



Mafalda Rendeiro Marques Mendes Lopes

Licenciada em Ciências de Engenharia do Ambiente

Avaliação do potencial de difusão do veículo eléctrico na Área Metropolitana de Lisboa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil de Gestão e Sistemas Ambientais

Orientador: Filipe Moura, Professor Auxiliar, Instituto Superior Técnico,
Universidade Técnica de Lisboa

Co-orientador: João Joanaz de Melo, Professor Auxiliar com Agregação,
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de
Lisboa

Júri:

Presidente: Professor Doutor Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira

Arguente: Professor Doutor Tiago Alexandre Abranches Teixeira Lopes Farias

Vogais: Professor Doutor Filipe Manuel Mercier Vilaça e Moura

Professor Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo



FAÇULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

[Outubro, 2011]

Avaliação do potencial de difusão do veículo eléctrico na Área Metropolitana de Lisboa© em nome de Mafalda Rendeiro Marques Mendes Lopes, da FCT/UNL e da UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Filipe Moura, por ser o melhor orientador que alguém poderia desejar. Por me ter ajudado na escolha do tema, por ter estado sempre disponível, por se ter assegurado sempre que eu não perdia a motivação, e por ter organizado as reuniões de grupo onde pude conhecer novos colegas e aprender com eles.

Ao Engenheiro Luis Martínez, por ter criado a população sintética que serve de base a todo este estudo e por ter estado sempre disponível para esclarecer dúvidas e acrescentar correcções à população.

Ao Professor Doutor João Joanaz de Melo, por ser um professor que estimula a participação activa dos alunos, e por se ter disponibilizado para orientar esta dissertação.

À minha irmã Isabel, por ser um modelo que influencia o meu caminho de tantas formas, e por ter sido uma ajuda incansável, discutindo diversos assuntos, levantando questões, oferecendo sugestões e fazendo correcções.

Ao meu pai, pelo pensamento crítico, pela sua visão enquanto engenheiro, e por ter apontado os erros e limitações da investigação, obrigando-me a resolvê-los ou a justificá-los, contribuindo assim para uma dissertação mais completa e mais robusta.

À minha mãe, por estar sempre presente, por continuar a fazer perguntas mesmo obtendo poucas respostas, e por arranjar formas originais de me incentivar.

Ao João da Gama, por, mesmo à distância, me ajudar e me ouvir, sempre.

Ao João Wang, por todo o apoio e encorajamento dado ao longo do curso, e por ter insistido em que eu o acompanhasse a tantas conferências que se viriam a revelar tão úteis.

Aos meus amigos, aos físicos e às rãs, por me acompanharem e apoiarem ao longo de todo este processo.

Resumo

O veículo eléctrico (VE) apresenta vantagens consideráveis face ao veículo de combustão interna (VCI), nomeadamente ao nível da eficiência, consumo energético, emissões atmosféricas, ruído e custos de operação. No entanto, tem também grandes limitações, visto que a sua autonomia é reduzida, o seu preço inicial é elevado, o carregamento da bateria é demorado, e exige uma infra-estrutura própria e ubíqua.

Este estudo teve como objectivo avaliar o potencial de difusão na Área Metropolitana de Lisboa (AML), identificando os agregados familiares para os quais estas limitações não impedem que o VE seja uma opção possível e realista no momento de aquisição de um carro novo. Nesta análise foram considerados quatro cenários diferentes de subsidiação.

Com base em dados do Instituto Nacional de Estatística e de inquéritos de mobilidade realizados pelo Centro de Estudos Urbanos e Regionais do Instituto Superior Técnico, gerou-se uma população sintética com propriedades estatísticas equivalentes à população da AML. Foi aplicada uma árvore de decisão, classificando cada agregado relativamente à viabilidade do VE enquanto opção na compra de um carro novo.

Concluiu-se que o VE tem um potencial de difusão muito baixo, sendo uma opção viável para um número de agregados entre 22 701 (correspondente a 2,2% dos agregados da AML) e 71 352 (7,1%), consoante o cenário de subsidiação. A difusão do VE será dificultada ainda pela lenta taxa de renovação da frota portuguesa, não sendo expectável, mesmo numa perspectiva optimista, a entrada de mais de 3400 VE anualmente no parque automóvel da AML.

Foi feita uma avaliação dos benefícios ambientais resultantes dos agregados seleccionados substituírem um dos seus VCI por um VE. Concluiu-se que haveria uma redução nacional anual no consumo de energia final entre 0,08% e 0,14%, e de emissões de CO₂ entre 0,06% e 0,12%, consoante a política de subsidiação.

Face a estas reduções pouco significativas, é questionável se se justifica o investimento avultado previsto para a difusão do VE. O problema da mobilidade urbana deverá ser abordado em várias frentes, fazendo uma análise comparativa às vantagens de apoiar fortemente o VE ou de direccionar esse investimento para outras soluções que possam trazer maiores benefícios ambientais, económicos e sociais.

Palavras Chave

Veículo eléctrico
Área Metropolitana de Lisboa
Aquisição de automóveis
População sintética
Árvore de decisão
Benefícios ambientais

Abstract

The electrical vehicle (EV) presents many advantages when compared to the internal combustion engine vehicle (ICEV), since it has lower energy consumption and emission rates, it is rather silent and it has lower operating costs. However, the EV also presents disadvantages in terms of price, driving range and recharging system, since it takes several hours to recharge the battery and it requires a proper ubiquitous infrastructure.

This study aimed to evaluate the market potential of electric vehicles on the Lisbon Metropolitan Area (LMA), by identifying the households to whom the EV would be a plausible choice when buying a new car, despite its current limitations. Four scenarios concerning different subsidy policies were considered for analysis.

A synthetic population, statistically equivalent to the LMA population, was generated, based on data available in Instituto Nacional de Estatística and mobility surveys developed by Centro de Estudos Urbanos e Regionais of Instituto Superior Técnico. Then a decision tree was used to classify the households on whether the EV would be a viable choice for them.

The results suggest that the EV has a low market potential on LMA. The EV would be a viable choice for a small number of households, ranging between 22 701 (2,2%) and 71 352 (7,1%), depending on the considered scenario. The low renewal rate of the Portuguese fleet constitutes also an obstacle to the diffusion of EV. Even in an optimistic projection, the annual sales of EV in the LMA would never exceed 3400 vehicles/year, according to our assumptions.

If every selected household traded one of their ICEV for one EV, there would be an annual decrease of final national energy consumption ranging between 0,08% and 0,14%, depending on the considered scenario. An annual decrease of CO₂ emissions, ranging between 0,06% and 0,12%, would also be expected.

Considering how small these reductions are, it should be questioned whether the investment on EV is the best option. A study should be made in order to compare the benefits of investing on other mobility solutions instead, like improving the public transport system.

Keywords

Electric vehicle
Lisbon Metropolitan Area
Car purchase
Synthetic population
Decision tree
Environmental benefits

Índice de Matérias

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objectivos e Âmbito.....	5
1.3	Organização da Dissertação.....	6
2	Revisão da Literatura.....	9
2.1	Veículos Eléctricos e Sistemas de Carregamento.....	9
2.2	Mobilidade Eléctrica em Portugal.....	12
2.3	Processos de Decisão na Aquisição de Automóveis.....	14
2.3.1	Estudos e Modelos Tradicionais – Veículos de Combustão Interna.....	14
2.3.2	Estudos e Modelos que Consideram Veículos Alternativos.....	16
2.4	Caracterização da AML.....	18
3	Metodologia.....	23
3.1	Descrição Geral do Processo Metodológico.....	23
3.2	Geração da População.....	25
3.2.1	População Sintética.....	25
3.2.2	Inquéritos de Mobilidade.....	26
3.2.3	Atributos da População Gerada.....	28
3.2.4	Atributos Individuais Dependentes dos Preços de Mercado.....	38
3.3	Avaliação do Potencial de Difusão do VE na AML.....	40
3.3.1	Classificação dos Agregados Familiares.....	40
3.3.2	Vendas Anuais de VE na AML.....	44
3.3.3	Carácter Limitativo de Cada Atributo.....	46
3.4	Estimativa das Reduções Potenciais de Consumo Energético e Emissões.....	47
4	Resultados.....	49
4.1	Avaliação do Potencial de Difusão do VE na AML.....	49
4.1.1	Classificação dos Agregados Familiares.....	49
4.1.2	Vendas Anuais de VE na AML.....	51
4.1.3	Carácter Limitativo de Cada Atributo.....	53
4.2	Estimativa das Reduções Potenciais de Consumo Energético e Emissões.....	56
5	Discussão.....	59
5.1	Implicações na formulação de políticas de transportes, energia e ambiente.....	59
5.2	Limitações da dissertação.....	65

6	Conclusões e Recomendações	71
	Referências Bibliográficas	73
	Apêndice I. Definição das Regras para cada Atributo	77
	Apêndice II. Resultados da Classificação dos Agregados Familiares por Município	89

Índice de Figuras

Figura 1.1	Consumo de energia primária em Portugal (DGEG, 2010).....	1
Figura 2.1	Duas fases do modelo de decisão na compra de veículos – adaptado de (Mueller & Haan, 2008).....	15
Figura 2.2	Municípios da AML + Azambuja, retirado de (Área Metropolitana de Lisboa, 2003)	18
Figura 2.3	Redes Rodoviária principal e Ferroviária da AML + Azambuja, retirado de www.maps.google.com e www.cp.pt	20
Figura 2.4	Rede de Metro e Fluvial em Lisboa, retirado de www.metrolisboa.pt e adaptado de www.transtejo.pt	20
Figura 2.5	Percentagem de trabalhadores residentes e de residentes trabalhadores na AML+Azambuja e por município, adaptado de (INE, 2011)	21
Figura 3.1	Processo de geração da população: adaptado de (Martínez & Viegas, 2009)	26
Figura 3.2	Árvore de decisão	43
Figura 3.3	Esquema dos cálculos efectuados para determinar o nº máximo de VE adquiridos por ano.....	45
Figura 3.4	Esquema dos cálculos efectuados para determinar a taxa de entrada de VE na AML.....	46
Figura 3.5	Esquema dos cálculos efectuados para determinar a reduções de consumo e emissões	48
Figura 4.1	Distribuição dos agregados pelos perfis, por cenário	49
Figura 4.2	Número de agregados dos Perfis 3 e 4 por Município, para os cenários 1 e 4	50
Figura 4.3	Comparação entre o nº total de agregados dos Perfis 3 e 4 incluindo ou não os atributos <i>disponibilidade de carregamento, autonomia e período de retorno</i> como critério na árvore de decisão	55
Figura 5.1	Esquema dos cálculos efectuados para determinar o investimento até 2020	63

Índice de Tabelas

Tabela 2.1	Comparação VE vs VCI	11
Tabela 2.2	Vantagens e limitações do VE percebidas pela população, adaptado de (Eggers & Eggers, 2010)	17
Tabela 2.3	População e Famílias na AML+Azambuja em 2001 e 2011 (INE, 2011)	19
Tabela 3.1	Atributos a definir para cada indivíduo da população	29
Tabela 3.2	Harmonização entre as categorias da População Original e do inquérito SOTUR .	30
Tabela 3.3	Resumo das relações entre os atributos e as fontes de informação utilizadas	37
Tabela 3.4	Cenários de políticas de financiamento do VE definidos	38
Tabela 3.5	Atributos dependentes dos Preços de Mercado a definir por indivíduo e cenário	38
Tabela 3.6	Valores assumidos para o cálculo do período de retorno e custo total do VE.....	39
Tabela 3.7	Classificação de agregados por perfil, consoante a viabilidade de adquirir um VE	40
Tabela 3.8	Características dos indivíduos de cada perfil.....	42
Tabela 3.9	Probabilidade anual de um agregado adquirir um veículo ligeiro	44
Tabela 3.10	CrITÉrios que possibilitam que um agregado se classifique nos Perfis 3 ou 4.....	46
Tabela 3.11	Diferenças no consumo energético e emissões atmosféricas entre um VCI e um VE do poço-à-roda: adaptado de (Baptista, 2011)	48
Tabela 4.1	Distribuição dos agregados pelos perfis, por cenário	49
Tabela 4.2	Agregados em cada perfil que anualmente irão adquirir um carro novo	51
Tabela 4.3	Difusão anual de VE na AML (visão pessimista)	52
Tabela 4.4	Difusão anual de VE na AML (visão optimista).....	52
Tabela 4.5	Carácter limitativo de cada atributo.....	53
Tabela 4.6	Comparação entre o nº total de agregados dos Perfis 3 e 4 incluindo ou não a disponibilidade de carregamento como critério na árvore de decisão.....	53
Tabela 4.7	Comparação entre o nº total de agregados dos Perfis 3 e 4 incluindo ou não a autonomia como critério na árvore de decisão	54
Tabela 4.8	Comparação entre o nº total de agregados dos Perfis 3 e 4 incluindo ou não o período de retorno como critério na árvore de decisão	55
Tabela 4.9	Distância anual média percorrida por um veículo de um agregado 3 ou 4.....	56
Tabela 4.10	Reduções máximas esperadas no consumo energético e emissões atmosféricas	56
Tabela 4.11	Redução percentual máxima do consumo de energia final e emissões de CO ₂ a nível nacional.....	57
Tabela 5.1	Potenciais compradores de VE por cenário.....	59

Lista de Abreviaturas

ACAP	Associação Automóvel de Portugal
AML	Área Metropolitana de Lisboa
BTN	Baixa Tensão Normal
CAPI	<i>Computer Assisted Personal Interviewing</i>
CAReFUL	Renovação do parque automóvel: processo chave para a redução das emissões atmosféricas, projecto PDCT/TRA/60824/2004
CCDR-LVT	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional - Lisboa e Vale do Tejo
CESUR	Centro de Sistemas Urbanos e Regionais, Instituto Superior Técnico
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
DGEG	Direcção-Geral de Energia e Geologia, Ministério da Economia e Emprego
ENE 2020	Estratégia Nacional para a Energia 2020
FCT/UNL	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
GEE	Gases de Efeito de Estufa
HC	Hidrocarbonetos
INE	Instituto Nacional de Estatística
IST	Instituto Superior Técnico
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MIT Portugal	Programa MIT Portugal
MOBI.E	Rede Nacional de Mobilidade Eléctrica
NO _x	Óxidos de Azoto
PIB	Produto Interno Bruto
PM	Partículas
RCM	Resolução de Conselho de Ministros
SCUSSE	<i>Smart Combination of passenger transport modes and services in Urban areas for maximum System Sustainability and Efficiency</i> , projecto no âmbito do MIT-Portugal

SOTUR	<i>Strategic Options for Integrating Transportation Innovations and Urban Revitalization</i> , projecto no âmbito do MIT-Portugal
tep	Toneladas equivalentes de petróleo
UE	União Europeia
UE-15	Conjunto de países que constituíam a União Europeia até 2004
UNL	Universidade Nova de Lisboa
V2G	<i>Vehicle-to-Grid</i>
VBA	Visual Basic for Applications
VCI	Veículo de Combustão Interna
VE	Veículo Eléctrico

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Ao longo dos últimos anos tem-se registado uma preocupação crescente com os problemas ambientais, as alterações climáticas e o consumo de energia.

O perfil energético de Portugal encontra-se aquém do desejável. Embora o consumo *per capita* seja relativamente baixo quando comparado com a média da União Europeia, a nível de intensidade energética (ou seja, quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de produto interno bruto), Portugal classifica-se entre os três piores na UE-15, estando acima apenas da Bélgica e da Finlândia (Eurostat, 2011). Esta fraca classificação é reveladora de uma baixa eficiência energética a nível nacional, especialmente se se tiver em conta que Portugal não tem as mesmas necessidades de climatização que a maioria dos países europeus.

Portugal depende fortemente dos combustíveis fósseis para a produção de energia, representando estes quase 80% do consumo de energia primária, como é observável na Figura 1.1:

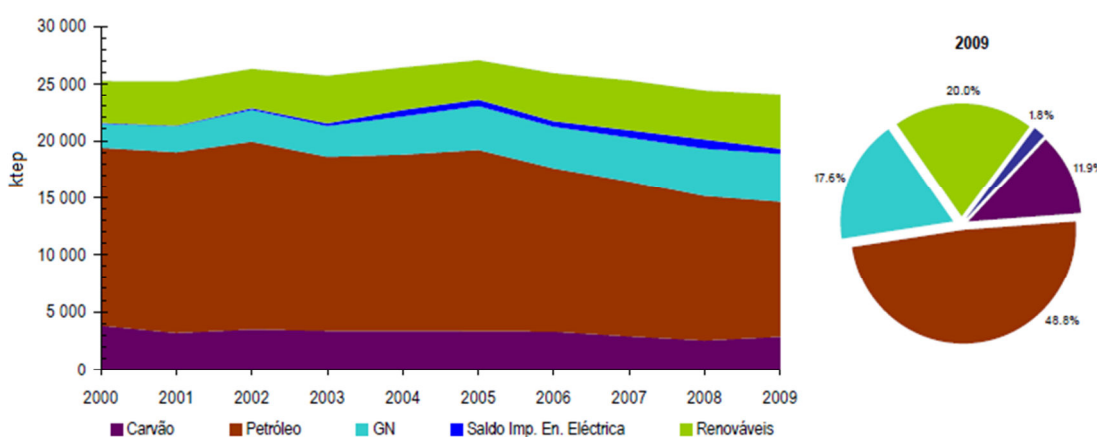


Figura 1.1 Consumo de energia primária em Portugal (DGEG, 2010)

O peso dos combustíveis fósseis na factura energética portuguesa, aliada à escassez destes recursos no território nacional, leva a que Portugal tenha uma dependência energética externa superior a 80% (Eurostat, 2011).

A energia eléctrica representa cerca de um quinto do consumo final de energia (DGEG, 2010). O forte investimento feito na área das energias renováveis tem contribuído para uma diminuição do peso dos combustíveis fósseis no panorama nacional e consequentemente da dependência externa. Em 2010, as energias renováveis tiveram uma contribuição superior a 50% na produção de energia eléctrica (DGEG, 2011).

Vários sectores de actividade, como o sector dos transportes, dependem directamente dos combustíveis fósseis. Assim, ainda que a contribuição das renováveis na produção eléctrica aumente muito, será difícil alcançar uma redução verdadeiramente significativa do peso dos combustíveis fósseis no consumo energético em Portugal.

O consumo de combustíveis fósseis é problemático não só por questões económicas e de segurança, mas também porque é uma das principais causas do aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera.

As emissões *per capita* de GEE para os países da União Europeia variam entre 5,27 (Letónia) e 26,00 (Luxemburgo) toneladas de CO₂ equivalente (dados de 2008). Portugal, com um valor de emissões de 7,34 toneladas de CO₂ equivalente, encontra-se abaixo da média, sendo o oitavo país da UE com menores emissões (United Nations, 2010).

Segundo os objectivos do Protocolo de Quioto, Portugal até 2012 poderia aumentar as suas emissões em 27% relativamente a 1990. Este valor foi ultrapassado pela primeira vez em 1999, e manteve-se sempre acima do máximo estipulado nos dez anos seguintes. O ano de 2009 foi o primeiro ano em que as emissões de GEE voltaram a níveis aceitáveis, face ao compromisso assumido, representando um aumento de 24% relativamente a 1990 (Eurostat, 2011).

A União Europeia tem sido um dos principais intervenientes no combate às alterações climáticas, pressionando os diversos países a definirem metas estritas a nível de emissões de GEE, e assumindo objectivos próprios mais ambiciosos do que os acordados no âmbito das Conferências das Partes das Nações Unidas. Um dos elementos-chave da sua estratégia é o plano 20-20-20, cujos objectivos consistem em alcançar, no ano de 2020, as seguintes metas (European Commission, 2011):

- Redução de 20% das emissões de GEE (em relação a valores de 1990)
- Aumento de 20% da eficiência energética (em relação a *Business As Usual*)
- Contribuição de 20% por parte de fontes renováveis na produção energética

O Protocolo de Quioto teve um valor sobretudo simbólico, servindo para sensibilizar a população e as nações relativamente à problemática das alterações climáticas. Com a aproximação do final do período de vigência deste protocolo, têm sido alvo de intenso debate internacional as novas metas a definir e o modelo de negócio a implementar. Embora se esteja ainda longe de alcançar um consenso internacional, prevê-se que nos próximos anos sejam definidas metas obrigatórias muito mais restritivas do que as em vigor actualmente.

Os transportes são um sector com muito peso nas questões energéticas e ambientais. Representam cerca de um terço do consumo de energia final, e absorvem dois terços do consumo final de derivados do petróleo (DGEG, 2010). Os transportes rodoviários afectam significativamente a qualidade do ar nas zonas urbanas. Na Área Metropolitana de Lisboa, são responsáveis por mais de 40% das emissões de poluentes como monóxido de carbono (CO) e óxidos de azoto (NO_x) (FCT/UNL; CCDR-LVT, 2006).

