecimento de veículos elétricos), verifica-se, a ausência de áreas de alta aptidão na zona sul e sudoeste do concelho em ambos os cenários, justificada pela importância atribuída ao critério localização em relação às áreas de congestionamento e pela ausência de estações de metro nessas zonas, respetivamente.

Por outro lado, verifica-se uma localização das áreas de alta aptidão no exterior da área limitada pela VCI, próximo de interfaces modais no cenário I e próximo de interfaces modais e postos de abastecimento VE no cenário II.

Exemplo disso são as áreas envolventes à estação de metro de Ramalde, Francos, Salgueiros, Polo Universitário, IPO, Estádio do Dragão, Contumil e Nasoni. No entanto as áreas de alta aptidão estão localizadas na envolvente às estações do Viso, H.S. João e Nau Vitória, isto no que diz respeito ao cenário I.

No cenário II as áreas de alta aptidão estão localizadas próximas da estação do metro do Viso.

Com base neste dado, parece admissível considerar as áreas envolventes à estação de metro do Viso, do H.S João e Nau Vitória como as principais áreas do concelho do Porto onde uma infraestrutura *P&R* pode ser localizada.

Se a esta infraestrutura estiver aliado um posto de abastecimento para veículos elétrico que irá permitir a possibilidade de carregamento do veículo, então a principal área do concelho do Porto para sua localização deverá ser na área envolvente à estação de metro do Viso.

Assim, no cenário II é apresentada uma possível otimização conjunta da rede de transporte, através da associação da mobilidade elétrica e dos transportes.

Desta forma e interligando estes dois sistemas, poderá ser melhorado o fluxo de veículos, a mobilidade urbana no centro da cidade, a redução das emissões de gases com efeito de estufa e ainda a redução da dependência dos combustíveis fósseis.

A aplicação da mobilidade elétrica no conceito da intermodalidade poderá ajudar o desenvolvimento de *P&R*.

Assim sendo, o conceito de *P&R* poderá constituir uma solução a implementar numa tentativa de resolver os problemas de mobilidade e soluções de transporte no concelho do Porto. Isto porque o conceito de *P&R* implica, não só a concertação de interesses entre agentes e atores envolvidos na mobilidade urbana e na (re) organização dos territórios da cidade, como a necessária implementação de uma prática integrada de rede de transportes.

2. Recomendações Futuras

Como em qualquer exercício de investigação, não é habitual dar-se por concluída, completa ou perfeita a tarefa idealizada, pelo que há lugar à identificação de vetores diretores para o prosseguimento do estudo.

Em primeiro lugar, se bem que se considere que os objetivos de formulação, implementação e aplicação do modelo de localização tenham sido integralmente conseguidos, há que prosseguir esforço de calibração, alargando a dimensão à área servida pelo Metro do Porto, por forma a consolidar o elenco de critérios, porém a recolha de dados específicos é muito complexa, e desta forma optou-se por analisar apenas o concelho do Porto.

Uma segunda área de desenvolvimento seria a aplicação deste modelo não só ao metro do Porto mas também ao transporte público rodoviário do Porto. A falta de dados referentes ao transporte público rodoviário, nomeadamente rota e paragens efetuadas pela Sociedade de Transportes Coletivos do Porto (STCP), levou a que apenas se considerasse o metro do Porto.

BIBLIOGRAFIA

AASHTO. (1992). *Guide for the design of park and ride facilities*. Washington D. C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Almeida, C. (2010). *Planos de mobilidade no contexto da melhoria da qualidade do ar em Lisboa*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

André, J. (2008). *Transporte interurbano em Portugal: o sistema actual e os seus desafios*. (Vol. I). Instituto Superior Técnico.

APA. (2010). *Agência Portuguesa do Ambiente*. Obtido em 12 de Junho de 2011, de Projeto mobilidade sustentável - Manual de boas práticas para uma mobilidade sustentável: <http://sniamb.apambiente.pt/mobilidade/>

APVE. (2003). *Associação portuguesa do veículo eléctrico*. Obtido em 2 de Setembro de 2011, de <http://www.apve.pt/>

Bannerman, L. (20 de Outubro de 2010). *Urban dynamics, public opinion & parking*. Obtido em 15 de Novembro de 2011, de IIIº Seminário Ibérico - A Cidade Possível: <http://www.anepe.pt/seminarios>

Barbosa, A. V. (2012). *Redes de abastecimento para veículos eléctricos*. Departamento de Engenharia Eletrotécnica: Instituto Superior de Engenharia da Porto, Janeiro 2012.

Bellis, M. (s.d.). *History of Electric Vehicles*. Obtido em 12 de Fevereiro de 2011, de <http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm>

Braga, J. (2010). *Integração de veículos eléctricos no Sistema Eléctrico Nacional*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Câmara Municipal do Porto. (2008). *A Base Económica do Porto e o Emprego*. Porto: Gabinete de Estudos e Planeamento.

Câmara Municipal do Porto. (2007). *Mobilidade na cidade do Porto: Análise das deslocações em transporte individual*. Porto: Gabinete de Estudos e Planeamento.

Carothers, S., & Schneider, A. (Novembro de 2011). *The 100-Year History Of The Electric Car*. Obtido em 2012 de Fevereiro de 12, de <http://www.npr.org:> <http://www.npr.org/2011/11/21/142365346/timeline-the-100-year-history-of-the-electric-car>

Carvalho, L. (2010). *Mobilidade Sustentável na Área Metropolitana de Lisboa Norte*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

CCDR-Norte. (2008). Estacionamento. In *Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento da Região Norte.

Ceia, C. (2007). *Como Fazer uma Tese de Doutoramento ou uma Dissertação de Mestrado*. Obtido em 17 de Junho de 2011, de <http://www2.fcsh.unl.pt/docentes/cceia/guias1.htm>

Chan, C. (2007). *The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles*. IEEE, vol. 95.

CIM Cávado. (06 de Abril de 2011). *Mobilidade elétrica: perspectiva novas oportunidades, Mesa Temática*. Obtido em 18 de Fevereiro de 2012, de CIM Cávado: <http://www.ctc-limialimacavado.com/noticias/detalhes.php?id=79>

Comissão Europeia 2007. *Livro Verde - Por uma nova cultura de mobilidade urbana*. Bruxelas: Comissão Europeia.

Comissão Europeia. (Abril de 2010). Obtido em 12 de Dezembro de 2011, de Uma estratégia europeia para veículos não poluente e energeticamente eficientes: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=MOTION&reference=B7-2010-0261&language=PT>

Comissão Europeia. (2010). *Europa 2020*. Obtido em 14 de Novembro de 2011, de Comissão Europeia, Europa 2020: A estratégia europeia para o crescimento: http://ec.europa.eu/europe2020/index_pt.htm

Decreto-Lei nº 22-A de 2007. (29 de Junho de 2007). Diário da República nº 124 - 1ª série.

Decreto-Lei nº 39 de 2010. (26 de Abril de 2010). *Diário da República*, N.º 80, 1ª série .

Development, W. B. (2004). *Mobilidade 2030: Vencendo os Desafios da Sustentabilidade - O Projecto de Mobilidade Sustentável*. Obtido em 16 de Janeiro de 2012, de <http://www.slideshare.net/ProjetoBr/mobilidade-2030-vencendo-os-desafios-da-sustentabilidade>

DGEG. (2009). *Direção Geral de Energia e Geologia*. Obtido em 8 de Janeiro de 2012, de <http://www.dgge.pt/>

Dias, J. C. (20 de Outubro de 2010). *As cidades e os carros*. Obtido em 15 de Novembro de 2011, de IIIº Seminário Ibérico - A Cidade Possível: <http://www.anepe.pt/seminarios>

Dias, J. (2010). Regime jurídico da mobilidade eléctrica (MOBI-e). *Colóquio - Ambiente & Energia* (pp. 171-178). Universidade de Lisboa: Instituto de Ciências Jurídico-Políticas.

Dickens, I. (2001). Park and Ride facilities on light rail transit systems. *Transportation* 18, 55–77.

ESRI. (s.d.). *ArcGis Resource Center*. Obtido em 24 de Janeiro de 2002, de <http://help.arcgis.com>

European Commission. (26 de Março de 2009). Obtido em 10 de Dezembro de 2011, de R&D involvement in the EU Economic Recovery Plan: focus on the three Public Private Partnerships, The Energy-efficient buildings, Factories of Future and European Green cars Initiatives: http://ec.europa.eu/research/press/2009/pdf/ppp-fact-sheet_en.pdf

European Commission. (18 de Outubro de 2010). Obtido em 14 de Março de 2012, de What is the EU doing on climate change?: http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/actions/euinitiatives_pt.ht

European Commission. (18 de Outubro de 2010). Obtido em 22 de Novembro de 2011, de What is the EU doing on climate change?: http://ec.europa.eu/clima/policies/brief/eu/index_en.htm

Farias, T. L. (20 de Outubro de 2010). *Estacionamento: que futuro? O estacionamento ao serviço da mobilidade urbana*. Obtido em 15 de Novembro de 2011, de IIIº Seminário Ibérico - A Cidade Possível: <http://www.anepe.pt/seminarios>

Fernandes, A. (2011). *Transit Oriented Development: um ensaio metodológico para o Porto*. Porto: Universidade do Porto.