O sistema de transportes tem uma grande inércia – as inovações são difíceis de implementar e demoram tempo a terem resultados visíveis. Os problemas deste sistema são vastos e complexos, e como tal também o são as soluções. Para alcançar uma maior eficiência do sistema, contribuindo também para uma mobilidade mais sustentável (Banister, 2008), não existe uma solução única, mas sim diversas abordagens possíveis, que se complementam (Vieira et al., 2007):

- Alterações estruturais
- Redução do número de viagens
- Transferência para modos mais eficientes (eficiência medida em termos de energia consumida por passageiro transportado)
- Mudança de tecnologias

As alterações estruturais incluem acções como construção de novas vias, implementação de novos modos de transporte, reorganização do planeamento urbano (tal como proposto por Cervero e Radisch, 1996), preconizando uma organização das actividades numa lógica de proximidade. A mobilidade de proximidade viabiliza a transferência de viagens motorizadas para os modos suaves (bicicleta e pedonal). São as soluções com maior alcance e resultados, mas implicam investimentos muito significativos e são as mais difíceis de concretizar pois interferem com decisões estruturantes no quotidiano dos cidadãos e das empresas, relacionadas com a estratégia de mobilidade.

A redução do número de viagens poderia ser obtida através de actividades como compras por internet ou teletrabalho. Embora esta mudança seja um processo relativamente fácil e com poucos custos, tem um alcance muito restrito e discutível, visto que os ganhos de tempo (por não efectuar as deslocações) poderão gerar outras viagens motivadas por outras actividades que não o trabalho ou as compras.

A transferência modal consiste em levar os utilizadores a substituírem o transporte individual pelos transportes públicos. Esta abordagem tem um grande alcance e apresenta resultados imediatos, dado que os transportes públicos – quando utilizados adequadamente e com taxas de ocupação elevadas – têm uma eficiência muito superior ao transporte individual. Segundo Alves (2005), um automóvel com dois passageiros é tão eficiente quanto um autocarro urbano com uma taxa de ocupação de 15% (aproximadamente 1.7 MJ/pkm). No entanto, é um processo complicado, visto que também implica mudar o comportamento dos indivíduos na sua organização da mobilidade. Esta transferência pode ser incentivada pela negativa, aumentando os custos da utilização do automóvel, ou pela positiva, promovendo uma maior integração dos vários sistemas de transporte:

- física – bons interfaces e coordenação dos níveis de horários;
- tarifária – preços associados às viagens e não aos operadores e respectivas formas de pagamento mais práticas;
- informação disponível – nomeadamente, recorrendo às Tecnologias de Informação e Comunicação já existentes.

A mudança de tecnologias tem como objectivo procurar formas mais eficazes e eficientes de proporcionar o mesmo serviço. A mudança pode ser evolutiva – as melhorias ocorrem dentro do mesmo sistema (servindo de exemplo os motores de combustão interna, cuja eficiência tem aumentado consistentemente ao longo dos anos), ou disruptiva – existe uma mudança de sistema (Geerlings and Rienstra, 2003). Os veículos eléctricos enquadram-se nesta categoria, e constituem uma solução possível para parte dos problemas do sistema de transportes.

Um veículo eléctrico é um veículo que utiliza energia eléctrica como forma de propulsão. Os chamados veículos eléctricos puros (VE) possuem apenas um motor eléctrico, que é alimentado por uma bateria, cuja energia provém da rede eléctrica.

Quando comparados com os veículos com motores de combustão interna (VCI), os VE apresentam muitas vantagens para o sistema e para o utilizador:

- Motor mais eficiente – menor consumo energético
- Electricidade com origem em fontes diversas
 - Possibilidade de usar fontes renováveis
 - Menor dependência dos combustíveis fósseis
 - Menor emissão de gases de efeito estufa
 - Menor emissão de outros poluentes
- Sem emissões locais
 - Melhoria potencial da qualidade do ar em zonas urbanas
- Menor emissão de ruído
- Para o utilizador: custos de manutenção e operação mais baixos

As vantagens a nível de consumo energético e de emissões atmosféricas não são tão grandes como aquelas que se fazem anunciar, dado que o processo de produção e transporte da energia eléctrica tem custos elevados que é necessário contabilizar numa abordagem de ciclo de vida da energia final consumida.

Embora apresente muitas vantagens, o VE possui também bastantes limitações:

- Rede de abastecimento próprio
 - Necessidade de grande investimento a nível nacional
 - Disponibilidade de abastecimento (ainda) fortemente limitada
- Bateria com capacidade limitada de armazenamento de energia
 - Autonomia do veículo limitada (entre os 100 e os 200 km)
- Tempo de carregamento elevado
 - Entre seis a oito horas no posto de abastecimento normal
 - Trinta minutos num ponto de abastecimento rápido
- Custos de aquisição iniciais do veículo elevados, em grande parte associados aos custos elevados da bateria - segundo Delucchi e Litman (2001), estes representam entre 30% e 50% dos custos de venda ao público (crescendo com o aumento de potência do motor) para baterias de ião Lítio.

À luz da tecnologia actual, estas limitações são suficientemente restritivas para tornar o VE uma opção pouco viável para uma grande parte da população.

Apesar destas limitações, o governo português considera que o VE é uma boa aposta, pelo que tem sido feito um investimento considerável nesta área. A compra de VE é incentivada através de diversos mecanismos, e está em curso a implementação de uma rede de 1300 postos de carregamento normal e 50 postos de carregamento rápido, a concluir até ao final de 2011 (MOBI.E, 2010).

No Livro Branco dos Transportes (Comissão Europeia, 2011), a UE apresenta o objectivo global de reduzir, até 2050, 80 a 95% das emissões de GEE comparativamente aos níveis de 1990, implicando uma redução no sector dos transportes de 60% das suas emissões. Para 2030 pretende-se que este sector tenha um volume de emissões 20% inferior aos valores registados em 2008.

Neste documento são definidas as estratégias futuras para os transportes europeus, reforçando a convicção que as reduções pretendidas deverão ser alcançadas através de um aumento da eficiência do sistema, e não através de restrições à mobilidade. As novas tecnologias automóveis e de gestão de tráfego são apresentadas como elementos essenciais nesta estratégia. É referido que o sistema de transportes deverá evoluir continuamente, de forma a manter-se eficaz e competitivo.

Os veículos de motorização não convencional são uma das soluções possíveis para a redução de emissões de GEE. Além disso, os veículos eléctricos e a hidrogénio apresentam a vantagem de não terem emissões sonoras, o que permitiria transferir parte da distribuição de mercadorias para o período nocturno, atenuando assim os problemas de congestionamento às horas mais movimentadas do dia. Definiu-se como meta a redução para metade do número de veículos automóveis de motorização convencional utilizados no transporte urbano, até 2030. Em 2050 pretende-se que estes veículos já não estejam em circulação dentro das cidades. Para tal prevê-se que seja necessário um investimento de cerca de um bilião de euros no período entre 2010 e 2030.

1.2 Objectivos e Âmbito

O presente estudo desenvolve-se em torno de dois objectivos principais:

1. Avaliar o potencial de difusão do veículo eléctrico na Área Metropolitana de Lisboa;
2. Estimar as reduções potenciais de consumo energético e emissões atmosféricas decorrentes da transferência de tecnologia de um VCI para um VE por parte dos indivíduos identificados como possíveis compradores.

O veículo eléctrico, apesar de trazer grandes vantagens para o utilizador e para o sistema, apresenta também bastantes limitações, especialmente em relação à autonomia do veículo e à disponibilidade de tempo de carregamento. Estas características são entraves à penetração destes veículos no mercado, dado que podem impossibilitar o uso do carro para determinadas funções.

Adaptar o sistema existente ao carro eléctrico é um processo muito dispendioso. Antes de ser feito um investimento desta envergadura, deve ser estimada a taxa de adesão da população a esta nova tecnologia, definindo assim a procura potencial do veículo eléctrico.

O objectivo desta dissertação é identificar os agregados familiares da AML para os quais as limitações do VE não são obstáculos impeditivos, ou seja, os agregados para os quais, no momento da compra de um automóvel novo, o VE é uma opção possível e realista. Esta avaliação terá por base:

- as *principais características do VE* e as suas diferenças relativamente aos veículos de combustão interna (VCI),
- as *características socioeconómicas* dos agregados familiares da AML,
- os *padrões de mobilidade* destes agregados.

Esta dissertação não tem como objectivo identificar os agregados que efectivamente irão comprar um VE. Para fazer essa análise seria necessário outra abordagem, recorrendo a inquéritos de preferências declaradas relativos especificamente ao VE. Este estudo poderá contribuir no entanto para uma realização mais eficiente desses inquéritos, dado que permite limitar a amostra apenas aos agregados que poderão considerar o VE como hipótese e desta forma reduzindo a possibilidade de respostas enviesadas a favor do veículo eléctrico (comportamento estratégico do inquirido).

Na Área Metropolitana de Lisboa incluiu-se o município da Azambuja. Embora não faça parte, este município tem grandes afinidades com a AML em relação aos padrões de mobilidade.

Uma das vantagens do VE relativamente ao VCI é a sua eficiência energética, que leva a que o seu consumo energético por quilómetro seja menor. Ao contrário do VCI, que está dependente dos combustíveis fósseis, o VE é movido a electricidade, que pode ser gerada a partir de fontes renováveis. Estes dois factores levam a que o VE tenha menores emissões atmosféricas a nível global que o VCI, sendo que a nível local não têm emissões.

A primeira parte desta dissertação permite obter o número de agregados na AML para os quais o VE é uma opção possível e realista, identificando também as distâncias médias anuais percorridas por estes. Tendo por base estes valores e as diferenças entre os VE e os VCI, é possível estimar as reduções a nível de consumo energético e de emissões atmosféricas decorrentes da substituição de um VCI por um VE por parte de todos os agregados para os quais isso seria uma decisão realista.

1.3 Organização da Dissertação

A dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos.

No primeiro capítulo apresenta-se o tema da dissertação, respectivos objectivos e âmbito. Faz-se o enquadramento da problemática da energia consumida pelos transportes e respectivas consequências a nível ambiental e de dependência económica, finalizando com a descrição do veículo eléctrico e o que o caracteriza.

No segundo capítulo é feita a revisão da literatura e a agregação de informação disponível, sendo desenvolvidos os conceitos de veículo eléctrico, mobilidade urbana e eléctrica, bem como dos processos de decisão na aquisição de um automóvel. É ainda apresentada uma caracterização da Área Metropolitana de Lisboa – área na qual esta dissertação se centra.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia adoptada para atingir os objectivos propostos. Faz-se o encadeamento de acções e apresenta-se, em cada passo, as opções tomadas e os

pressupostos assumidos. São ainda apresentados os dados de base utilizados e respectivas fontes.

O capítulo quarto apresenta os resultados obtidos com a aplicação da metodologia, em estreita relação com o terceiro capítulo. É apresentado o número de famílias na Área Metropolitana de Lisboa (e respectivos municípios) para quem um veículo eléctrico será uma opção viável na aquisição de um novo automóvel, e é estimado o número máximo anual de veículos eléctricos vendidos na AML. São também identificados os critérios que mais influenciam o facto de o veículo eléctrico ser ou não uma opção viável. São apresentados ainda os resultados para a estimativa de redução de emissões e de consumo de energia potenciada por essa aquisição de veículos eléctricos em detrimento de veículos de combustão interna.

No quinto capítulo são analisadas as limitações desta dissertação, sendo feita uma análise crítica da influência nos resultados dos pressupostos assumidos ao longo da investigação. São ainda analisadas as implicações políticas dos resultados obtidos e é discutido o valor do investimento efectuado numa situação hipotética em 2020.

O capítulo sexto fecha a dissertação, apresentando os principais resultados e reflectindo o cumprimento dos objectivos propostos. São apresentadas ainda recomendações relativas a medidas ou acções a ter em consideração no aumento da quota de veículos eléctricos na Área Metropolitana de Lisboa, fazendo-se uma análise crítica às políticas de incentivos e condições actualmente oferecidas, à luz dos resultados obtidos nesta dissertação.

Os Apêndices I e II apresentam informação de apoio aos capítulos 3 e 4, respectivamente.

2 Revisão da Literatura

2.1 Veículos Eléctricos e Sistemas de Carregamento

Um veículo eléctrico é um veículo que utiliza energia eléctrica como forma de propulsão. Existem actualmente vários tipos de veículos eléctricos disponíveis no mercado, entre os quais (Tennessee Valley Authority, 2011):

- Híbridos – possuem um motor de combustão interna e um motor eléctrico, o que permite um uso mais eficiente do combustível. A bateria é carregada através do motor de combustão interna e do aproveitamento da energia da travagem, pelo que o carro é abastecido apenas com combustível.
- Híbridos Plug-In – possuem um motor de combustão interna e um motor eléctrico, cujo uso combinado permite aumentar a eficiência do veículo. O motor eléctrico é usado essencialmente para velocidades baixas, sendo por isso possível utilizar apenas este sistema durante as deslocações dentro da cidade. A bateria nestes carros é maior do que nos híbridos e, além de poder ser carregada através do motor de combustão interna e da travagem regenerativa, pode também ser ligada à corrente eléctrica.
- Eléctricos puros – possuem apenas um motor eléctrico, alimentado por uma bateria. A bateria é recarregada ligando-se à rede eléctrica, havendo também um reaproveitamento da energia despendida na travagem.

Nesta dissertação serão abordados apenas os veículos eléctricos puros (VE).

A ideia de um veículo eléctrico não é nova: os primeiros carros eléctricos datam ainda do século XIX, e durante as primeiras décadas do século XX competiram no mercado com os carros movidos a combustível fóssil. No entanto, dificuldades relacionadas com o armazenamento e recarregamento de energia levaram a que este sistema fosse abandonado (Eggers & Eggers, 2010).

Ao longo do século XX foram apresentados vários protótipos de veículos eléctricos, mas nunca foi possível uma produção em massa. Apenas recentemente se começaram a reunir as condições necessárias que permitirão uma comercialização em larga escala. As baterias sofreram um grande desenvolvimento nas últimas duas décadas, impulsionadas também pelo aparecimento de telemóveis, computadores e outros dispositivos portáteis. As preocupações crescentes com as alterações climáticas e emissões de gases de efeito estufa exercem pressão para que se procure tecnologias e fontes de energia mais seguras e mais limpas. Acima de tudo, a diminuição das reservas de petróleo e consequente aumento do preço leva a que se torne rentável a investigação e desenvolvimento de novas tecnologias que não necessitem de combustíveis fósseis (Kley, Lerch, & Dallinger, 2011).

A bateria é um dos principais componentes do VE. Existem vários tipos de baterias recarregáveis, sendo as baterias de iões de lítio as mais utilizadas actualmente nos carros eléctricos disponíveis no mercado.

Apesar dos desenvolvimentos significativos que têm sofrido, as baterias continuam a ser a maior limitação dos VE, a vários níveis:

- Preço: estima-se que o preço das baterias ronde actualmente os 750€/kWh (The Boston Consulting Group, 2010). Isto significa que uma bateria de 24 kWh, como a do Nissan Leaf – utilizado como referência por ser um dos veículos mais divulgados no mercado português – custa cerca de 18 000€, o que representa aproximadamente metade do valor do carro. Espera-se que, com o desenvolvimento tecnológico e com a produção em massa, o preço das baterias diminua significativamente nos próximos anos: as estimativas para 2020 prevêem um preço que ronda os 300€/kWh (The Boston Consulting Group, 2010), reduzindo 60% o custo da bateria e, potencialmente, 30% o custo de aquisição do veículo (*ceteris paribus*).
- Peso e volume: a energia específica das baterias de iões de lítio, ou seja, a energia armazenada por unidade de massa, ronda os 180 Wh/kg (Fuhs, 2009). As imposições a nível de segurança contribuem para o aumento do peso total da bateria.
- Autonomia: associado à questão do peso e volume da bateria está o problema da autonomia do veículo – as limitações de espaço levam a uma limitação da capacidade de armazenar energia. A maioria dos VE tem uma autonomia entre 100 e 200 km.
- Tempo de carregamento: existem dois tipos de carregamento disponíveis: o carregamento lento, em que a bateria demora entre seis a oito horas a ser 100% carregada, e o carregamento rápido, em que a bateria é carregada até um máximo de 80% em meia hora, (perspectivando uma redução para 15-20 min a médio prazo). Este tipo de carregamento contribui para um maior desgaste da bateria.
- Desgaste da bateria: as baterias têm um número de ciclos limitado, e com o uso vão perdendo capacidade de armazenamento. A Nissan estima que, realizando uma carga rápida por dia, a capacidade de armazenamento diminua para 80% ao fim de cinco anos, e para 70% ao fim de dez anos (Joaquim, 2011).

Além destas limitações intrínsecas ao VE, existe ainda o problema da disponibilidade de carregamento. O carregamento pode ser feito num posto próprio (rápido ou lento), ou ligando a bateria a uma tomada normal, através de um adaptador. Dado que este é um sistema ainda na sua fase inicial, o número e a distribuição de postos de carregamento são ainda muito limitados.

A massificação dos veículos eléctricos pode contribuir para tornar a rede eléctrica mais eficiente e mais segura. O carregamento das baterias deve ser feito preferencialmente à noite ou nas horas de menor consumo, de forma a aproveitar os excedentes de produção de energia, e não sobrecarregar a rede nos picos de consumo. No Japão os postos de carregamento têm uma bateria incorporada, o que permite assegurar que a energia transferida para o VE foi produzida de noite (Águas, 2011).

Outra solução é o chamado *Vehicle-to-Grid* (V2G), que permite aos veículos eléctricos fornecerem energia à rede. Desta forma, o excesso de produção de energia eléctrica é acumulado nas baterias dos automóveis, que fornecem energia à rede durante os picos de procura de electricidade. Servindo como sistema alternativo de suporte no abastecimento,

permitiria reduzir potencialmente a necessidade de construção de outros sistemas como barragens, que têm um custo económico e ambiental muito elevado. Apesar destas vantagens, o sistema V2G comporta também alguns problemas, como o maior desgaste da bateria e perda de energia em cada transferência, pelo que, face ao estado da arte existente, continua apenas a ser uma hipótese em estudo (Kempton and Tomić, 2005, Turton and Moura, 2008).

Além de constituir uma mais-valia para o sistema, o VE apresenta também bastantes vantagens comparativamente aos automóveis tradicionais, nomeadamente:

- Maior eficiência do motor
- Custos de operação mais baixos
- Custos de manutenção mais baixos
- Sem emissões locais
- Menos emissões de gases de efeito estufa
- Mais silencioso

A Tabela 2.1 apresenta uma comparação entre um veículo eléctrico (VE) e um veículo com motor de combustão interna (VCI). Para o VE usou-se como referência o Nissan Leaf, dado que é um dos VE mais divulgados no mercado nacional. Para comparação, procurou-se um VCI semelhante. Na Nissan não existe nenhum carro que cumpra esse requisito, pelo que se procurou então um carro semelhante na Renault, uma vez que estas duas marcas pertencem ao mesmo grupo, têm uma grande cooperação a nível técnico e comercial, e partilham plataformas, motores, e inúmeros componentes. Selecionou-se o automóvel Renault Mégane Berlina (Dynamique 1.5 dCi 110cv FAP ECO2 Champion CO2).

Tabela 2.1 Comparação VE vs VCI

	VE (Nissan Leaf)	VCI (Renault Mégane)
Fonte de Energia	Electricidade proveniente da rede eléctrica	Diesel
Autonomia	175 km ^[1]	≈ 1200 km ^[2]
Tempo de Abastecimento	6 a 8 horas em modo normal 30 minutos em modo rápido	“Instantâneo”
Disponibilidade de Abastecimento	Limitada	Total
Custo inicial	35 990 € ^[1]	25 500 € ^[3]
Custos de Manutenção	8225 € ^[5]	10970 € ^[4]
Consumo	13,7 kWh / 100 km ^[6]	4,9 l / 100 km ^[3]
Preço da Energia	0,0778 €/kWh (horas de vazio) 0,1448 €/kWh (horas fora de vazio) ^[7]	1,30 € / l ^[8]
Custo de operação por km	0,010 € (horas de vazio) 0,019 € (horas fora de vazio)	0,064 €
Emissões CO₂ (do poço-à-roda)	63,0 g / km ^[9]	150,4 g / km ^[9]

[1] (Nissan, 2011)

[2] Adaptado de (Renault, 2011) : autonomia = capacidade do depósito (60 l) / consumo (4,9 l/100 km)

[3] (Renault, 2011)

- [4] Valor estimado para 15 anos (Costa & Moura, 2011)
- [5] Aproximadamente 75% das despesas de manutenção de um VCI (Costa & Moura, 2011)
- [6] Adaptado de (Nissan, 2011) : consumo = capacidade da bateria (24 kWh) / autonomia (175 km)
- [7] Tarifa de venda a clientes finais em BTN ($\leq 20,7\text{kVA}$), em sistema bi-horário (EDP, 2011)
- [8] Preço mais económico para o gasóleo no distrito de Lisboa, a 18 de Setembro de 2011 (DGEG, 2011)
- [9] Adaptado de (Baptista, 2011)

2.2 Mobilidade Eléctrica em Portugal

A Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020 (ENE 2020), elaborada pelo XVIII Governo Constitucional, foi apresentada na Resolução do Conselho de Ministros nº 29/2010, em Março de 2010. Os objectivos deste plano incluem reduzir a dependência energética de Portugal, cumprir as metas impostas pela UE relativas às alterações climáticas, e promover a competitividade e o crescimento do sector energético português.

O programa prevê um investimento de 31 mil milhões de euros no sector da energia ao longo da próxima década, apostando essencialmente nas áreas da eficiência energética e das energias renováveis.

O sector dos transportes representa um terço do consumo final de energia, e cerca de 52% do petróleo importado é destinado a este sector. Os veículos eléctricos são mais eficientes e permitem uma diversificação das fontes de energia utilizadas, o que significa que permitem reduzir o consumo de combustíveis fósseis. Por estas razões, a mobilidade eléctrica é um dos elementos chave da ENE 2020.

Pretende-se que até 2020 sejam substituídos cerca de 10% dos combustíveis consumidos no sector dos transportes rodoviários por electricidade. Isto representaria uma redução das importações de aproximadamente cinco milhões de barris de petróleo, tendo em conta que a electricidade teria maioritariamente origem em fontes de energia renováveis. Segundo as autoridades nacionais que definiram esta estratégia, ao cumprir este objectivo, a mudança de tecnologia de motores de combustão interna para motores eléctricos, mais eficientes, permitiria uma redução de 2% do consumo final de energia.

O sistema V2G é referido como uma possibilidade futura, que permitiria tornar a rede eléctrica mais segura e mais eficiente, embora não sejam apresentadas previsões de quando poderia vir a ser implementado (RCM n.º 29/2010, 2010).

Os veículos eléctricos são uma tecnologia que à partida traz benefícios para a sociedade em geral. No entanto, do ponto de vista do consumidor representam uma tecnologia com limitações, um certo grau de incerteza, e um custo inicial superior aos carros tradicionais. De forma a promover uma difusão mais rápida da mobilidade eléctrica, foram desenvolvidos vários incentivos (MOBI.E, 2010):

- Incentivos à compra – os particulares que adquirirem um dos primeiros cinco mil carros eléctricos a partir de 2010 terão direito a um incentivo no valor de 5000 €, desde que o carro pertença à lista de veículos elegíveis.

- Incentivos para abate – no caso de substituição de um veículo em fim de vida por um carro eléctrico, o incentivo para abate pode chegar aos 1500€.
- Isenção de ISV e IUC – os veículos eléctricos estão isentos do pagamento do ISV (Imposto sobre Veículos) e do IUC (Imposto Único de Circulação).
- Deduções fiscais na aquisição para particulares e empresas – a aquisição de veículos eléctricos permitirá realizar deduções em sede de IRC (para pessoas colectivas). As despesas com veículos eléctricos estão isentas da tributação autónoma que se aplica aos veículos de empresa. O Código do IRC prevê ainda um aumento da taxa de depreciação permitida para VE face aos veículos com motores de combustão interna.
- Incentivos no Consumo de Electricidade – a electricidade para carregamento de veículos eléctricos será tributada à taxa reduzida de IVA de 6%.

Neste contexto é de referir que, face ao panorama económico existente e ao cenário de ajuda externa em vigor desde Junho de 2011, diversos aspectos do plano delineado pelo anterior governo estão agora envoltos em alguma incerteza.

A MOBI.E (www.mobie.pt) é a entidade gestora responsável pela mobilidade eléctrica em Portugal. Uma das suas funções é a implementação de rede de carregamento inteligente para a mobilidade eléctrica. A fase piloto, que estará completa no final de 2011, prevê a instalação de 1300 postos de carregamento normal e 50 postos de carregamento rápido em espaços de acesso público em Portugal Continental. Os 1300 pontos de carregamento normal serão distribuídos por 25 municípios: Almada, Aveiro, Beja, Braga, Bragança, Cascais, Castelo Branco, Coimbra, Évora, Faro, Guarda, Guimarães, Leiria, Lisboa, Loures, Portalegre, Porto, Santarém, Setúbal, Sintra, Torres Vedras, Viana do Castelo, Vila Nova de Gaia, Vila Real e Viseu. Os 50 postos de carregamento rápido serão colocados nas vias de circulação entre estes municípios, de forma a possibilitar a deslocação à escala regional e nacional, assim como em zonas estratégicas que assegurem carregamentos de emergência.

A vulnerabilidade dos postos de carregamento é uma das preocupações comuns dos potenciais utilizadores de VE. Por essa razão, o posto de carregamento possui um sistema de bloqueio do cabo, que impede que o cabo seja removido sem que o utilizador faça *logout* no posto de carregamento. O cabo é bastante forte, sendo por isso muito difícil de cortar ou danificar, e quando é desligado do veículo a electricidade é cortada automaticamente.

A MOBI.E integra no mesmo sistema todos os comercializadores e operadores, garantindo assim um sistema universal e centrado no utilizador. Tendo um cartão de carregamento, fornecido pelo Comercializador de Electricidade para a Mobilidade Eléctrica escolhido pelo utilizador, o veículo eléctrico pode ser carregado em qualquer ponto da rede MOBI.E, num sistema semelhante à rede multibanco.

Além destes serviços, a MOBI.E oferece ao utilizador a possibilidade de, através do computador ou telemóvel, localizar e seleccionar postos de abastecimento, planear trajectos e saber o estado de carregamento do seu veículo.

2.3 Processos de Decisão na Aquisição de Automóveis

2.3.1 Estudos e Modelos Tradicionais – Veículos de Combustão Interna

Como referido por Train (1986) na sua compilação de estudos de procura de automóveis particulares, desde a década de 60 que o processo de aquisição de um automóvel tem sido alvo de diversos estudos, que procuram compreender, modelar e prever o comportamento dos consumidores. Sendo uma questão complexa, encontram-se diversas abordagens possíveis, mas existem alguns traços comuns a todos os modelos.

Na maioria dos modelos, os carros são agrupados em classes, consoante o seu tamanho, utilização ou preço, sendo então seleccionados parâmetros relativos ao automóvel que influenciam a decisão. Em alguns modelos são também incorporadas características dos agentes que irão realizar a compra.

(Mueller & Haan, 2008) desenvolveram um modelo de aquisição de automóveis novos, de forma a estudar o efeito que a existência de incentivos tem no comportamento dos consumidores. Seleccionou-se este modelo como referência pois apresenta a informação de forma clara e sintética, e a abordagem utilizada nesta dissertação aproxima-se da metodologia destes autores.

Em muitos modelos de decisão, os consumidores são definidos como agentes perfeitamente racionais, omniscientes e com capacidade de optimizarem as suas decisões mesmo em contextos complexos. (Mueller & Haan, 2008) criticam esta definição de racionalidade, e definem, para o seu modelo, consumidores com uma racionalidade limitada: os agentes têm um acesso limitado à informação, têm uma capacidade limitada de optimizar as suas decisões e têm uma noção dos valores reais alterada pela sua percepção individual.

Neste modelo, as entidades que irão comprar um automóvel são representações de agregados familiares que compram exactamente um veículo ligeiro de passageiros novo. Estes agregados sintéticos são caracterizados através de atributos sociodemográficos e de informações relativas à transacção e propriedade de automóveis. Assim, formam uma população sintética que reflecte os comportamentos da população que adquire automóveis. Este modelo é aplicado à Suíça, pelo que as características seleccionadas relacionam-se com o país. Cada agregado é então classificado pelas seguintes características:

- Sociodemográficas
 - Estrutura do agregado (indivíduo solteiro, casal, casal com filhos...)
 - Nível de rendimento
 - Género e idade do comprador de carro
 - Zona da Suíça (zona alemã, francesa, italiana) – relevante para determinar a afinidade às marcas automóveis
- Carro
 - Tipo de transacção (primeira compra, substituição de um veículo pré-existente, acrescento à frota familiar)
 - Características do veículo substituído (origem, classe de tamanho, tipo de transmissão, tipo de combustível)

Um dos pontos-chave deste modelo é a divisão do processo de decisão em duas etapas. Na primeira etapa é feita uma avaliação global de todos os veículos disponíveis no mercado, o

Conjunto de Alternativas Universal, e são eliminadas as alternativas inviáveis, restringindo assim as hipóteses ao *Conjunto de Alternativas Realista*. Na segunda etapa o veículo a comprar é escolhido a partir das alternativas presentes neste conjunto de alternativas, pesando os atributos de cada uma. A passagem do *Conjunto de Alternativas Universal* para o *Realista* é feita através de regras simples não-compensatórias, ou seja, o facto de um veículo não cumprir determinado requisito não é compensado pelo facto de ter uma excelente performance noutra atributo, pelo que o veículo em questão é excluído da lista de alternativas.

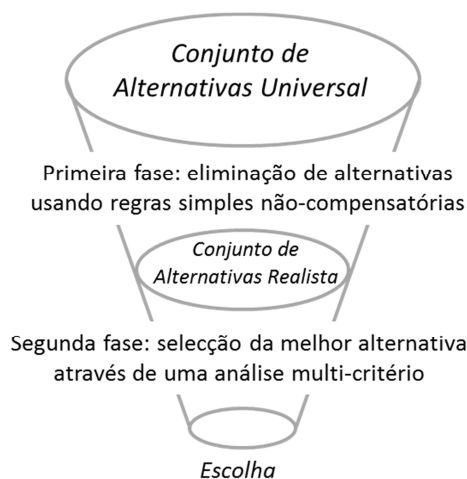


Figura 2.1 Duas fases do modelo de decisão na compra de veículos – adaptado de (Mueller & Haan, 2008)

No modelo não são explicitados que atributos ou regras são incluídos na primeira etapa. A segunda etapa é feita através de uma análise multicritério, atribuindo pesos variáveis a oito parâmetros, relacionados com o preço de compra, o custo do combustível, a dimensão do carro, a capacidade da bagageira e a aceleração.

Os parâmetros que influenciam a decisão diferem bastante consoante o modelo considerado. Em (Choo & Mokhtarian, 2003), confirmando a revisão que Train (1986) fizera anteriormente, é feita uma síntese dos parâmetros mais frequentemente utilizados: preço de compra, dimensão do veículo (p.e., comprimento, peso, capacidade da bagageira, número de lugares), custos de operação, potência e relação peso-potência, fidelidade à marca e resistência à mudança, aceleração e velocidade máxima, conforto, *status*. Embora não seja referido neste artigo, a qualidade *amigo do ambiente* é também considerada um factor com peso por alguns modelos, especialmente aqueles que consideram veículos movidos a combustíveis alternativos. O estudo "*Demand for alternative-fuel vehicles when registration taxes are high*" (Mabit & Fosgerau, 2010) refere que em igualdade das restantes condições, os consumidores têm tendência para escolher a opção mais amiga do ambiente, havendo até alguma disposição relativa para pagar mais por isso (embora seja necessário ter em conta que este estudo se foca na Dinamarca).

Em (Byun, 2001) é desenvolvido um modelo cujo objectivo é identificar o modelo de carro seleccionado, por oposição a uma classe de veículos. São assim considerados parâmetros muito específicos, que são agrupados em sete classes mais abrangentes: características exteriores, conveniência, desempenho, segurança, aspectos económicos, marca e garantia.

O objectivo do estudo (Choo & Mokhtarian, 2003) é explorar a relação entre as características pessoais e as escolhas de veículos. Assim, são identificadas como variáveis individuais relevantes para a decisão:

- Padrões de mobilidade
- Gosto por viajar
- Personalidade
- Estilo de vida
 - Emprego, família, dinheiro, *status* e valorização do tempo
- Demografia
 - Localização, género, idade, educação, ocupação, estrutura do agregado, rendimento familiar

Estes modelos, embora diversos, não são ideais para incluir o VE como opção possível, dado que não incorporam parâmetros decisivos como a autonomia e a disponibilidade física e temporal para abastecimento, visto não serem factores diferenciadores entre os VCI.

2.3.2 Estudos e Modelos que Consideram Veículos Alternativos

O estudo “*Who will buy electric cars in Germany?*” (Lieven, Mühlmeier, Henkel, & Waller, 2011) procura avaliar o potencial de mercado dos veículos eléctricos na Alemanha. O modelo conjuga as preferências individuais e sociais, procurando identificar as prioridades e barreiras que permitem ou impedem que um indivíduo seja um potencial comprador de VE.

Este estudo tem por base um inquérito de preferências declaradas, sendo os automóveis agrupados em oito classes (carros citadinos ou micro-carros, carro compacto ou carro familiar pequeno, carro médio, carrinha, carro executivo, SUV, luxo, desportivo) e seis tipos de uso:

1. Carro principal para uso diário – distâncias curtas e longas
2. Segundo carro – essencialmente distâncias curtas
3. Carro familiar para vários passageiros
4. Veículo comercial (táxis, por exemplo)
5. Veículo de lazer
6. Todo-o-terreno

São considerados como critérios de escolha na compra de um carro o preço, a autonomia, o impacto ambiental, a performance, a durabilidade e a conveniência. Destes atributos, apenas o preço e a autonomia são analisados enquanto barreiras individuais à compra de VE.

Neste estudo, conclui-se que os micro-carros, frequentemente usados como 2º veículo, são os menos sensíveis à autonomia, mas paralelamente são os mais sensíveis ao preço. A conclusão global do estudo refere que 5% dos compradores poderão potencialmente adquirir um VE.

O estudo “*Where have all the flowers gone? Forecasting green trends in the automobile industry with a choice-based conjoint adoption model*” (Eggers & Eggers, 2010) pretende prever a adopção de VE no mercado.

Este modelo tem um grande enfoque na importância do ritmo de adopção de inovações e nas características que tornam um indivíduo mais ou menos apto a adoptar uma inovação. Para inovações que dependem da disponibilidade dos produtos e serviços correspondentes, como os veículos eléctricos e sistema de carregamento, uma adopção por parte da massa crítica é especialmente importante.

São considerados como factores que influenciam a adopção de veículos não convencionais:

- Factores económicos
 - Internos (preço de compra, preço da energia, custos de venda e implementação de novos equipamentos)
 - Externos (incentivos e regulamentação governamental)
- Efeitos de rede
 - Disponibilidade de serviços e de postos de carregamento
- Características do indivíduo
 - Idade, nível de rendimento, consciência ambiental

Especificamente para o VE, são identificados como factores com influência na decisão o preço, a autonomia, a presença no mercado e as características ambientais.

Através de um inquérito, foram identificadas as vantagens e limitações do VE que são percebidas como importantes pela população.

Tabela 2.2 Vantagens e limitações do VE percebidas pela população, adaptado de (Eggers & Eggers, 2010)

Vantagens	Limitações
1. Custos de operação mais baixos	1. Tempo de carregamento longo
2. Sem consumo quando parados	2. Autonomia limitada
3. Menos manutenção	3. Poucas garagens especializadas
4. Menos poluentes	4. Preço de compra mais elevado
5. Maior eficiência	5. Tempo de vida da bateria limitado
6. Mais silenciosos	6. Tecnologia nova e como tal mais dada a problemas
	7. Potência dependente da temperatura e das condições de carregamento

Embora não seja identificado pela população como uma limitação, este estudo refere que a disponibilidade de carregamento em casa é um factor decisivo na determinação do VE como hipótese viável ou não.

O estudo *“Marketing of Electric Vehicles”* (Gärling & Thøgersen, 2001) tem por objectivo identificar os grupos mais aptos a adoptarem o VE, de forma a focar as acções de divulgação nesses grupos.

O estudo refere que a divulgação e difusão do VE encontra diversos obstáculos, visto que os benefícios sociais do VE implicam um custo elevado para o proprietário do VE. Ao optar por um VE está-se a seleccionar uma alternativa mais limitada em termos de preço, autonomia, presença no mercado, capacidade de bagageira, velocidade máxima, aceleração. Além disso, a disponibilidade reduzida de uma infra-estrutura de abastecimento constitui uma limitação severa à difusão do VE.

Neste estudo, é identificado como segmento de mercado privado mais promissor as famílias com mais do que um carro, dado que as desvantagens do VE são menos limitativas se o agregado familiar tiver à sua disposição um VCI. Assim, a conclusão deste estudo é que as acções de divulgação se devem centrar no sector público, em empresas com preocupações ambientais e em famílias com mais do que um carro.

Estes estudos identificam várias limitações do VE que constituem obstáculos à sua difusão, como a velocidade máxima, aceleração, capacidade de bagageira, tempo de vida da bateria e fiabilidade da performance do carro (dado que depende de condições externas). Também são referidas limitações relacionadas com o facto de ser uma inovação – oferta reduzida e pouco variada no mercado, risco e incerteza, probabilidade maior de ocorrerem problemas inesperados, rede de garagens especializadas menos desenvolvida. No entanto, os factores que são consistentemente referidos como barreiras impeditivas são o preço inicial elevado, a autonomia reduzida, e o facto de o abastecimento ser demorado e exigir uma infra-estrutura específica, ideia reforçada pelo estudo *New business models for electric mobility* (Kley, Lerch, & Dallinger, 2011).

As informações recolhidas nesta revisão da literatura são incorporadas na metodologia utilizada nesta dissertação para a selecção dos agregados mais vocacionados para a aquisição potencial de um VE num determinado ano.

2.4 Caracterização da AML

A Área Metropolitana de Lisboa (AML) é formada por 18 municípios da Grande Lisboa e da Península de Setúbal: Alcochete, Almada, Amadora, Barreiro, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Moita, Montijo, Odivelas, Oeiras, Palmela, Sesimbra, Setúbal, Seixal, Sintra e Vila Franca de Xira. Nesta dissertação incluiu-se também o município da Azambuja. Embora actualmente não faça parte da AML, este município tem grandes afinidades com a AML em relação aos padrões de mobilidade.

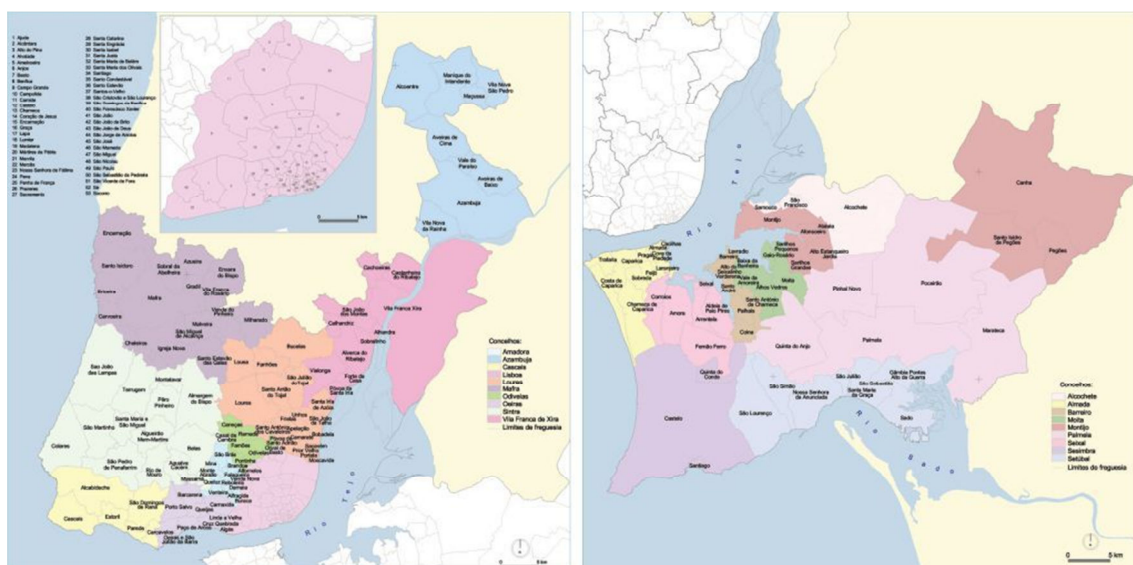


Figura 2.2 Municípios da AML + Azambuja, retirado de (Área Metropolitana de Lisboa, 2003)

A AML é a área metropolitana com maior concentração populacional e económica do país, onde habita cerca de 25% da população portuguesa (pouco menos de 3 milhões de habitantes). Na AML estão presentes 30% das empresas nacionais e cerca de 33% do emprego em Portugal, e o seu PIB representa 36% do PIB nacional (Área Metropolitana de Lisboa, 2007).

Conforme indicado na Tabela 2.3, entre 2001 e 2011, a população na Área Metropolitana de Lisboa (incluindo a Azambuja) cresceu 5,8% para 2 837 627 habitantes, e o número de famílias aumentou 14,7%. Os municípios que perderam população foram Lisboa, Moita e, em menor grau, Amadora, enquanto Cascais, Mafra, Alcochete, Montijo e Sesimbra cresceram significativamente. Curiosamente, o número de famílias cresceu em todos os municípios (mesmo naqueles que perderam população), revelando a tendência para a diminuição do agregado familiar.