Fernandes, J. A. (2007). Urbanismo sustentável: redução, reciclagem e reutilização da cidade. In *Revista da Faculdade de Letras - Geografia, II Série, Volume I* (pp. 163-178). Universidade do Porto.

Fernandes, N. (2010). Alternativas de mobilidade e perspectivas económicas para o veículo eléctrico (EV). *Mobilidade Elétrica: O veículo*. Lisboa: Instituto de Mobilidade e dos Transportes Terrestres.

Ferreira, F. (27 de Outubro de 2010). *Principais linhas de orientação política nacional e local sobre transporte de passageiros*. Obtido em 4 de Fevereiro de 2012, de www.alter-motive.org/

Frade, I. (2010). *Otimização da localização de postos de abastecimento de veículos eléctricos*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Gomes, J. (2009). *A Mobilidade e a Teoria da Cidade Compacta: Caso de Estudo da Cidade de Lisboa*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Gomes, L. (2010). *O veículo eléctrico e a sua integração no sistema eléctrico*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Google Maps. (s.d.). *Google*. Obtido em 16 de Setembro de 2011, de <https://maps.google.com/>

Grupo Albatroz. (2005). *Mobilidade Urbana Sustentável, o impacte das empresas e dos seus trabalhadores*. BCSD Portugal.

IMTT. (12 de Abril de 2010). *Conferência Território, Acessibilidade e Gestão da Mobilidade*. (Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres) Obtido em 17 de Outubro de 2011, de <http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/>

INE. (s.d.). *Instituto Nacional de Estatística*. Obtido em 12 de Abril de 2012, de <http://www.ine.pt>

López, J. A. (20 de Outubro de 2010). *Sistemas de Aparcamiento*. Obtido em Novembro de 15 de 2011, de IIIº Seminário Ibérico - A Cidade Possível: <http://www.anepe.pt/seminarios>

Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Marques, R. F. (20 de Outubro de 2010). *Desafios e Oportunidades na Mobilidade*. Obtido em 15 de Novembro de 2011, de IIIº Seminário Ibérico - A Cidade Possível: <http://www.anepe.pt/seminarios>

Matos, J. (2001). *Fundamentos de Informação Geográfica*. Lisboa: Lidel.

Mendes, J. (2001). Multicriteria Accessibility Evaluation using GIS as applied to Industrial Location in Portugal. *Earth Observation Magazine* 10 (2) , 31-35.

Mendes, J., Rametta, F., & Giordano, S. (1999). Mapping Urban Quality of Life in Portugal, A Gis Approach. *EPMESE VII: Computacional Methods in Engineering and Science* , pp. 1107-1115.

Mendonça, P. (2008). *Concepção e requisitos de um sistema de recarregamento de um veículo elétrico*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

MERGE. (2010). *Mobile energy resources in grids of electricity*. Obtido em 18 de Março de 2012, de MERGE: <http://www.ev-merge.eu>

Metro do Porto. (2008). *Avaliação do impacto global da 1ª fase do projeto do metro do Porto. 2ª parte e 3ª parte*. Porto: Metro do Porto.

MOBI-E. (3 de Janeiro de 2012). Obtido em 8 de Janeiro de 2012, de Carregamento continua a ser gratuito: <http://www.mobie.pt/newsdetail?newsid=61507>

MOBI-E. (2010). *Rede Nacional de Mobilidade Elétrica*. Obtido em 14 de Maio de 2011, de <http://www.mobi-e.pt>

MOBI-Europe. (Julho de 2011). Obtido em 22 de Março de 2012, de MOBI-Europe: <http://www.veiculoselectricospt.com/mobi-europe/>

Monteiro, M. A. (2011). Eles já andam aí! *Recicla, Sociedade Ponto Verde*, 4.

Munster. (Agosto de 2001). *Press Office City of Munster*. Obtido em 9 de Março de 2012, de <http://www.muenster.de/en/>: <http://www.muenster.de/en/>

Oliveira, C. (2010). *Strategies for locating charge points for electrical car batteries in urban regions*. Programa Doutoral em Engenharia e Gestão de Transportes: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto .

OSM. (s.d.). *Open Street Map*. Obtido em 17 de Novembro de 2011, de <http://www.openstreetmap.org/>

Pacheco, E. (2005). Mobilidade e Transportes. In C. A. Medeiros, *Geografia de Portugal: sociedade, paisagem e cidades* (Vol. 4).

Paine, C. (Realizador). (2011). *Revenge of the Electric Car* [Filme].

Paine, C. (Realizador). (2006). *Who Killed the Electric Car?* [Filme].

Portal Energia. (4 de Janeiro de 2010). Obtido em 09 de Outubro de 2011, de Veículos Elétricos: <http://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-do-carro-electrico-vs-gasolina/>

Portaria nº 252/2011. (27 de Junho de 2011). Diário da República, nº 121, 1ª série.

Portaria nº 468/2010. (7 de Julho de 2010). Diário da República, n.º 130, 1ª série.

Proposta de Lei n.º 27/XI. (21 de Novembro de 2011). *Revogação dos incentivos financeiros na aquisição de veículos eléctricos*. Obtido em 16 de Dezembro de 2011, de MOBI-E:

https://www.mobie.pt/documents/10156/13306/Proposta_Altera%C3%A7%C3%A3o_Carros_Electricos

Proposta de Lei nº 27/ XI. (21 de Novembro de 2011). Proposta de aditamento - Orçamento do Estado para 2012.

Ramos, P. (2001). *Estruturação Espacial, Transportes e Desenvolvimento Sustentável da Área Metropolitana do Porto*. Porto: Faculdade de Economia da Universidade do Porto.

Ramos, R. (2000). *Localização Industrial. Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal*. Braga: Universidade do Minho.

Reis, L. (2010). Modelo e sistema de carregamento para veículos elétricos em Portugal. *Mobilidade Elétrica: O Veículo*. Lisboa: Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres.

Resolução do Conselho de Ministros nº 20/2009. (20 de Fevereiro de 2009). Diário da República nº 36 - Iª série.

Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2009. (7 de Setembro de 2009). *Diário da República, n.º 173, 1ª série*.

Rodrigues, D. (2001). *Avaliação Multicritério de Acessibilidade em Ambiente SIG*. Braga: Universidade do Minho.

Saaty, T. (1980). *The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority, Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.

Sachs, J. D. (2009). *Electric Cars and Sustainable Development*. Obtido em 5 de Dezembro de 2011, de <http://www.project-syndicate.org/commentary/electric-cars-and-sustainable-development>

Silva, M. (11 de Abril de 2011). *Como percorrer 100 Km com um euro*. Obtido em 11 de Outubro de 2011, de Económico: http://economico.sapo.pt/noticias/como-percorrer-100-km-com-um-euro_115469.html

Silva, P. (2010). Infraestrutura de carga de Veículos elétricos. *Mobilidade Elétrica: O Veículo*. Lisboa: Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres.

Silva, P. S. (2010). Baterias para veículos elétricos, mais soluções do que problemas. *Mobilidade Elétrica: O Veículo*. Lisboa: Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres.

South Yorkshire. (Junho de 2005). Obtido em 3 de Maio de 2012, de South Yorkshire Park&Ride Strategy 2006-2011: www.syltp.org.uk

Spillar, R. (1997). *Park-and-Ride Planning and Design Guidelines*. New York: Parsons Brinckerhoff Inc.

Stussi, R. (20 de Outubro de 2010). *Carro elétrico - novo paradigma da mobilidade*. Obtido em 15 de Novembro de 2011, de IIIº Seminário Ibérico - A Cidade Possível: <http://www.anepe.pt/seminarios>

Veiculos Electricos. (Janeiro de 2009). *Prós e Contras*. Obtido em 9 de Outubro de 2011, de <http://www.veiculoselectricospt.com/pros-e-contras/>

Viegas, J. (2009). Que novos paradigmas da mobilidade baseada em veículos elétricos? *Sessão Ciência 2009 - Veículos Eléctricos e Novas formas de Mobilidade*. Lisboa.

Vieira, J. (2010). Veículos Eléctricos: oportunidade ou ameaça para as cidades? *Revista URBE* (Território e Ambiente Urbano).

Voogd, H. (1983). *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. London: Pion Ltd.

VTPI. (2002). *Victoria Transport Policy Institute*. Obtido em 18 de Maio de 2012, de www.vtpi.org/tdm/tdm28.htm

WBCSD. (Agosto de 2001). *Mobilidade 2001*. Obtido em 13 de Janeiro de 2012, de WBCSD: <http://www.wbcds.org/home.aspx>

WBCSD. (Julho de 2004). *Mobilidade 2030*. Obtido em 13 de Janeiro de 2012, de WBCSD: <http://www.bcsdportugal.org/mobilidade-2030/545.htm>

WCED. (02 de Fevereiro de 2009). Obtido em 12 de Fevereiro de 2012, de Relatório Brundtland: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>; <http://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>