Tabela 2.3 População e Famílias na AML+Azambuja em 2001 e 2011 (INE, 2011)

Local de residência	População residente			Famílias		
	2001	2011	Varição 2001-2011	2001	2011	Varição 2001-2011
Grande Lisboa	1 947 261	2 037 823	4,7%	743 586	841 237	13,1%
Cascais	170 683	205 117	20,2%	62 980	82 383	30,8%
Lisboa	564 657	545 245	-3,4%	234 918	245 931	4,7%
Loures	199 059	205 577	3,3%	71 017	81 318	14,5%
Mafra	54 358	76 749	41,2%	20 034	29 077	45,1%
Oeiras	162 128	172 063	6,1%	61 777	71 787	16,2%
Sintra	363 749	377 249	3,7%	132 099	144 864	9,7%
Vila Franca de Xira	122 908	136 510	11,1%	44 628	53 476	19,8%
Amadora	175 872	175 558	-0,2%	67 256	73 999	10,0%
Odivelas	133 847	143 755	7,4%	48 877	58 402	19,5%
Península de Setúbal	714 589	778 028	8,9%	263 224	313 667	19,2%
Alcochete	13 010	17 565	35,0%	4 894	6 822	39,4%
Almada	160 825	173 298	7,8%	60 954	72 236	18,5%
Barreiro	79 012	79 042	0,0%	29 993	33 311	11,1%
Moita	67 449	66 311	-1,7%	23 922	26 176	9,4%
Montijo	39 168	51 308	31,0%	14 839	20 608	38,9%
Palmela	53 353	62 549	17,2%	18 994	23 761	25,1%
Seixal	150 271	157 981	5,1%	53 508	62 640	17,1%
Sesimbra	37 567	49 183	30,9%	13 315	19 324	45,1%
Setúbal	113 934	120 791	6,0%	42 805	48 789	14,0%
Azambuja	20 837	21 776	4,5%	7 449	8 198	10,1%
Total	2 682 687	2 837 627	5,8%	1 014 259	1 163 102	14,7%

A AML é servida por uma extensa rede rodoviária, organizada e centrada em Lisboa, composta por várias circulares e radiais ligando aos principais municípios.

Os eixos Lisboa-Cascais, Lisboa-Sintra, Lisboa-Azambuja e Lisboa-Almada são também servidos por transporte ferroviário, sendo interligados pela Linha de Cintura que contorna a cidade de Lisboa.



Figura 2.3 Redes Rodoviária principal e Ferroviária da AML + Azambuja, retirado de www.maps.google.com e www.cp.pt

Em Lisboa, e com ligação às redes descritas acima, existe o metropolitano que se estende também aos municípios da Amadora e de Odivelas. As ligações entre Lisboa e os municípios da margem sul podem também ser realizadas por transporte ferroviário suburbano e transporte fluvial.



Figura 2.4 Rede de Metro e Fluvial em Lisboa, retirado de www.metrolisboa.pt e adaptado de www.transtejo.pt

Segundo a Matriz Origem Destino das Deslocações Casa-Trabalho ou Casa-Escola, AML – 2001 (INE, 2011), 98% da população que reside na AML+Azambuja, também nela trabalha ou estuda.

Apenas 38% das pessoas que trabalham no município de Lisboa aí residem e perto de 58% residem nos restantes municípios da AML+Azambuja (e as restantes 4,6% residem em municípios fora da AML+Azambuja). Para grande parte dos municípios, a percentagem de

trabalhadores residentes (número de indivíduos que vivem e trabalham no município A, face à totalidade de indivíduos que trabalham nesse município) é bastante elevada, ultrapassando geralmente os 60%.

A percentagem de residentes trabalhadores (número de indivíduos que vivem e trabalham no município A, face à totalidade dos moradores desse município) é bastante elevada para Lisboa (87%) e Setúbal (76%), sendo bastante mais reduzida para todos os outros municípios.

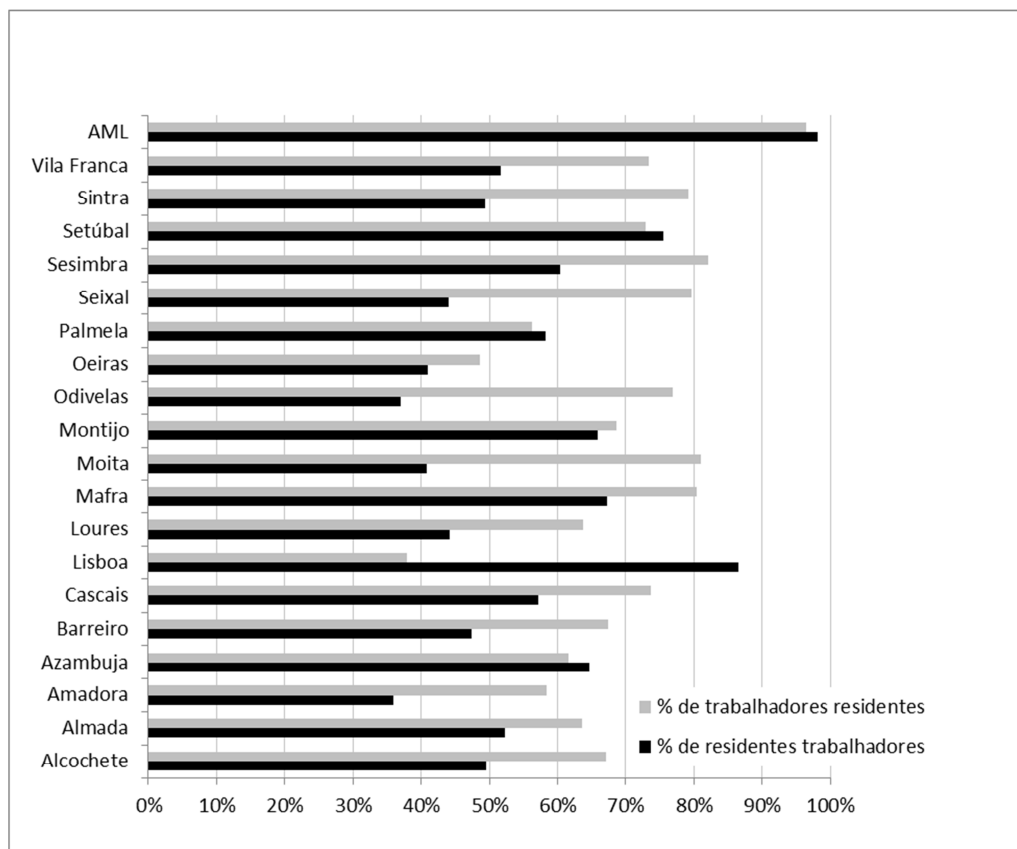


Figura 2.5 Percentagem de trabalhadores residentes e de residentes trabalhadores na AML+Azambuja e por município, adaptada de (INE, 2011)

As grandes deslocações pendulares, dentro da AML, verificam-se sobretudo entre a maior parte dos outros municípios e o município de Lisboa. Embora com uma escala bastante menor, são também significativas as deslocações Seixal-Almada, Sintra-Amadora e Sintra-Oeiras.

É expectável que, com a disponibilização da totalidade da informação dos Censos 2011, se verifique que algumas relações intermunicipais (e intramunicipais) tenham sofrido modificações importantes, dadas as diferenças de crescimento entre municípios ocorridas entre 2001 e 2011 (Tabela 2.3).

De acordo com (FCT/UNL; CCDR-LVT, 2006), em 2001 o modo de transporte mais utilizado na AML nos percursos casa-trabalho e casa-escola foi o automóvel (44%), seguido do autocarro (22%), das deslocações a pé (16%) e do comboio (10%). Em praticamente todos os municípios, o automóvel foi o modo de transporte dominante. Especificamente nos percursos para Lisboa, assinala-se como modo mais utilizado o comboio desde a Azambuja, Seixal e Sintra; o autocarro desde Loures e Odivelas; e ainda o barco desde o Barreiro.

3 Metodologia

3.1 Descrição Geral do Processo Metodológico

O objectivo principal desta dissertação é avaliar o potencial de difusão do veículo eléctrico (VE) na Área Metropolitana de Lisboa (AML), identificando os agregados familiares para quem o VE é uma opção possível e realista na compra de um carro novo.

O segundo objectivo é avaliar a redução de consumo energético e de emissões atmosféricas, resultante da substituição de um veículo de combustão interna (VCI) por um VE por parte dos agregados seleccionados.

O primeiro passo realizado consistiu na caracterização do VE, identificando as principais diferenças relativamente ao VCI. Destas diferenças foram seleccionadas aquelas que podem constituir barreiras decisivas à decisão de compra de um VE (Kley, Lerch, & Dallinger, 2011):

- Custos: inicial, manutenção e operação
- Autonomia
- Sistema de carregamento: disponibilidade física e temporal

Como indicado na Figura 2.1, o processo decisão de compra de um carro tem duas fases. Na primeira fase é feita uma avaliação geral do *Conjunto de Alternativas Universal* – a totalidade de veículos disponíveis no mercado – e através de regras simples não-compensatórias são eliminadas as alternativas não viáveis, formando-se assim o *Conjunto de Alternativas Realista* – conjunto de alternativas possíveis a partir do qual a escolha é concretizada (Mueller & Haan, 2008). As diferenças seleccionadas servem então de base para a formação das regras que determinam se o VE é incluído ou não no *Conjunto de Alternativas Realista*.

Em (Lieven, Mühlmeier, Henkel, & Waller, 2011), (Eggers & Eggers, 2010) e (Gärling & Thøgersen, 2001) são identificadas outras diferenças consideradas relevantes na decisão de compra de um VE, como a potência, a velocidade máxima, a aceleração, o impacte ambiental, o ruído e a confiança numa nova tecnologia e na evolução do mercado. Embora estas características influenciem a decisão, não têm um carácter impeditivo, ou seja, embora sejam relevantes para a segunda fase do processo de decisão, em que os vários atributos do automóvel são pesados de forma a seleccionar a melhor alternativa, não têm influência na primeira fase do processo, em que é determinado o *Conjunto de Alternativas Realista*. Sendo o objectivo desta dissertação identificar os agregados que incluem o VE como opção no seu *Conjunto de Alternativas Realista*, estas diferenças não são relevantes no âmbito desta investigação.

O segundo passo realizado consistiu na identificação dos atributos do indivíduo ou agregado que influenciam a compra do automóvel, incluindo características socioeconómicas e padrões de mobilidade. Tendo por base a informação disponível nos estudos (Mueller & Haan, 2008), (Choo & Mokhtarian, 2003) e (Gärling & Thøgersen, 2001), iniciou-se um processo iterativo, em que diversas variáveis foram descartadas por serem irrelevantes, demasiado

subjectivas, impossíveis de trabalhar devido à falta de dados, ou por não fazerem distinção entre um VE e um VCI.

Seleccionaram-se então como relevantes os seguintes atributos:

- Posse de carta de condução
- Rendimento do agregado
- Estacionamento em casa
- Estacionamento no local de trabalho
- Distância diária percorrida
- Modo utilizado nas deslocações diárias (transporte individual/colectivo)
- Tempo de actividade (tempo decorrido entre sair de casa e regressar ao fim do dia)
- Tempo médio de permanência no local de trabalho
- Número de carros do agregado
- Número de viagens longas mensais

Uma das ferramentas utilizadas nesta dissertação foi uma população sintética da AML, ou seja, uma população com características equivalentes à população real da AML. Esta população sintética foi gerada a partir dos dados do CENSUS 2001, através dos quais se obteve informação completa relativa a uma série de características para cada um dos indivíduos e agregados. O terceiro passo consistiu então em acrescentar, a esta população sintética original, informações relativas a cada um dos atributos previamente seleccionados como relevantes. Assim, definiu-se um conjunto de regras que permitisse relacionar os atributos seleccionados com características já conhecidas para cada indivíduo ou agregado. A definição de regras foi feita com base em estatísticas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) e dados recolhidos em inquéritos de mobilidade realizados à população da AML (SCUSSE, SOTUR e CAREFUL), disponibilizados pelo Centro de Estudos Urbanos e Regionais – CESUR – do Instituto Superior Técnico.

De forma a ter em conta a incerteza relativa ao financiamento do VE num futuro próximo, foi feita uma análise considerando quatro cenários:

- Cenário 1** o VE não é subsidiado de forma nenhuma
- Cenário 2** o carregamento do VE é subsidiado, reduzindo o custo por km a $\approx 50\%$
- Cenário 3** é dado um subsídio para a compra de um VE, no valor de 5000 €
- Cenário 4** a compra e o carregamento são subsidiados

Os cenários influem na definição dos atributos do indivíduo que dependem da conjuntura económica, como o período de retorno do investimento num VE por oposição a um VCI equivalente ou o peso do automóvel no orçamento mensal familiar.

O passo seguinte consistiu na definição de critérios para uma árvore de decisão, de forma a atribuir uma classificação a cada agregado relativamente à possibilidade de vir a adquirir um VE, tendo sido definidos cinco perfis:

- Perfil 0** Agregados para os quais o VE é uma opção impossível
- Perfil 1** Agregados para os quais o VE é uma opção quase impossível
- Perfil 2** Agregados para os quais o VE é uma opção possível mas pouco realista
- Perfil 3** Agregados para os quais o VE é uma opção possível e realista
- Perfil 4** Agregados que reúnem as características ideais para adquirir um VE

Depois de aplicada a árvore de decisão, foi analisada a distribuição destes cinco perfis, identificando quantos agregados se enquadram em cada um deles, para cada cenário.

Com base nas vendas anuais de veículos ligeiros, fez-se uma análise com o objectivo de prever a taxa máxima de penetração anual de VE no parque automóvel da AML.

Para além de se atribuir uma classificação a cada agregado, considerou-se importante avaliar o peso de cada um dos critérios definidos. Assim, calculou-se a percentagem de agregados familiares a que cada critério provoca, por si só, exclusão dos Perfis 3 e 4.

Depois de identificados os agregados familiares para os quais o VE é uma opção viável na compra de um carro novo (Perfis 3 e 4), procurou-se avaliar qual a redução de consumo energético e de emissões atmosféricas resultante destes agregados substituírem um dos seus VCI por um VE. Para avaliar esta redução:

1. Identificaram-se as diferenças entre o VCI e o VE a nível de consumo energético;
2. Calculou-se a distância média percorrida por indivíduos dos Perfis 3 e 4 para cada um dos cenários definidos;
3. Multiplicou-se a distância média pelo número de agregados, obtendo-se a distância total anual, que representa o total de quilómetros anuais que passarão a ser percorridos por VE, por oposição a VCI;
4. Multiplicou-se este valor pela diferença de consumo energético, obtendo-se a redução esperada com esta mudança de tecnologia;
5. Dividiu-se este valor pelo consumo total nacional de energia final, obtendo-se a redução esperada em termos percentuais.

Utilizou-se o mesmo método para determinar a redução de emissões atmosféricas.

3.2 Geração da População

3.2.1 População Sintética

Uma população sintética é uma ferramenta utilizada em modelação, quando se pretende fazer uma análise ao nível do agregado familiar ou do indivíduo. O objectivo de gerar uma população sintética é obter uma base de dados que represente a população cujo comportamento se quer modelar. Os atributos para cada indivíduo são gerados tendo por base os dados estatísticos da população em estudo.

A população sintética da Área Metropolitana de Lisboa (incluindo a Azambuja) foi gerada com base nos Censos 2001. O processo de geração foi programado em VBA macro no Excel, e seguiu os passos indicados pela Figura 3.1:

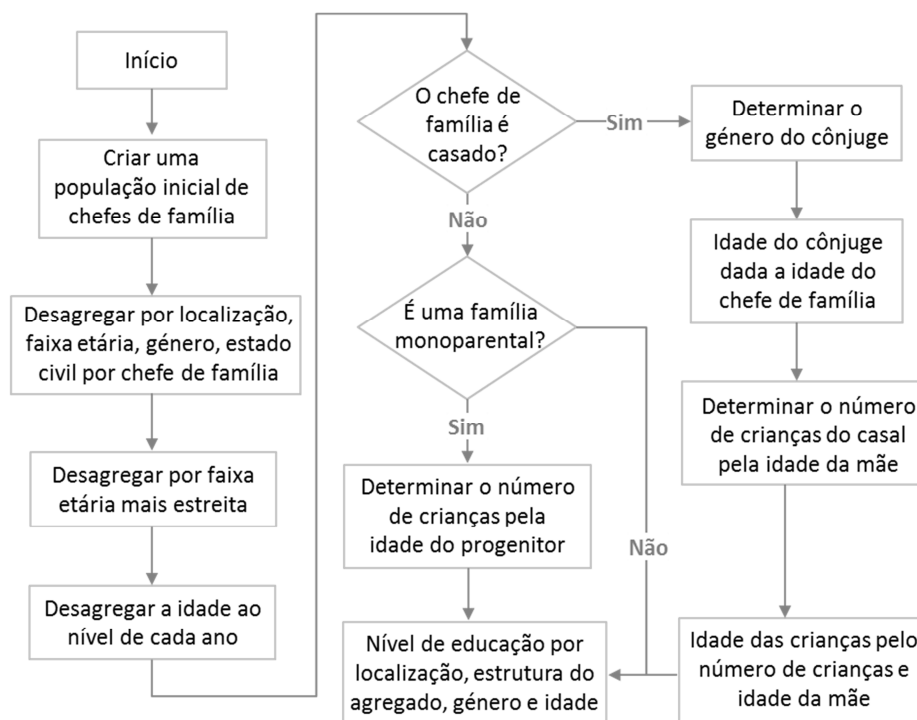


Figura 3.1 Processo de geração da população: adaptado de (Martínez & Viegas, 2009)

Cada atributo do indivíduo é gerado aleatoriamente, de acordo com os seus parâmetros estatísticos. O programa tem incorporado um coeficiente de correcção que, através de um processo iterativo, assegura que as distribuições globais de cada atributo se assemelham o mais possível aos dados base.

Como indicado na Figura 3.1, a geração dos indivíduos do agregado é feita de forma hierárquica: primeiro é definido o chefe de família. A partir das suas características, é definido, caso haja, o seu cônjuge. Com base nas características do indivíduo, se for esse o caso, ou do casal, são definidas as características dos filhos, caso existam.

Para cada indivíduo desta população foi determinado o agregado a que pertence, a localização, a idade, o género, o estado civil, a ocupação e as habilitações literárias (Martínez & Viegas, 2009).

3.2.2 Inquéritos de Mobilidade

Um dos privilégios desta dissertação foi o acesso a inquéritos de mobilidade realizados pelo Centro de Estudos Urbanos e Regionais – CESUR – do Instituto Superior Técnico. A disponibilidade de dados estatísticos em Portugal é limitada, sendo-o tanto mais quanto é a especificidade da informação. Os inquéritos permitiram fazer uma caracterização da população da AML que de outra forma não seria possível.

Foram usadas informações presentes em três inquéritos: SOTUR, SCUSSE e CAREFUL.

O inquérito SOTUR, da responsabilidade de Luis Martínez, fez parte de um projecto mais abrangente (SOTUR – *MIT Portugal Program*) que pretendia tirar partido das inovações no sector dos transportes para promover melhores padrões de desenvolvimento urbano e de mobilidade. O inquérito tinha como objectivo geral identificar as principais forças motrizes do desenvolvimento urbano na AML, caracterizando os agregados familiares a nível da sua localização, das suas escolhas a nível da mobilidade, e as suas atitudes face ao sistema de transportes e uso do solo.

O inquérito destinava-se à população da AML (incluindo Lisboa) e realizou-se em duas fases. A primeira desenvolveu-se entre Abril e Junho de 2009, através de um inquérito de livre acesso na internet, obtendo 794 respostas. Na segunda fase, realizada entre Junho e Agosto de 2010, utilizou-se o método CAPI – *Computer Assisted Personal Interviewing* – em inquéritos ao domicílio, com amostra desenhada para obter uma população de inquéritos homogénea de 1030 agregados. Cada respondente fornecia informação relativa a si próprio e aos restantes membros do seu agregado. Depois de eliminados os inquéritos incompletos ou incoerentes, obteve-se uma amostra de 1779 agregados, representando 4731 indivíduos.

O inquérito SCUSSE, da responsabilidade de João Abreu e Silva e Francisco Pereira, fez parte de um projecto MIT Portugal, que tinha como objectivo conceber soluções alternativas para o sector dos transportes, que promovessem uma maior eficiência no sistema de mobilidade urbana, e avaliar o impacto que estas soluções teriam na mobilidade na AML. As soluções propostas incluíam serviços de partilha de carros, minibus e táxis partilhados. O inquérito tinha como objectivos gerais obter informações relativas aos padrões de mobilidade da população da AML e avaliar de que forma a introdução de soluções de transporte alternativas afectariam as escolhas de mobilidade dos indivíduos.

O inquérito destinava-se à população da AML (incluindo Azambuja) e realizou-se em duas fases. A primeira desenvolveu-se entre Abril e Junho de 2009, através de um inquérito de livre acesso na internet, obtendo 1424 respostas. Na segunda fase, realizada entre Junho e Agosto de 2010, utilizou-se o método CAPI em inquéritos ao domicílio, com amostra desenhada para obter uma população de inquéritos homogénea de 1197 agregados.

O inquérito CAREFUL, da responsabilidade de José Manuel Viegas, Filipe Moura e André Duarte, foi efectuado no âmbito do Projecto CAREFUL (PDCT/TRA/60824/2004), com o título "*Car fleet renewal as a key role for atmospheric emission reduction*". Este projecto tinha como principal objectivo simular a evolução do parque automóvel nacional e avaliar o impacto da difusão de novas tecnologias no consumo energético e nas emissões atmosféricas de forma agregada. O inquérito procurou o levantamento dos padrões de aquisição e utilização de veículos e as preferências declaradas por veículos novos com o objectivo de poder simular o comportamento dos proprietários de veículos automóveis em Portugal.

O inquérito realizou-se no ano de 2007, em duas fases: a primeira entre Abril e Maio; a segunda entre Setembro e Outubro. A primeira fase foi realizada através da internet, e a segunda consistiu em inquéritos domiciliários, utilizando-se igualmente o método CAPI. Depois de corrigidos os enviesamentos dos inquéritos pela internet, obteve-se uma amostra final de 3117 inquéritos, dos quais 879 com origem domiciliária.

3.2.3 Atributos da População Gerada

3.2.3.1 Seleção dos Atributos Relevantes

Numa primeira fase, procurou-se identificar as características do indivíduo e do agregado que poderão influenciar a compra de um automóvel, e em especial aquelas que se relacionam directamente com a possibilidade de adquirir um VE. Com base na literatura consultada e em informação presente nos inquéritos de mobilidade elaborou-se a seguinte lista inicial de atributos:

- Idade
- Género
- Habilitações literárias
- Emprego
- Posse de carta de condução
- Número de cartas do agregado
- Rendimento do agregado
- Estacionamento em casa
- Estacionamento no trabalho
- Caracterização das viagens diárias:
 - Número de viagens diárias
 - Distância total percorrida
 - Modo utilizado
 - Tempo de viagem
- Tempo de actividade
- Tempo médio de permanência
- Viagens longas mensais
- Necessidades especiais de transporte:
 - Transporte regular de grandes volumes
 - Pessoas com deficiências físicas
- Acesso a transportes públicos
- Posse de passe
- Número de carros
- Tipo de carro
- Caracterização do agregado:
 - Dimensão
 - Pessoas sem autonomia
 - Pessoas sem carta

Alguns destes atributos – como a *idade*, o *género*, as *habilitações literárias* ou o *emprego* – não foram considerados directamente, por terem uma influência demasiado subjectiva na decisão para ser sistematizada sem acesso a um inquérito de preferências declaradas. O *acesso a transportes públicos* e o *passe* foram eliminados porque durante a análise dos inquéritos se chegou à conclusão que estes atributos não têm uma influência directa visível no uso dado ao automóvel, como é explicado posteriormente. A *caracterização do agregado* foi também eliminada, porque se considerou que, sem dados adicionais, não é possível relacionar o atributo com a escolha VE vs VCI.

Neste momento, a oferta de VE no mercado é limitada, restringindo-se essencialmente ao tipo de carro citadino, o que constitui um factor limitativo no momento de comprar carro. As *necessidades especiais de transporte* e o *tipo de carro* seriam características importantes para determinar a gama de carros que o indivíduo ou agregado estariam dispostos a comprar. Infelizmente não foi encontrada informação suficiente ou fidedigna relativamente a estes atributos, pelo que estas variáveis não foram tidas em conta na análise global.

Para se conseguir obter os atributos acima definidos, foi necessário definir também algumas variáveis secundárias: *rendimento individual*, *município de trabalho*, *distância casa-trabalho*. O *número de cartas do agregado*, o *tempo em viagem* e o *número de viagens diárias* foram consideradas também variáveis secundárias dado não terem uma influência directa sobre a decisão, mas sim sobre outras variáveis principais.

Assim, a lista de atributos a ser definida para cada indivíduo foi a indicada na Tabela 3.1. O número dos atributos relaciona-se com a ordem pela qual estes foram gerados.

Tabela 3.1 Atributos a definir para cada indivíduo da população

Atributos	
1.	Carta de condução
2.	Rendimento individual
3.	Rendimento mensal do agregado
4.	Município de trabalho
5.	Estacionamento em casa
6.	Estacionamento no local de trabalho
7.	Número de carros do agregado
8.	Caracterização das deslocações diárias
a.	Modo utilizado
b.	Número de deslocações
c.	Distância casa-trabalho
d.	Distância total percorrida
9.	Tempo em viagem
10.	Tempo de actividade
11.	Tempo médio de permanência no local de trabalho
12.	Viagens longas mensais

3.2.3.2 Definição das Regras para cada Atributo

O objectivo final deste passo era obter uma base de dados que contenha informação completa relativa aos atributos acima referidos para cada indivíduo ou agregado da população sintética da AML.

Para cada indivíduo da população sintética original sabe-se o *agregado* a que pertence, a *localização* (ao nível da freguesia), a *idade*, o *género*, o *estado civil*, as *habilitações literárias* e o *perfil de ocupação*. Embora a localização esteja detalhada ao nível da freguesia, na maioria dos casos utilizou-se a localização ao nível do município, por não haver dados suficientes para fazer uma análise tão detalhada.

Através de informações provenientes de diversas fontes (essencialmente INE e inquéritos de mobilidade do CESUR), procurou-se encontrar distribuições estatísticas que permitissem relacionar cada novo atributo com outros previamente conhecidos.

Em alguns casos a redes neuronais para obter os dados pretendidos, utilizando o programa NeuralTools®, uma aplicação para o Excel. As redes neuronais são treinadas a partir de bases de forma a gerarem os valores pretendidos para a variável dependente, em função dos valores observados das variáveis independentes, indicando a margem de erro para cada previsão. O algoritmo utilizado no NeuralTools® funciona de forma determinística, ou seja, dois indivíduos com as mesmas características nas variáveis independentes terão sempre valores iguais para a variável dependente.

O NeuralTools® permite avaliar quão forte é a relação entre as várias variáveis, e indica qual o peso explicativo de cada variável independente, o que permite identificar quais são as

mais relevantes. Assim, este programa foi utilizado para seleccionar as variáveis explicativas relevantes para cada atributo.

A dimensão reduzida da amostra, quando trabalhando com dados provenientes dos inquéritos de mobilidade, e a falta de dados com detalhe apropriado constituíram problemas recorrentes na definição de regras para cada atributo. A cada passo foi necessário procurar as melhores alternativas e assumir compromissos de forma a obter regras tão representativas das características da população quanto possível.

As regras definidas para cada atributo e os dados externos utilizados na sua definição são apresentados no Apêndice I.

1. Carta de condução

Numa primeira análise procurou-se encontrar uma relação entre a posse de *carta de condução* e o *rendimento* ou o *número de cartas no agregado*, mas não foi encontrada nenhuma relação satisfatória. Assim, assumiu-se que ter carta de condução depende apenas do *género* e *idade*.

O único documento encontrado com informação relevante foi um artigo (Cunha, Brito, & Leal, 2007) publicado na Revista de Estudos Demográficos (publicação semestral do INE). Este artigo indica o número absoluto de titulares da carta de condução em Portugal, em 2005, por género e faixa etária. Dado que se pretendia obter os valores relativos, recolheu-se a informação relativa à população total em Portugal em 2005, por género e faixa etária (INE, 2011).

Dividindo os primeiros valores pelos segundos, obtém-se a percentagem de encartados relativamente à população total, para cada grupo com o mesmo género e faixa etária. Esta percentagem corresponde assim à probabilidade de um indivíduo ter carta, dado que pertence àquele grupo.

2. Rendimento individual

O *rendimento individual* depende do *perfil de ocupação*: empregado a tempo inteiro, empregado em tempo parcial, desempregado, reformado ou estudante.

As *habilitações literárias* são um atributo que tem uma grande influência no *rendimento individual*. As classes deste atributo na população sintética original não correspondem às do inquérito SOTUR, pelo que foi necessário fazer uma harmonização das categorias:

Tabela 3.2 Harmonização entre as categorias da População Original e do inquérito SOTUR

População Original	SOTUR	Categorias Finais
<i>No education or kindergarden Basic school - 6-9 years Basic school - 10-13 years</i>	Ensino primário ou menos Ensino básico ou inferior	Ensino básico ou inferior
<i>Secondary school 14-18 years</i>	Ensino médio ou profissional Ensino secundário	Ensino secundário
<i>Graduate school</i>	Licenciatura e bacharelato Pós-Graduação	Ensino superior

Empregados a tempo inteiro

Para determinar o rendimento de um empregado a tempo inteiro pensou-se inicialmente usar os dados do INE relativos ao *ganho médio mensal dos trabalhadores por conta de outrem nos estabelecimentos por município, segundo o nível de habilitações*. No entanto, considerou-se que utilizar esta informação seria limitativo, dado que significaria assumir que dois indivíduos do mesmo município com o mesmo nível de habilitações recebem o mesmo, independentemente de outros factores.

Por esta razão, decidiu-se utilizar os dados do inquérito SOTUR. Seleccionaram-se os empregados a tempo inteiro para os quais se tinha informação relativa ao seu rendimento bruto, o que resultou numa amostra de 1796 indivíduos.

Para fazer esta análise recorreu-se às redes neuronais. Numa primeira fase considerou-se que as variáveis que influenciam o rendimento são o *município de residência*, as *habilitações literárias*, a *idade* e o *género*. Depois de várias experiências decidiu-se eliminar o *género*, já que o peso deste enquanto variável explicativa era muito baixo e duplicava o número de indivíduos-tipo para o qual o programa deve prever o rendimento.

Posteriormente, fizeram-se várias experiências alterando a forma como a variável *idade* é apresentada (numérica, quatro classes, cinco classes, ...), procurando encontrar um compromisso entre o número de classes e a qualidade da explicação. Por fim decidiu-se dividir a idade em quatro classes: < 25, 25 – 34, 35 – 54, ≥ 55.

Desta forma, consideraram-se 228 indivíduos-tipo diferentes:

$$\text{município (19)} \times \text{habilitações literárias (3)} \times \text{idade (4)} = 228$$

No inquérito SOTUR o rendimento mensal bruto encontra-se dividido em sete classes: *Menos de 500€, 500€ - 1000€, 1000€ - 2000€, 2000€ - 3500€, 3500€ - 5000€, 5000€ - 10000€, 10000€ ou mais*. As previsões utilizando estas sete classes não foram satisfatórias: devido à natureza do programa, as classes mais elevadas, menos frequentes na amostra, não eram atribuídas a nenhum indivíduo-tipo. Pensou-se por isso apresentar esta variável de outra forma. Depois de várias experiências, em que foi feita uma agregação das classes ou foi feita uma conversão do rendimento mensal bruto numa variável numérica, concluiu-se que a agregação em quatro classes (*Menos de 1000€, 1000€ - 2000€, 2000€ - 3500€, Mais de 3500€*) era a mais satisfatória. As classes de rendimento foram agregadas desta forma para todos os perfis de ocupação.

Depois destes arranjos, fez-se a previsão final, tendo sido atribuída uma classe de rendimento a cada conjunto [*município, habilitações literárias, idade*].

As previsões finais foram analisadas caso a caso, comparando indivíduos-tipo semelhantes, de forma a procurar inconsistências, não tendo sido encontrada nenhuma grave.

Empregados em tempo parcial

O número de indivíduos indicados como empregados em tempo parcial no inquérito SOTUR para os quais se tinha informação completa é muito baixo: apenas 89. Por esta razão, não é possível fazer uma análise com as redes neuronais. Ao fazer uma análise empírica, também não é possível desagregar a informação em muitas classes. Depois de várias

experiências, concluiu-se que o factor com maior peso são as *habilitações literárias* (tendo-se descartado portanto o *município* e a *idade*).

Assim, foi calculada qual a percentagem de indivíduos que se enquadram em cada uma das quatro classes de rendimento (encontradas para os Empregados a tempo inteiro), consoante as suas habilitações literárias.

Reformados

No inquérito SOTUR há 360 indivíduos reformados para os quais se tem informação completa relativamente às habilitações literárias e rendimento, sabendo-se o município de residência de 320 destes indivíduos. Embora sejam mais do que os empregados em tempo parcial, verificou-se que não eram suficientes para desagregar a informação por município e habilitações literárias, sendo por isso feita uma análise semelhante à dos empregados em tempo parcial, ou seja, assumiu-se que o rendimento de um reformado depende apenas das suas habilitações literárias.

Desempregados

Segundo os dados do SOTUR, parte dos indivíduos desempregados tem rendimentos. Procurou-se identificar outras características individuais que influenciam a distribuição de rendimentos, mas a amostra demasiado pequena não o permitiu. Assim, assumiu-se que o rendimento destes indivíduos depende apenas de estarem desempregados – ou seja, o *perfil de ocupação* é a única variável que explica o seu rendimento.

Estudantes

Assumiu-se que os estudantes não possuem qualquer tipo de rendimentos individuais.

3. Rendimento mensal do agregado

Para determinar o rendimento mensal do agregado, converteram-se as classes de rendimento em valores numéricos, seleccionando aleatoriamente, com distribuição uniforme, um valor entre os extremos de cada classe. Para a classe *Menos de 1000€*, considerou-se como valor inferior o ordenado mínimo – 485€ (DL 143/2010, 2010). Para a classe *Mais de 3500€* utilizou-se uma distribuição triangular, tendo-se considerado 10 000€ como valor máximo.

O rendimento mensal do agregado corresponde à soma dos rendimentos mensais de todos os membros do agregado familiar.

4. Município de trabalho

O *município de trabalho* não é uma característica relevante por si, mas é essencial para determinar o *estacionamento no local de trabalho* e para a *caracterização das deslocações diárias*.

Para determinar o município de trabalho em função do município de residência, procurou-se esta informação no INE. A informação foi encontrada num quadro constante no documento *MOVIMENTOS PENDULARES NA ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA 1991-2001*, Destaque publicado a 25 de Fevereiro de 2003 (INE, 2003). Este quadro tem a limitação de incluir

também as deslocações casa-escola e não apenas as deslocações casa-emprego, mas considerou-se que era aceitável utilizar esta informação.

O quadro, com dados de 2001, apresenta o número de pessoas que, vivendo no município A, trabalham no município B. Os valores apresentados são absolutos, pelo que foi necessário dividir o número de pessoas que vivem no município A e trabalham no município B pelo número total de pessoas que vivem no município A para obter os valores relativos.

5. Estacionamento em casa

Para determinar o *estacionamento em casa* pensou-se inicialmente utilizar os dados do SOTUR, admitindo-se que os factores com maior relevância seriam o *município de residência* e o *rendimento do agregado*. Tinha-se informação completa relativa a estas três variáveis para 1209 famílias. Considerou-se que não fazia sentido utilizar as redes neuronais, pois seria limitativo admitir que todas as famílias do mesmo município e com o mesmo nível de rendimento possuiriam iguais condições de estacionamento em casa, pelo que foi feita uma análise empírica.

A amostra não era suficientemente grande, pelo que o rendimento mensal foi agregado em três classes: *Menos de 1000€*, *1000€ - 3500€*, *Mais de 3500€*. Ainda assim, obtinham-se 57 famílias tipo (*município (19) x rendimento (3) = 57*), havendo pouca ou nenhuma informação para muitas destas.

Por esta razão, decidiu-se seguir uma abordagem diferente. Através de dados do INE é possível saber o número de edifícios por época de construção para cada freguesia (INE, 2011). Quanto mais recentes são os edifícios, maior a probabilidade de terem um estacionamento atribuído. Assim, atribuindo um valor de probabilidade de ter estacionamento a cada época de construção, é possível obter um valor global para cada freguesia. As probabilidades foram obtidas utilizando valores estimados em dois estudos prévios sobre a mobilidade de dois bairros de Lisboa (Correia, 2004; Martínez L. M., 2004), assumindo que se verificam em todas as freguesias da AML.

6. Estacionamento no local de trabalho

Para determinar o *estacionamento no local de trabalho* utilizaram-se os dados do inquérito SOTUR. Considerou-se que tinham estacionamento no local de trabalho os indivíduos que responderam positivamente a pelo menos uma das perguntas:

- A. Existem parques de estacionamento de acesso público
- B. Existem parques de estacionamento de acesso privado a que tenho acesso

Inicialmente foram consideradas como relevantes as variáveis *município de trabalho* e *rendimento individual*. No entanto, devido à falta de dados, verificou-se que não seria possível desagregar a informação a este nível, pelo que se optou por descartar a variável *rendimento individual*.

Ainda assim verificou-se alguma falta de dados, pelo que se decidiu agregar os municípios com menos dados disponíveis e que apresentem características de ordenamento e de

construção semelhantes. Foram então agregados os municípios de Alcochete, Moita e Montijo. Pelas mesmas razões, agregaram-se as respostas de Azambuja e Vila Franca de Xira.

Foi então calculada a percentagem de indivíduos que têm estacionamento no local de trabalho para cada município ou grupo de municípios.

7. Número de carros do agregado

Para determinar o *número de carros do agregado* utilizaram-se os dados do inquérito SOTUR. Numa primeira abordagem, determinou-se o número de carros para cada agregado através das redes neuronais. Depois de algumas experiências em que se eliminaram variáveis pouco relevantes (como por exemplo a *dimensão do agregado*, cujo peso explicativo, indicado pelo *NeuralTools*[®], era consistentemente baixo independentemente das variáveis usadas em cada análise), considerou-se que as variáveis com maior influência são o *município de residência*, o *rendimento do agregado* e o *número de cartas de condução do agregado*. Seleccionando os agregados para os quais se tinha esta informação completa, obteve-se uma amostra de 1576 agregados.

Embora a qualidade da previsão tenha sido razoável, considerou-se que os resultados finais utilizando o *NeuralTools*[®] não eram muito satisfatórios – seria limitado admitir que todas as famílias do mesmo município com um rendimento semelhante e o mesmo número de cartas teriam exactamente o mesmo número de carros.

Por esta razão seguiu-se a abordagem empírica. Dado o número reduzido de dados, não seria possível fazer o número de carros do agregado depender de tantos factores como anteriormente, pelo que se descartou a variável *município de residência*.

Ainda assim os dados não são suficientes, especialmente para algumas classes. Por esta razão o número de cartas da família foi agregado nas classes 0, 1, 2, 3, ≥ 4 , e o rendimento mensal familiar foi agregado nas classes *Menos de 1000€*, *1000€ - 2000€*, *2000€ - 3500€*, *3500€ - 5000€*, *Mais de 5000€*.

Para um número de cartas = 0 o número de carros não varia muito com a classe de rendimento, pelo que estes dados foram todos agregados.

Para um número de cartas = 3 ou ≥ 4 não há muita informação para as classes de rendimento *Menos de 1000 €* e *1000 € - 2000 €*, pelo que se agregaram estas classes na classe 0 – 2000 €. Isto constitui uma distorção dos dados e fonte de erro, já que a diferença de comportamentos entre estas duas classes de rendimento é significativa, mas foi um compromisso necessário.

Para um número de cartas ≥ 4 foi igualmente necessário fazer uma agregação para as classes de rendimento *2000 € - 3500 €* e *3500 € - 5000 €*.

Esta análise foi considerada satisfatória, mas tem bastantes limitações. O número de carros de um agregado não depende apenas destas variáveis, depende também de opiniões pessoais, estilo de vida, tipo de deslocações diárias e acessibilidade a transportes públicos, mas seria impossível – com a informação disponível – fazer uma análise numérica objectiva com base em todas estas variáveis. O *município de residência* era uma variável importante porque de certa forma reflectia as variáveis não consideradas, mas infelizmente não foi possível incluí-la de forma satisfatória na análise.

8. Caracterização das deslocações diárias

a. Modo utilizado

Para avaliar o modo utilizado nas deslocações diárias, pensou-se usar inicialmente os dados do inquérito SCUSSE. Neste inquérito os modos considerados são: transporte individual, transporte colectivo e a pé. A percentagem de pessoas que se desloca a pé ou de modo misto é muito pequena. Como neste caso o interesse está centrado naqueles que se deslocam de automóvel, a análise foi feita segundo uma variável dicotómica: utiliza/não utiliza o carro na deslocação para o emprego.

Considerou-se que as variáveis que influenciam a escolha do modo são a *disponibilidade do carro* e a *acessibilidade a transportes públicos*. No entanto neste inquérito não há dados sobre se o indivíduo tem carta ou não, não sendo possível avaliar efectivamente a disponibilidade do carro.

Decidiu-se então utilizar os dados do SOTUR, embora neste inquérito não haja informação directa e completa sobre o modo utilizado nas deslocações diárias. Foi necessário assumir que aqueles que têm passe se deslocam de transportes públicos, e aqueles que não têm passe utilizam o automóvel.

Seleccionaram-se então os indivíduos com carta, e destes seleccionaram-se aqueles que têm de certeza um carro disponível (ou seja, os indivíduos pertencentes a agregados onde o número de carros é igual ou superior ao número de cartas), o que resultou numa amostra de 838 indivíduos.

Analisou-se então a percentagem destes indivíduos que se desloca de transportes públicos. Pensou-se relacionar estes dados com a *acessibilidade a transportes públicos*, mas os resultados não eram muito coerentes: uma maior acessibilidade não representava necessariamente um maior uso dos transportes públicos. Por esta razão a variável *acessibilidade a transportes públicos* foi descartada, assim como o *passe*.

Numa análise global dos dados, concluiu-se que 86% das pessoas que têm carro disponível utilizam-no nas deslocações diárias, e as restantes 14% deslocam-se de transportes públicos.

Numa família em que o número de carros é igual ou superior ao número de cartas de condução, todos os membros com carta têm a possibilidade de usar o carro. Numa família onde o número de carros é inferior ao número de cartas, só alguns membros têm acesso ao carro. Para saber quem utiliza o carro é necessário então definir uma hierarquia de uso do carro, que se relaciona directamente com a hierarquia de geração da família na população sintética. Se o membro superior não utilizar o carro nas suas deslocações diárias (há uma probabilidade de 14% de não o fazer), então o carro estará disponível para o membro seguinte na hierarquia, e assim sucessivamente.

b. Número de deslocações

Para fazer esta análise utilizaram-se dados do inquérito SCUSSE. Depois de várias experiências, concluiu-se que o *número de viagens* não depende de nenhuma outra variável.

Assim, foram contabilizados quantos indivíduos faziam duas, três, ..., oito viagens em relação ao total de indivíduos.

c. Distância casa-trabalho

A *distância casa-trabalho* depende essencialmente do município de residência e do município de trabalho. Existem 19 municípios, o que significa que existem $19 \times 19 = 361$ combinações casa-trabalho.

Não tendo informação suficiente relativa ao tipo de distâncias que as pessoas fazem para cada uma das combinações acima referidas, optou-se por considerar a *distância casa-trabalho* como a distância entre os centróides de cada município. Para as deslocações intramunicipais, assumiu-se como *distância casa-trabalho* o raio equivalente do município (raio do círculo com a mesma área que o município considerado).

d. Distância total percorrida

Para fazer esta análise utilizaram-se dados do inquérito SCUSSE. Considerou-se que a *distância total percorrida* resulta da multiplicação da *distância casa-trabalho* por um factor dependente do *número de viagens* diárias.

Para cada número de viagens, a relação entre a distância casa-trabalho e a distância total apresenta uma distribuição aproximadamente normal, para a qual se sabe a média e o desvio padrão. Considerou-se que o factor multiplicativo é um valor aleatório gerado de acordo com essa distribuição.

9. Tempo em viagem

Para fazer esta análise utilizaram-se dados do inquérito SCUSSE. Procurou-se relacionar o tempo em viagem com os municípios casa-trabalho e com outras variáveis, mas devido à falta de dados não foram obtidos resultados satisfatórios. Assim, decidiu-se associar o tempo de viagem ao *modo utilizado* e à *distância percorrida*.

O *tempo de viagem* foi dividido por cinco classes: 30 min, 60 min, 90 min, 120 min, Mais de 120 min. A *distância* foi dividida em doze classes: até 5 km, 10 km, 15 km, 20 km, 25 km, 30 km, 40 km, 50 km, 60 km, 70 km, 80 km, Mais de 80 km. Para cada *modo* e classe de *distância*, foi analisada a distribuição por cada classe de *tempo de viagem*.

10. Tempo de actividade

Inicialmente pensou-se que o *tempo de actividade* poderia ser uma variável independente, já que segundo os dados do inquérito SCUSSE se aproxima de uma distribuição normal (média: 10,16 e desvio padrão: 3,29). No entanto, considerou-se que esta não seria a análise mais correcta, pois seria assumir que o tempo de actividade é independente das características de cada indivíduo ou agregado familiar.

Depois de várias experiências, concluiu-se que as variáveis com maior influência sobre o *tempo de actividade* são o *género*, ter ou não *filhos menores*, ter um *emprego a tempo inteiro* ou um *emprego em tempo parcial* e o *tempo em viagem*.

A análise foi feita através das redes neuronais, considerando o *tempo de actividade* uma variável numérica.

11. Tempo médio de permanência no local de trabalho

O tempo médio de permanência no local de trabalho foi encontrado através do seguinte cálculo:

$$\text{tempo médio de permanência} = \frac{\text{tempo de actividade} - \text{tempo em viagem}}{\text{número de viagens} - 1}$$

12. Viagens longas mensais

Para fazer esta análise, utilizaram-se os dados do inquérito CAREFUL.

Procurou relacionar-se o número de viagens longas com as características do indivíduo (*município de residência, idade, género, ocupação*) mas não foram obtidos resultados conclusivos. As análises feitas com recurso a redes neuronais apresentaram margens de erro superiores a 70%.

Por esta razão decidiu-se não associar o número de deslocações mensais a nenhum factor. Assim, foram contabilizados quantos indivíduos faziam 0, 1, 2, 3, 4, 5 ou mais viagens longas mensalmente em relação ao total de indivíduos.

Para uma melhor compreensão da origem dos dados utilizados e da relação entre os vários atributos e as variáveis explicativas, é apresentada uma tabela resumo:

Tabela 3.3 Resumo das relações entre os atributos e as fontes de informação utilizadas

Atributo		Variáveis de que depende	Fonte	Ano
População Sintética Original	ID Agregado	Nenhuma	INE	2001
	Localização			
	Idade			
	Género			
	Estado civil			
	Habilitações literárias			
	Ocupação			
Carta de condução		Idade e Género	INE, DGV	2005
Rendimento individual		Ocupação, Município, Habilitações Literárias, Idade	SOTUR	2010
Rendimento agregado		Rendimento individual	SOTUR	2010
Município de trabalho		Município	INE	2001
Estacionamento em casa		Freguesia	INE	2001
Estacionamento no trabalho		Município	SOTUR	2010
Número de carros		Rendimento e Nº de cartas do agregado	SOTUR	2010
Caracterização das deslocações diárias	Modo	Nº de carros	SOTUR	2010
	Número	Nenhuma	SCUSSE	2010
	Distância C-T	Município de residência e de trabalho	INE	n.a.
	Distância total	Nº viagens e Distância C-T	SCUSSE	2010
Tempo em viagem		Modo e Distância total	SCUSSE	2010
Tempo de actividade		Género, Ocupação, Filhos menores, Tempo em viagem	SCUSSE	2010
Tempo de permanência		Tempo em viagem, Tempo de actividade, Nº Viagens	SCUSSE	2010
Viagens Longas Mensais		Nenhuma	CAREFUL	2007

3.2.4 Atributos Individuais Dependentes dos Preços de Mercado

A classificação dos agregados depende não só das suas características intrínsecas, mas também de dois atributos dependentes dos preços de mercado e políticas de financiamento: o período de retorno do investimento num VE por oposição a um VCI equivalente, e o peso do automóvel no orçamento mensal.

Como referido anteriormente, de forma a fazer uma análise que tivesse em conta a incerteza relativa ao futuro das políticas de financiamento do VE, foram definidos quatro cenários:

Tabela 3.4 Cenários de políticas de financiamento do VE definidos

Cenário 1	o VE não é subsidiado de forma nenhuma
Cenário 2	o carregamento do VE é subsidiado, reduzindo o custo por km a $\approx 50\%$
Cenário 3	é dado um subsídio para a compra de um VE, no valor de 5000 €
Cenário 4	a compra e o carregamento são subsidiados

Assim, para cada indivíduo e cada cenário foram definidos os dois atributos, cuja fórmula de cálculo se apresenta abaixo.

Tabela 3.5 Atributos dependentes dos Preços de Mercado a definir por indivíduo e cenário

Atributos	Período de Retorno
	Peso do carro no orçamento mensal

Período de retorno – número de anos necessário para a aquisição de um VE ser economicamente vantajosa face à aquisição de um VCI, tendo em conta as diferenças de custo iniciais, de manutenção e de utilização e o número de quilómetros diários.

$$\text{Período de Retorno (anos)} = \frac{\Delta \text{Custo Inicial} + \Delta \text{Custos de Manutenção}}{\Delta \text{Custo por km} \times \text{Distância Diária} \times 312^*}$$

* Para calcular a distância total anual, considerou-se que num fim-de-semana se percorre uma distância equivalente à distância diária (tendo em conta que o VE não é utilizado para grandes deslocações). Assim, a distância diária é percorrida um total de seis vezes por semana, durante as 52 semanas do ano: $6 \times 52 = 312$

Peso do carro no orçamento mensal – retirando o valor de venda do carro no fim do seu período de vida à soma dos custos iniciais, custos de manutenção, custos relacionados com impostos e seguros e custos de utilização relativos ao total de quilómetros percorridos, obtém-se o custo do ciclo de vida do carro. Dividindo este valor pelo seu tempo de vida, em meses, obtém-se o custo mensal médio do carro. Dividindo este valor pelo rendimento mensal do agregado, obtém-se o peso do carro no orçamento mensal familiar.

$$\% \text{ Rendimento dedicada mensalmente ao carro} = \frac{\text{CI} + \text{CM} + \text{OC} - \text{VR} + \text{Ckm} \times \text{DD} \times 26^* \times \text{TV}}{\text{Tempo de Vida} \times \text{Rendimento Mensal do Agregado}}$$

CI = Custo Inicial (€)

DD = Distância Diária (km/dia)

CM = Custos de Manutenção (€)

26* = Número de dias por mês em que o VE é utilizado (22 dias úteis + 4 de fim-de-semana)

OC = Outros Custos (€)

TV = Tempo de Vida (meses)

VR = Valor Residual (€)

Rendimento Mensal do Agregado = (€/mês)

Ckm = Custo por km (€)

O tempo de vida do automóvel foi determinado através de dados do inquérito CAREFUL. Analisou-se por quanto tempo os agregados mantinham um carro, em função do rendimento:

- Menos de 1000€ : 108,0 meses
- 1000€ - 2000€ : 107,2 meses
- 2000€ - 3500€ : 101,9 meses
- 3500€ - 5000€ : 86,4 meses
- Mais de 5000€ : 85,8 meses

Para calcular o valor de venda do carro e os custos de manutenção totais, utilizou-se um valor médio global de oito anos.

Para efectuar os cálculos referidos, foi necessário definir valores para cada uma das variáveis indicadas. Como referido na Tabela 2.1 Comparação VE vs VCITabela 2.1, usou-se o Nissan Leaf como referência para o VE o Nissan Leaf, por ser um dos VE mais divulgados no mercado português, e usou-se como referência para o VCI o Renault Mégane Berlina (Dynamique 1.5 dCi 110cv FAP ECO2 Champion CO2), por ser um veículo de gama equivalente ao Nissan Leaf. Assim, assumiram-se os seguintes valores:

Tabela 3.6 Valores assumidos para o cálculo do período de retorno e custo total do VE

Veículo Eléctrico				Veículo Combustão Interna	
Custo Inicial		35990 € ^[1]		Custo inicial	25500 € ^[11]
Manutenção		4388 € ^[2]		Manutenção	5851 € ^[2]
Outros Custos		10712 € ^[3]		Consumo (diesel)	4,9 l / 100 km ^[11]
Valor Residual		5813 € ^[4]		Custo combustível	1,30 € / l ^[12]
Subsídio à compra		5000 € ^[5]		Custo por km	0,064 € ^[13]
Consumo		13,4 kWh / 100 km ^[6]			
Custo Energia	Sub	Vazio	0,03 € / kWh ^[7]		
		Fora do Vazio	0,07 € / kWh ^[7]		
	Não Sub	Vazio	0,0778 € / kWh ^[8]		
		Fora do Vazio	0,1448 € / kWh ^[8]		
Carregamento Horas de Vazio		0,71 ^[9]			
Carregamento Total					
Custo km	Subsidiado		0,0056 € ^[10]		
	Não Subsidiado		0,0130 € ^[10]		

[1] (Nissan, 2011)

[2] Adaptado de (Costa & Moura, 2011), para um período de oito anos

[3] Soma dos custos totais de seguros, financiamento e taxas. Adaptado de *Table 23. Total Costs of Car Ownership* (Moura, 2009), tomando o VW Golf como referência, para um período de oito anos

[4] Adaptado de (Moura, 2009): $y(t) = a_0 \cdot e^{(-\delta \cdot t)}$; $a_0 = 0,8$, $\delta = 0,2$, $t = 8$. Valor Residual = Valor Inicial $\cdot y(8)$

[5] (MOBI.E, 2010)

[6] Adaptado de (Nissan, 2011) : consumo = capacidade da bateria (24 kWh) / autonomia (175 km)

[7] Valores assumidos para o km subsidiado (para carregamento normal) \approx 50% do custo não subsidiado

[8] Tarifa de venda a clientes finais em BTN ($\leq 20,7$ kVA), em sistema bi-horário (EDP, 2011)

[9] A proporção Carregamento Horas de Vazio/Carregamento Total foi obtida analisando as disponibilidades de carregamento da população gerada em casa e no emprego

[10] Custo por km = $(0,71 \times \text{Custo Vazio} + 0,29 \times \text{Custo Fora do Vazio}) \times \text{Consumo}/100$

[11] (Renault, 2011)

[12] Preço mais económico para o gasóleo no distrito de Lisboa, a 18 de Setembro de 2011 (DGEG, 2011)

[13] Custo por km = Custo combustível \times Consumo/100

3.3 Avaliação do Potencial de Difusão do VE na AML

3.3.1 Classificação dos Agregados Familiares

Uma vez gerada a população e calculados os atributos dependentes dos valores de mercado, atribuiu-se uma classificação a cada agregado familiar relativa à possibilidade de vir a adquirir um VE, tendo sido definidos cinco perfis:

Tabela 3.7 Classificação de agregados por perfil, consoante a viabilidade de adquirir um VE

Perfil 0	Agregados para os quais o VE é uma opção impossível
Perfil 1	Agregados para os quais o VE é uma opção quase impossível
Perfil 2	Agregados para os quais o VE é uma opção possível mas pouco realista
Perfil 3	Agregados para os quais o VE é uma opção possível e realista
Perfil 4	Agregados que reúnem as características ideais para adquirir um VE

O processo de classificação foi aplicado a cada indivíduo, correspondendo a classificação do agregado à classificação mais alta dos seus membros. A análise foi feita a nível do agregado e não do indivíduo por não ser expectável que uma família adquira mais do que um VE, ainda que seja uma opção viável para mais do que um membro da família.

Este processo foi repetido para cada um dos quatro cenários definidos (sem subsídios, quilómetro subsidiado, compra subsidiada, quilómetro e compra subsidiados).

Para fazer esta classificação recorreu-se a uma árvore de decisão. Uma árvore de decisão é uma ferramenta muito útil no processamento de dados, que permite decompor um problema complexo em sub-problemas mais simples. As árvores de classificação, como esta, servem para

classificar um objecto (o indivíduo) segundo um conjunto de classes pré-definidas (Perfil 0, 1, ...) com base nos seus atributos (*carta de condução, rendimento, ...*).

A árvore inicia-se com um atributo, a raiz (*carta de condução*). Deste atributo partem vários ramos (*dois*), correspondentes a cada um dos valores possíveis para o atributo (*sim/não*). A partir destes ramos alcança-se o novo atributo que se quer testar, a que se dá o nome de nó, e assim sucessivamente, até se atingir um nó terminal, chamado folha, que corresponde à classificação final (Rokach & Maimon, 2008).

Os critérios utilizados para definir esta árvore de decisão foram suportados pela revisão da literatura apresentada na secção 2.3 e são apresentados de seguida:

Para um indivíduo pertencer ao **Perfil 0** tem de possuir pelo menos uma das seguintes características:

- Não ter carta
- Não ter posto de carregamento nem em casa nem no emprego
 - Tendo posto apenas em casa
 - Distância diária > 100 km
 - Tempo de actividade > 16 h
 - Tendo posto apenas no emprego
 - Distância diária > 80 km
 - Tempo médio de permanência < 6 h
 - Tendo posto em ambos os sítios
 - Distância diária > 160 km
- Tendo apenas um carro
 - Viagens longas mensais > 4
 - Custo mensal do carro > 66% Rendimento agregado

Não pertencendo ao Perfil 0, um indivíduo pertencerá ao **Perfil 1** se possuir pelo menos uma das seguintes características:

- Rendimento agregado < 1000 €
- Custo mensal do carro > 50% Rendimento agregado
- Período de retorno > 15 anos
- Tendo apenas um carro
 - Viagens longas mensais $\in [1 - 4]$

Não pertencendo ao Perfil 1, um indivíduo pertencerá ao **Perfil 2** se possuir pelo menos uma das seguintes características:

- Custo mensal do carro > 35% Rendimento agregado
- Tendo apenas um carro
 - Viagens longas mensais = 0
- Estacionamento apenas no Emprego
- Período de retorno > 10 anos

Não pertencendo ao Perfil 2, um indivíduo pertencerá ao **Perfil 4** se reunir todas as características seguintes:

- Período Retorno < 7 anos
- Custo mensal do carro < 25% Rendimento agregado
- Modo de viagem diária = transporte individual
- Distância total diária
 - < 70 km se Estacionamento apenas em casa
 - < 140 km se Estacionamento em casa e no emprego

Um indivíduo que não reúna todas estas características, enquadra-se no **Perfil 3**.

Todos os indivíduos dos Perfis 3 e 4 têm carta de condução, um rendimento familiar superior a 1000 € mensais, estacionamento em casa e dois ou mais carros.

A tabela seguinte sintetiza as características dos indivíduos de cada perfil por forma a sistematizar os critérios de selecção dos agregados em função da probabilidade de considerarem o VE como elegível na sua próxima aquisição de automóvel particular.

Tabela 3.8 Características dos indivíduos de cada perfil

Perfil	Carta	Rendimento	Peso do carro no orçamento mensal	Período Retorno	NºCarros	Viagens Mensais	Est Casa	Est Emp	Dist Diária
0	S/N	> 0	≤ 100 %	> 0 anos	≥ 0	≥ 0	S/N	S/N	> 0
1	Sim	> 0	≤ 66 %	> 0 anos	≤ 1	1 a 4	Sim	Sim	< 160
					≥ 2	≥ 0	Sim	Não	< 100
							Não	Sim	< 80
2	Sim	> 1000 €	≤ 50 %	< 15 anos	≤ 1	0	Sim	Sim	< 160
					≥ 2	≥ 0	Sim	Não	< 100
							Não	Sim	< 80
3	Sim	> 1000 €	≤ 35 %	< 10 anos	≥ 2	≥ 0	Sim	Sim	< 160
							Não	Não	< 100
4	Sim	> 1000 €	≤ 25 %	< 7 anos	≥ 2	≥ 0	Sim	Sim	< 140
							Não	Não	< 70

Para uma melhor compreensão destes critérios, é apresentada uma representação gráfica da árvore de decisão:

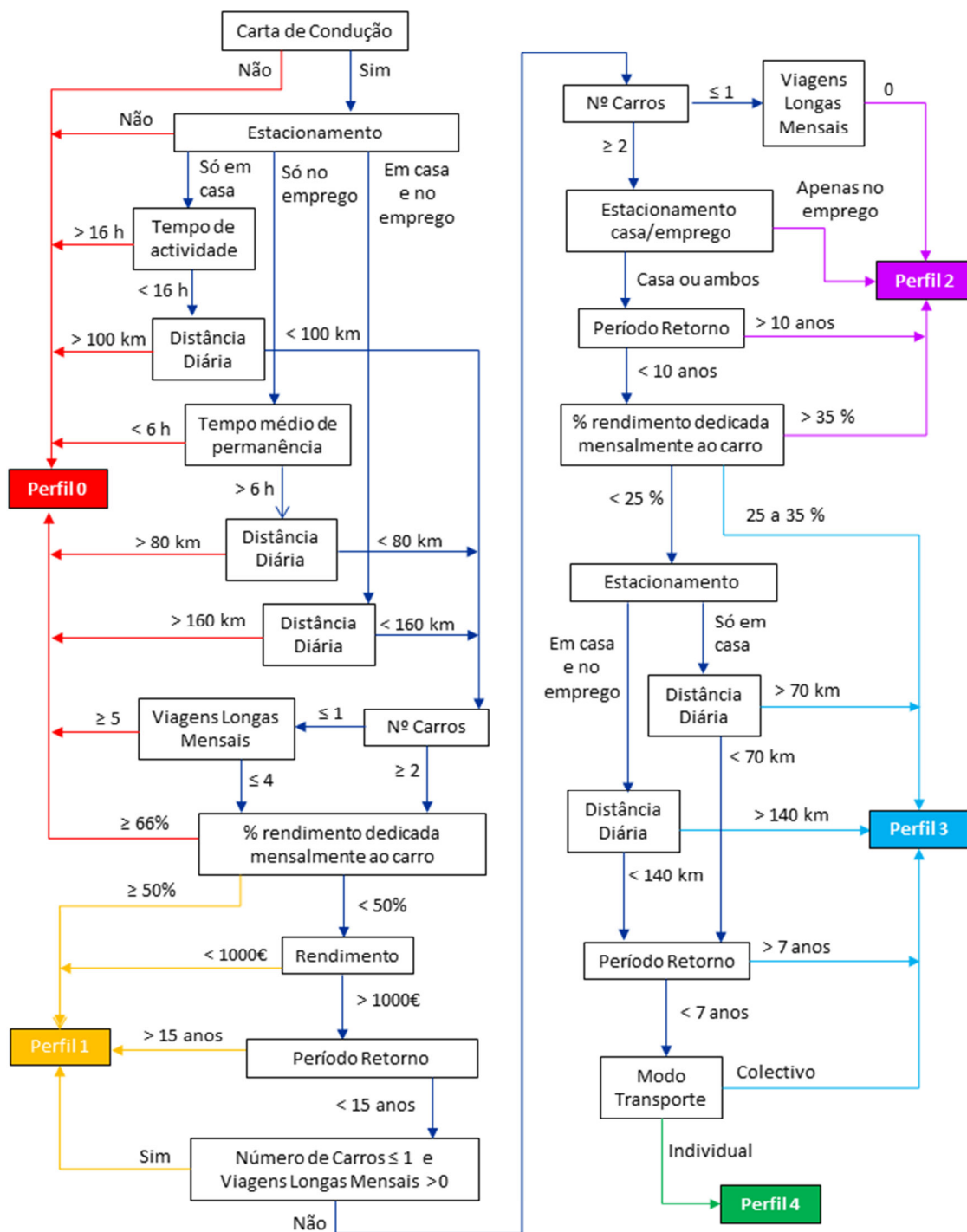


Figura 3.2 Árvore de decisão

3.3.2 Vendas Anuais de VE na AML

Considerou-se que seria importante fazer uma análise anual, que permitisse prever o número máximo expectável de VE vendidos na AML anualmente.

Assumindo que a venda de automóveis tem uma distribuição homogénea pela população, a probabilidade de um agregado adquirir um automóvel novo pode ser obtida dividindo o total anual de vendas de automóveis em Portugal pelo número total de agregados. De forma a atenuar o erro devido à variabilidade de vendas anuais, analisaram-se dados relativos aos últimos dez anos. Considerou-se como valor de referência a média das probabilidades para cada ano.

Tabela 3.9 Probabilidade anual de um agregado adquirir um veículo ligeiro

Ano	Vendas de Veículos Ligeiros e Todo-o-Terreno (ACAP, 2011)	Número total de famílias clássicas em Portugal (INE, 2011)	Probabilidade anual de uma família adquirir um automóvel
2001	260316	3556905	7,32%
2002	228574	3590218	6,37%
2003	192308	3676104	5,23%
2004	200241	3747595	5,34%
2005	206488	3785090	5,46%
2006	194702	3839279	5,07%
2007	201816	3852207	5,24%
2008	213389	3891699	5,48%
2009	161013	3925626	4,10%
2010	223464	3942216	5,67%
Probabilidade média de uma família adquirir um automóvel			5,53%

A probabilidade média anual de uma família adquirir um veículo ligeiro representa na prática a taxa de renovação anual da frota portuguesa. Uma taxa de renovação de 5,53% ao ano significa que demora cerca de 18 anos até que haja uma renovação total da frota.

Multiplicando este valor de probabilidade média pelo número de agregados de cada perfil, obtém-se o número de agregados de cada perfil que comprarão um carro novo a cada ano.

É importante ter em conta que o valor apresentado é apenas um valor médio. Estes cálculos baseiam-se na assumpção que a venda de veículos ligeiros é homogénea na população, independentemente das características socioeconómicas das famílias. Os agregados dos Perfis 3 e 4 são agregados que têm um nível de rendimento superior à média e que dão um uso intensivo ao carro. São por estas razões mais propensos a adquirir veículos novos, pelo que a taxa de renovação da frota neste grupo será certamente superior a 5,53 % ao ano. No entanto, não tendo dados que permitam estimar este valor, considerou-se satisfatório fazer uma análise tendo por base apenas os valores médios para a população.

Os agregados dos Perfis 3 e 4 têm dois ou mais carros. Assumindo que substituirão apenas um dos seus VCI por um VE, a proporção de aquisições de VE relativamente ao total de aquisições por parte destes agregados pode ser obtida dividindo o número total de agregados 3 e 4 pelo número total de carros possuídos por estes agregados. Assim, a probabilidade de o automóvel novo adquirido por estes agregados ser um VE é aproximadamente 43%.

Segundo este raciocínio, 43% das compras anuais de automóveis novos por parte dos agregados dos Perfis 3 e 4 corresponde ao número máximo de VE vendidos anualmente na AML. Dividindo este valor pelo número total de carros da AML (1 134 307, de acordo com o número total gerado na população sintética), obtém-se a taxa máxima de entrada anual de VE no parque automóvel da AML.

Assumindo que a venda de veículos ligeiros é homogénea entre as várias regiões do país, dependendo directamente do número de agregados, é possível calcular as vendas na AML. A proporção de agregados da AML (1 009 133, de acordo com a população sintética gerada) face ao total de agregados do país (3780694 – valor médio dos últimos dez anos) é equivalente à proporção de vendas na AML face às vendas totais do país (208231 – valor médio dos últimos dez anos). Os agregados familiares da AML representam 27% do número total de agregados do país, pelo que são vendidos, aproximadamente, 55 500 veículos ligeiros por ano, na AML.

Dividindo o número máximo de VE vendidos anualmente na AML pelo total de vendas, obtém-se a percentagem de vendas na AML que representam a aquisição de um VE.

Como já foi referido, os agregados dos Perfis 3 e 4 serão mais propensos a adquirir veículos novos que o resto da população. De forma a obter duas perspectivas futuras da difusão de VE na AML, uma em que a taxa de entrada de VE é subestimada (visão pessimista) e outra em que é sobrestimada (visão optimista), pôs-se a hipótese dos agregados dos Perfis 3 e 4 terem uma probabilidade anual de adquirir um veículo novo duas vezes superior à média nacional.

Para uma melhor compreensão do raciocínio seguido, os cálculos efectuados são apresentados de forma esquemática na Figura 3.3 e na Figura 3.4.

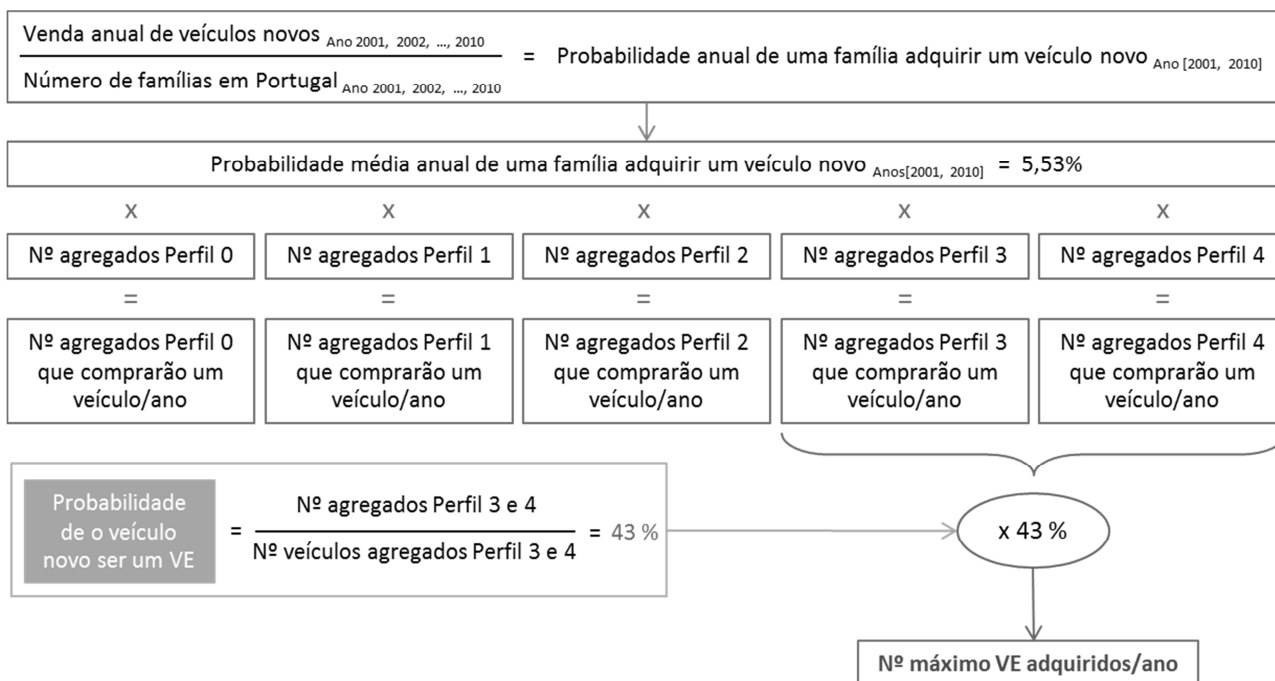


Figura 3.3 Esquema dos cálculos efectuados para determinar o nº máximo de VE adquiridos por ano

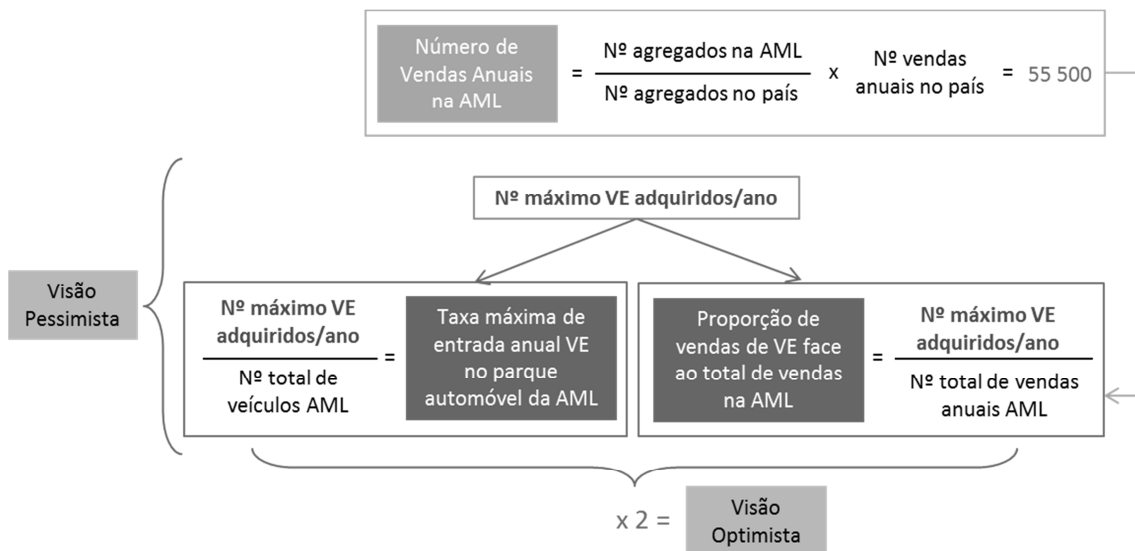


Figura 3.4 Esquema dos cálculos efectuados para determinar a taxa de entrada de VE na AML

3.3.3 Carácter Limitativo de Cada Atributo

Considerou-se que seria importante identificar na árvore de decisão quais os atributos mais limitativos. Identificando as características que mais limitam a difusão do VE, identificam-se também as áreas nas quais se deve investir para promover o VE. Fez-se então uma nova análise, onde foram encontradas as características que permitem de facto que um agregado se classifique no Perfil 3 ou 4:

Tabela 3.10 Critérios que possibilitam que um agregado se classifique nos Perfis 3 ou 4

Categoria		Atributo	Características
Possibilidade de Conduzir		Carta de Condução	Sim
Disponibilidade de Carregamento		Estacionamento em Casa	Sim
Autonomia	Uso Global do Carro	Número de Carros	> 1
	Dia a Dia	Distância Diária	< 100 km
Custos	Orçamento Familiar	Rendimento e Peso do carro no orçamento mensal	> 1000 € e < 35 %
	Rentabilidade do VE	Período de Retorno	< 10 anos

A distância diária pode ser um atributo limitativo, caso seja muito próxima da autonomia máxima do VE. Nesta análise procurava-se saber de forma genérica qual a percentagem de agregados para quem a autonomia constituía uma limitação nas deslocações diárias, sem ter em conta a disponibilidade de estacionamento. Optou-se por usar 100 km como valor máximo

para as deslocações diárias, o valor correspondente na árvore de decisão aos indivíduos que têm estacionamento apenas em casa.

Foi calculada a percentagem de agregados que, devido a cada uma destas características, não se classificam nos Perfis 3 e 4.

De forma a determinar o efeito de cada uma destas características sobre a classificação global dos agregados, foi feita uma análise que consistiu numa nova aplicação da árvore de decisão, à qual foi retirada os critérios directamente relacionados com a característica a analisar. Assim, para a disponibilidade de estacionamento, ignoraram-se os critérios relativos aos atributos *estacionamento em casa*, *estacionamento no emprego*, *tempo de actividade* e *tempo médio de permanência*. Para analisar o peso da autonomia, eliminaram-se os critérios associados aos atributos *distância diária*, *número de carros* e *viagens longas mensais*. Para analisar o efeito dos custos, fizeram-se duas análises, em que na primeira se eliminou apenas o *período de retorno*, e na segunda eliminou-se também os critérios relacionados com o rendimento do agregado, ou seja, o *peso do carro no orçamento mensal* e a condição *rendimento mensal > 1000€*.

3.4 Estimativa das Reduções Potenciais de Consumo Energético e Emissões

Para estimar as reduções esperadas no consumo de energia final e emissões atmosféricas resultantes da substituição de um VCI por um VE, é necessário conhecer as diferenças entre estes dois tipos de veículos.

A forma mais correcta de calcular estas diferenças é fazendo uma análise do poço-à-roda (traduzido do inglês, “*Well to Wheel*”), ou seja, considerar os consumos energéticos e emissões atmosféricas na produção e transporte de energia – fase poço-ao-depósito (“*Well to Tank*”) – e no uso dessa energia pelo veículo – fase depósito-à-roda (“*Tank to Wheel*”).

Para fazer esta análise, considerou-se que todos os agregados que se enquadram nos Perfis 3 ou 4, e apenas estes, substituiriam um dos seus VCI por um VE.

Foi então necessário calcular a distância média percorrida anualmente por indivíduos do Perfil 3 ou 4, para cada um dos cenários (sem subsídios, subsídio ao carregamento, subsídio à compra, compra e carregamento subsidiados), com base na distância total anual para cada agregado (encontrada anteriormente para o cálculo do Período de Retorno).

Multiplicando o número de agregados Perfil 3 ou 4 pela distância média anual percorrida, obtém-se o número total de quilómetros anuais que passarão a ser percorridos por um VE e não por um VCI. Multiplicando esta distância total pelas diferenças de consumo energético e de emissões atmosféricas (Tabela 3.11) obtêm-se as reduções esperadas.

Embora o VE produza poluentes como partículas e óxidos de enxofre, estas emissões ocorrem nas centrais geradoras de electricidade, onde não há uma exigência tão grande relativa à qualidade do ar. As emissões de poluentes do VCI, por outro lado, ocorrem maioritariamente em meio urbano, afectando directamente a qualidade do ar nas cidades e, como tal, prejudicam a saúde dos seus habitantes.

Tabela 3.11 Diferenças no consumo energético e emissões atmosféricas entre um VCI e um VE do poço-à-roda: adaptado de (Baptista, 2011)

Poço-ao-depósito						
	Energia (MJexp/MJ)	CO₂ (g/MJ)	HC (g/GJ)	CO (g/GJ)	PM (g/GJ)	NOx (g/GJ)
VCI (Diesel)	0,16	14	100	4,6	1,2	37
VE (Electricidade)	1,05	100	-	-	21	218

Depósito-à-roda						
	Energia (MJ/km)	CO₂ (g/km)	HC (g/km)	CO (g/km)	PM (g/km)	NOx (g/km)
VCI (Diesel)	1,96	146	0,05	0,5	0,020	0,21
VE (Electricidade)	0,6	0	0	0	0	0

Poço-à-roda						
	Energia (MJ/km)	CO₂ (g/km)	HC (g/km)	CO (g/km)	PM (g/km)	NOx (g/km)
VCI (Diesel)	2,27	150,4	0,081	0,501	0,020	0,222
VE (Electricidade)	1,23	63,4	0,000	0,000	0,013	0,137

Diferença	1,04	87,4	0,081	0,501	0,007	0,084
%	- 45,9%	- 58,1%	- 100,0%	- 100,0%	- 35,1%	- 38,0%

CO₂ – Dióxido de Carbono
HC – Hidrocarbonetos

CO – Monóxido de Carbono
PM – Partículas

NOx – Óxidos de Azoto

De forma a compreender melhor o significado destas reduções anuais, procuraram-se os valores totais nacionais de consumo de energia final e de emissões de CO₂:

- Consumo de energia final (2009): 18 055 859 tep (DGEG, 2010)
- Emissões totais CO₂ eq (2009): 74 583 000 t (Eurostat, 2011)

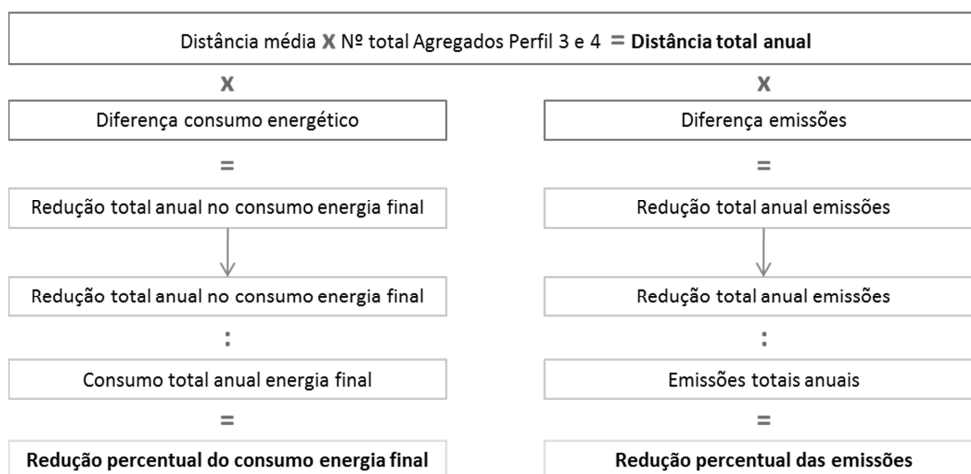


Figura 3.5 Esquema dos cálculos efectuados para determinar a reduções de consumo e emissões

4 Resultados

4.1 Avaliação do Potencial de Difusão do VE na AML

4.1.1 Classificação dos Agregados Familiares

Segundo o processo explicitado no ponto 3.3.1 (página 40), a aplicação da árvore de decisão à população permitiu atribuir uma classificação a cada agregado familiar da Área Metropolitana de Lisboa (AML). A distribuição dos agregados pelos cinco perfis definidos é observável na Tabela 4.1 e na Figura 4.1:

Tabela 4.1 Distribuição dos agregados pelos perfis, por cenário

		Perfil					
		Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	3 + 4
Valores Absolutos	Cenário 1	649 670	290 914	45 848	20 410	2 291	22 701
	Cenário 2	648 944	278 658	51 467	26 704	3 360	30 064
	Cenário 3	643 598	230 094	69 716	31 696	34 029	65 725
	Cenário 4	642 864	218 527	76 390	29 830	41 522	71 352
Valores Relativos	Cenário 1	64,4%	28,8%	4,5%	2,0%	0,2%	2,2%
	Cenário 2	64,3%	27,6%	5,1%	2,6%	0,3%	3,0%
	Cenário 3	63,8%	22,8%	6,9%	3,1%	3,4%	6,5%
	Cenário 4	63,7%	21,7%	7,6%	3,0%	4,1%	7,1%

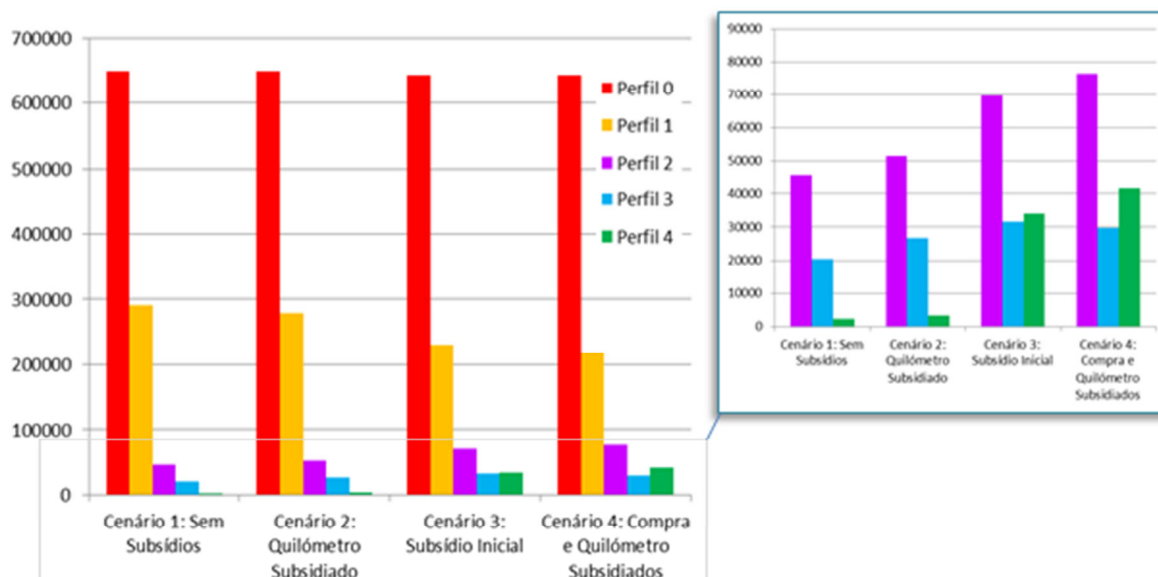


Figura 4.1 Distribuição dos agregados pelos perfis, por cenário

As diferenças entre os cenários 1 e 2 (2,2% e 3,0%), e entre os cenários 3 e 4 (6,5% e 7,1%) são relativamente pequenas, revelando que o facto de o quilómetro ser ou não subsidiado não tem uma influência significativa na classificação dos agregados. Por oposição, as diferenças

entre os cenários 1 e 3 e entre os cenários 2 e 4 são notórias, indicando que o subsídio inicial é um factor de grande peso na classificação dos agregados.

A distribuição dos agregados pelos perfis varia significativamente consoante o município. De forma a identificar facilmente os municípios mais aptos para a adopção do veículo eléctrico (VE), representou-se graficamente a soma dos agregados pertencentes aos Perfis 3 e 4 (Figura 4.2), em valores absolutos e relativos. Pelas razões apontadas no parágrafo anterior, optou-se por representar visualmente apenas os cenários extremos, 1 e 4. A informação completa relativa ao número de agregados em cada perfil por município, para cada cenário, encontra-se nas tabelas e figuras presentes no Apêndice II.

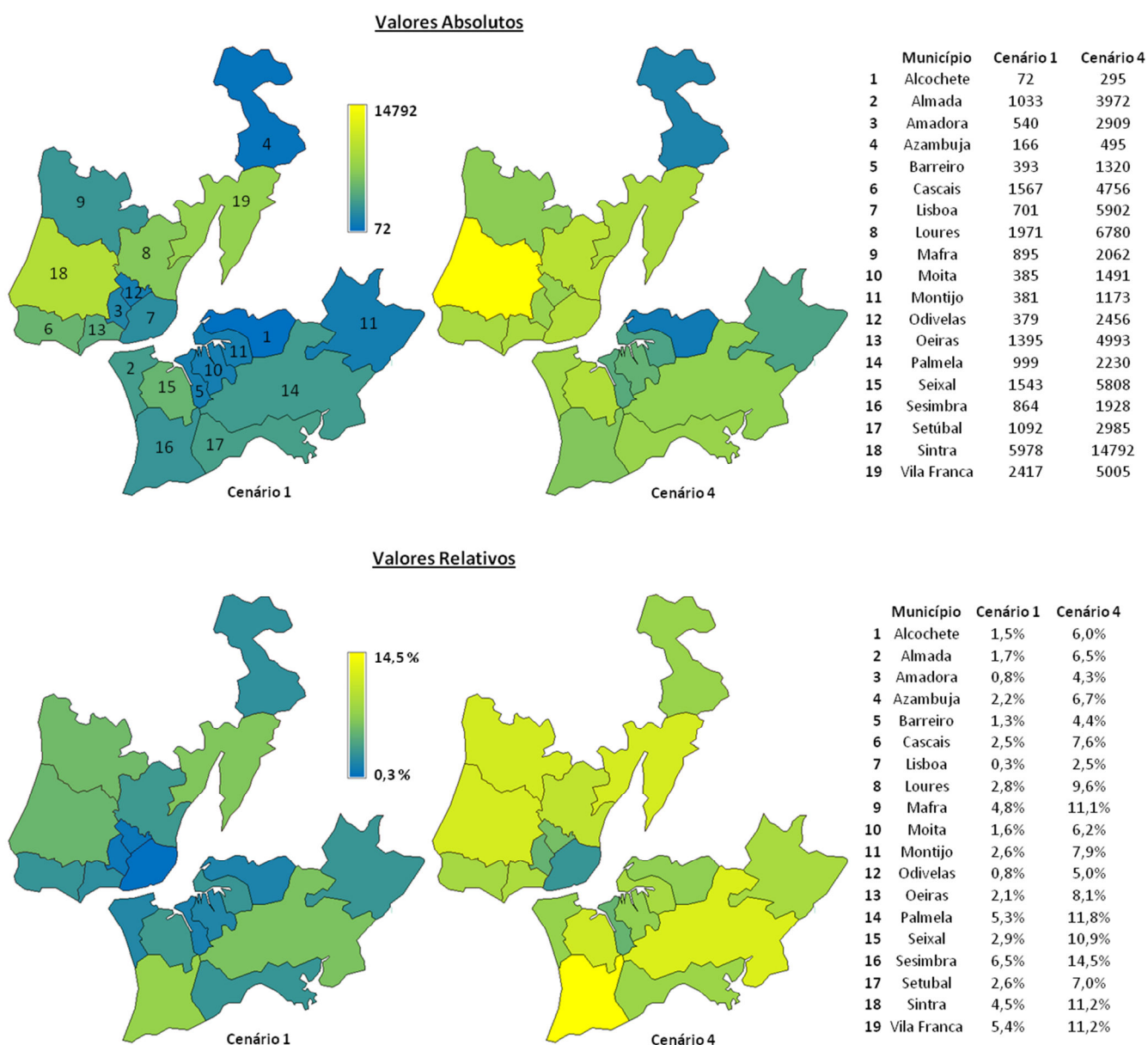


Figura 4.2 Número de agregados dos Perfis 3 e 4 por Município, para os cenários 1 e 4

Da observação da figura anterior, conclui-se que os municípios mais propícios à aquisição de VE são (municípios com mais de 1000 agregados do perfil 3+4, no cenário 1): na margem Norte, Sintra, Vila Franca de Xira, Loures, Oeiras, Cascais; e na margem Sul, Seixal, Setúbal, Almada e Palmela. Conclui-se que não são os residentes dos concelhos mais centrais da AML (exceptuando Almada) que poderão vir a aderir ao VE. Nos municípios mais externos, há uma maior probabilidade dos seus residentes percorrerem distâncias suficientemente longas para tornar o investimento no VE mais rentável (retorno mais rápido), embora inferiores a 100 km. Por outro, o edificado é mais recente, apresentando por isso uma maior probabilidade de carregamento em casa e no trabalho.

Esta conclusão é importante para avaliar a política seguida actualmente para a colocação dos postos de carregamento na via pública, que se concentra nos concelhos mais centrais da AML, nomeadamente em Lisboa. A colocação de postos de abastecimento no centro de Lisboa e zona Oriental (zonas de forte densidade de locais de trabalho) é consistente no sentido que poderá aumentar o potencial de agregados a optarem pelo VE se tiverem local de carregamento próximo do emprego se residirem fora de Lisboa e puderem carregar também na sua residência.

4.1.2 Vendas Anuais de VE na AML

Como indicado no ponto 3.3.2 (página 44), para estimar o número de vendas anuais de VE na AML, calculou-se primeiramente a probabilidade média anual de um agregado familiar adquirir um veículo ligeiro novo, com base nas informações de vendas dos últimos dez anos:

- Probabilidade média anual de uma família adquirir um veículo novo:

$$\text{Anos [2001,2010]} = 5,53\%$$

Tendo por base este valor de 5,53%, calculou-se o número de agregados em cada perfil que anualmente adquirirão um automóvel novo.

Tabela 4.2 Agregados em cada perfil que anualmente irão adquirir um carro novo

		Perfil					
		Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	3 + 4
Valores Absolutos	Cenário 1	35 912	16 081	2 534	1 128	126	1 254
	Cenário 2	35 872	15 403	2 845	1 476	185	1 661
	Cenário 3	35 577	12 719	3 853	1 752	1 881	3 633
	Cenário 4	35 536	12 079	4 222	1 648	2 295	3 943
Valores Relativos (em relação ao total de automóveis na AML: 1 134 307)	Cenário 1	3,17%	1,42%	0,22%	0,10%	0,01%	0,11%
	Cenário 2	3,16%	1,36%	0,25%	0,13%	0,02%	0,15%
	Cenário 3	3,14%	1,12%	0,34%	0,15%	0,17%	0,32%
	Cenário 4	3,13%	1,06%	0,37%	0,15%	0,20%	0,35%

Para estimar o número máximo de vendas anuais de VE na AML, considerou-se que 43% das compras dos agregados dos Perfis 3 e 4 correspondem a VE (tendo em conta que estes agregados possuem em média 2,33 carros, e apenas um deles será substituído por um VE).

Dividindo este número pelo número total de automóveis na AML (1 134 307, de acordo com o número total gerado na população), obtém-se a taxa máxima de entrada de VE no parque automóvel da AML. O rácio entre este valor e o número total de vendas anuais na AML representa portanto a percentagem de vendas anuais relativas a VE na AML.

Tabela 4.3 Difusão anual de VE na AML (visão pessimista)

	Nº máximo de vendas anuais de VE na AML	Proporção de vendas de VE na AML	Taxa de entrada anual de VE no parque da AML
Cenário 1	539	1,0%	0,05%
Cenário 2	714	1,3%	0,06%
Cenário 3	1562	2,8%	0,14%
Cenário 4	1696	3,1%	0,15%

É importante não esquecer que os valores apresentados são apenas valores médios. Estes cálculos baseiam-se na assumpção que a venda de veículos ligeiros é homogénea na população, independentemente das características socioeconómicas dos agregados familiares. Assim, não é tido em conta o facto dos agregados dos Perfis 3 e 4 serem propensos a adquirir veículos novos a uma taxa superior à média, nem são considerados possíveis efeitos que a existência de subsídios tenha sobre a predisposição para adquirir veículos novos.

De forma a incorporar uma visão mais optimista, considerou-se a hipótese de os agregados dos Perfis 3 e 4 terem uma probabilidade anual de adquirirem veículos novos duas vezes superior à média nacional, obtendo-se então os resultados apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 Difusão anual de VE na AML (visão optimista)

	Nº máximo de vendas anuais de VE na AML	Proporção de vendas de VE na AML	Taxa de entrada anual de VE no parque da AML
Cenário 1	1078	1,9%	0,10%
Cenário 2	1428	2,6%	0,13%
Cenário 3	3124	5,6%	0,28%
Cenário 4	3392	6,1%	0,30%

4.1.3 Carácter Limitativo de Cada Atributo

Para determinar o carácter limitativo de cada atributo, foi analisada a percentagem de agregados que não se classifica nos Perfis 3 ou 4 devido ao atributo em questão.

Tabela 4.5 Carácter limitativo de cada atributo

Categoria	Atributo	Características	Cenário	% de Agregados em que as Características se verificam			
				se verificam	não se verificam		
Possibilidade de Conduzir	Carta de Condução	Sim	Todos	86,6%	13,4%		
Disponibilidade de Carregamento	Estacionamento em Casa	Sim	Todos	37,4%	62,6%		
Autonomia	Uso Global do Carro	Número de Carros	> 1	Todos	31,0%	69,0%	
	Dia a Dia	Distância Diária	< 100 km	Todos	97,4%	2,6%	
Custos	Orçamento Familiar	Rendimento e Peso do carro no orçamento mensal	> 1000 €	1	63,9%	36,1%	
			e	2	64,0%	36,0%	
			< 35 %	3	64,9%	35,1%	
				4	65,0%	35,0%	
	Rentabilidade do VE	Período de Retorno	< 10 anos		1	24,8%	75,2%
					2	30,3%	69,7%
					3	58,3%	41,7%
					4	62,5%	37,5%

A disponibilidade de carregamento é um dos principais obstáculos à difusão do VE. Mais de 60% dos agregados não têm possibilidade de carregar o VE em casa, o que significa que, para terem um VE, teriam que estar dispostos a aceitar as limitações e a incerteza decorrentes de poderem carregar o automóvel apenas no emprego (se fosse esse o caso) ou nos postos de carregamento públicos. Este obstáculo só poderá ser superado quando existir uma rede de postos de carregamento públicos de tal forma extensa e densa que não exista essa incerteza. Se o sistema de carregamento fosse ubíquo, mantendo-se o resto das condições actuais, o VE seria uma opção viável para um número de agregados entre 6,5% e 18,3%, consoante a política de subsidiação.

Tabela 4.6 Comparação entre o nº total de agregados dos Perfis 3 e 4 incluindo ou não a disponibilidade de carregamento como critério na árvore de decisão

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Incluindo Disponibilidade de Carregamento	22 701	30 064	65 725	71 352
	2,2 %	3,0 %	6,5 %	7,1 %
Excluindo Disponibilidade de Carregamento	65 907	83 400	170 356	184 235
	6,5 %	8,3 %	16,9 %	18,3%

A autonomia do VE é uma das principais limitações deste tipo de automóvel. Embora seja suficiente para a maioria das deslocações diárias, dificulta grandemente o uso do carro em deslocações mais longas. Por esta razão considerou-se que o VE só é uma opção realista para quem tenha dois ou mais carros, utilizando assim o VE no dia-a-dia, e recorrendo ao segundo carro, um VCI, para outros usos, como viagens longas e transporte de grandes volumes. Este obstáculo poderá ser ultrapassado de duas formas:

1. Aluguer de VCI quando necessário: um agregado que praticamente não faça deslocações além das diárias, poderá alugar um VCI nas raras ocasiões em que necessita dele. Todo este processo implica uma certa mudança de atitude, pelo que esta solução terá sempre um alcance limitado a curto-médio prazo.
2. Desenvolvimento tecnológico: as limitações ao uso do carro impostas pela autonomia poderão diminuir através de
 - aumento da capacidade da bateria;
 - redução do tempo de carregamento nos postos rápidos;
 - aumento da cobertura destes postos de abastecimento.

Para que a autonomia do VE deixe realmente de constituir uma limitação, terá de haver um grande desenvolvimento nestes três factores.

Para analisar o efeito das limitações da autonomia na classificação global, pôs-se a hipótese da bateria ter uma autonomia suficientemente grande para não constituir uma limitação ao uso do carro, existindo uma rede de postos rápidos abrangente e bem distribuída. Assumindo esta hipótese, os critérios relacionados com a distância diária, número de carros e número de viagens longas por mês são eliminados da árvore de decisão, mas a disponibilidade de abastecimento continua a constituir um factor limitante.

Tabela 4.7 Comparação entre o nº total de agregados dos Perfis 3 e 4 incluindo ou não a autonomia como critério na árvore de decisão

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Incluindo Autonomia	22 701	30 064	65 725	71 352
	2,2 %	3,0 %	6,5 %	7,1 %
Excluindo Autonomia	51 455	64 663	130 089	141 669
	5,1%	6,4%	12,9%	14,0%

O custo do VE é em si mesmo um factor impeditivo para cerca de um terço da população da AML, mas é quando comparado com o custo de um VCI equivalente que se torna desvantajoso para a maioria dos agregados. Os cenários têm uma influência decisiva no cálculo do período de retorno: no Cenário 1 (sem subsídios), o número de agregados cujo período de retorno é superior a dez anos é mais do dobro do número equivalente para o Cenário 4 (compra e quilómetro subsidiados). Num cenário sem subsídios, mais de 75% dos agregados não percorrem distâncias diárias que permitam compensar o investimento em menos de dez anos. Mesmo num cenário em que a compra e o quilómetro são subsidiados, o período de retorno é impeditivo para 37,5% dos agregados. No entanto, com o desenvolvimento tecnológico e com a produção em massa de baterias e VE, é expectável que os custos do VE diminuam significativamente nos próximos anos.

O período de retorno é o parâmetro que leva a que os cenários tenham um efeito tão pronunciado na classificação total. Na Tabela 4.8 é apresentada uma comparação entre o número de agregados dos Perfis 3 e 4 para cada cenário, caso se se removeesse o período de retorno como critério da árvore de decisão:

Tabela 4.8 Comparação entre o nº total de agregados dos Perfis 3 e 4 incluindo ou não o período de retorno como critério na árvore de decisão

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Incluindo Período de Retorno	22 701	30 064	65 725	71 352
	2,2%	3,0%	6,5%	7,1%
Excluindo Período de Retorno	101 433	101 569	104 277	104 363
	10,1%	10,1%	10,3%	10,3%

Se não se tiver em conta nenhum critério relacionado directamente com o custo do VE, não havendo portanto cenários diferentes, o VE é uma opção possível para **10.4%** dos agregados familiares da AML.

A distância diária é um critério limitativo para uma percentagem reduzida da população, dado que são poucos os indivíduos que percorrem uma distância diária superior a 100 km. Ainda assim, a distância diária constitui um critério limitativo para uma percentagem de agregados da AML superior à calculada, dado que neste trabalho não foram tidas em conta as deslocações para fora da AML, deslocações essas que poderão mais facilmente atingir distâncias superiores a 100 km.

A Figura 4.3 resume os resultados apresentados acima e apresenta graficamente o número total de agregados classificados nos Perfis 3 e 4, por cenário, consoante a árvore de decisão (e respectivos atributos aplicados).

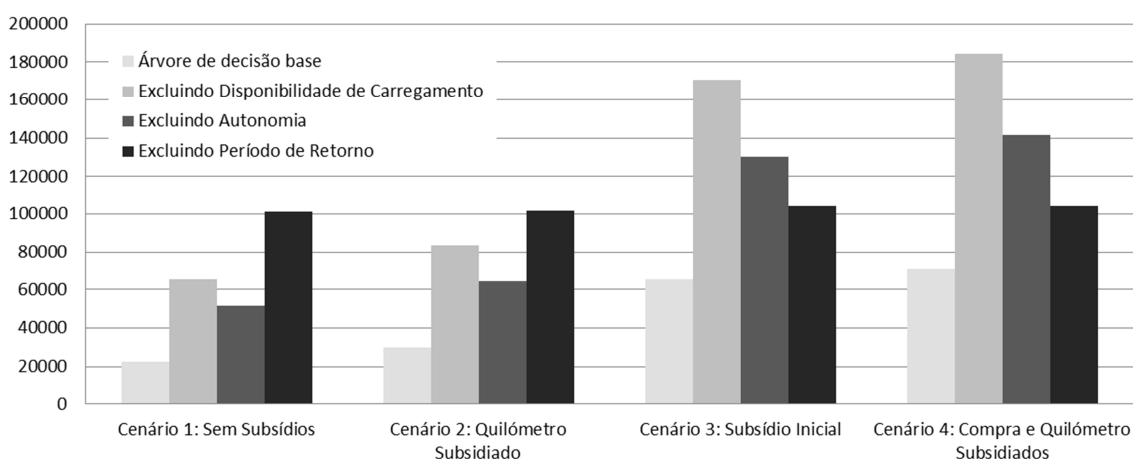


Figura 4.3 Comparação entre o nº total de agregados dos Perfis 3 e 4 incluindo ou não os atributos disponibilidade de carregamento, autonomia e período de retorno como critério na árvore de decisão

4.2 Estimativa das Reduções Potenciais de Consumo Energético e Emissões

Conforme indicado no ponto 3.4 (página 47), para estimar as reduções potenciais de consumo energético e de emissões atmosféricas, assumiu-se que todos os agregados dos Perfis 3 e 4, e apenas estes, substituiriam um dos VCI por um VE.

De forma a obter o número total de quilómetros que passarão a ser percorridos por VE por oposição a VCI, calculou-se a distância média anual percorrida pelos indivíduos dos Perfis 3 e 4, e multiplicou-se pelo número total de agregados pertencentes a esses perfis.

Os cenários considerados relacionam-se com os custos iniciais e de operação do VE, tendo assim uma influência directa no cálculo do período de retorno. Num cenário não subsidiado, a diferença entre os custos do VE e do VCI é mais acentuada, pelo que a aquisição só é economicamente compensadora a partir de uma distância anual mais elevada. Assim, neste contexto, o número de agregados que cumpre este requisito é menor, embora a distância média anual percorrida por eles seja maior.

Tabela 4.9 Distância anual média percorrida por um veículo de um agregado 3 ou 4

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Distância média anual (km)	24 131	22 164	15 504	14 614
Número de agregados	22 701	30 064	65 725	71 352
Distância total anual ('000 km)	547 786	666 336	1 019 000	1 042 758

Analisaram-se as diferenças por quilómetro entre um VCI e um VE relativamente ao consumo energético e emissões atmosféricas, numa análise do poço-à-roda. Multiplicando estas diferenças por quilómetro pelo número total de quilómetros percorridos anualmente por VE em vez de VCI, obtêm-se as reduções totais anuais (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 Reduções máximas esperadas no consumo energético e emissões atmosféricas

Redução Total Anual		Energia (GJ)	CO ₂ (ton)	HC (ton)	CO (ton)	PM (ton)	NO _x (ton)
		Cenário 1	571 670	47 871	44,6	274,7	3,9
	Cenário 2	695 389	58 231	54,2	334,1	4,8	56,1
	Cenário 3	1 063 429	89 051	82,9	511,0	7,3	85,9
	Cenário 4	1 088 223	91 127	84,8	522,9	7,5	87,9

CO₂ – Dióxido de Carbono

HC – Hidrocarbonetos

CO – Monóxido de Carbono

PM – Partículas

NO_x – Óxidos de Azoto

De forma a compreender melhor a significância destas reduções, analisou-se o peso da redução de consumo de energia final face ao total nacional, tendo sido feito o mesmo para as emissões de CO₂ (Tabela 4.11).

Tabela 4.11 Redução percentual máxima do consumo de energia final e emissões de CO₂ a nível nacional

		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Redução Anual Percentual	Consumo Energia Final	0,08%	0,09%	0,14%	0,14%
	Emissões CO ₂	0,06%	0,08%	0,12%	0,12%

Conclui-se que o impacto máximo da difusão do VE na AML (que concentra cerca de 25% da população nacional) no consumo energético e emissões carbónicas do País é reduzido. Contudo, comparando estes resultados, em termos absolutos, com as Medidas preconizadas no Programa Nacional para as Alterações Climáticas (Seixas and Alves, 2006), o impacto da entrada dos VE na AML (num ano) corresponderia a cerca de 57 kton o que equivale à redução obtida com a construção/expansão das redes de metros e metros de superfície nas áreas urbanas em Portugal.

5 Discussão

5.1 Implicações na formulação de políticas de transportes, energia e ambiente

Considerando que o veículo eléctrico é uma opção viável e realista para os agregados dos Perfis 3 e 4, o número de potenciais compradores por cenário é indicado na tabela seguinte

Tabela 5.1 Potenciais compradores de VE por cenário

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Perfis 3 + 4	22 701	30 064	65 725	71 352
	2,2%	3,0%	6,5%	7,1%

Verifica-se que os cenários têm uma grande influência na classificação dos agregados – a diferença entre o Cenário 4 (compra e quilómetro subsidiados) e o Cenário 1 (sem subsídios) é superior ao triplo, representando uma adição potencial de quase 50 000 VE. O subsídio inicial é o principal responsável por esta grande diferença. As diferenças entre os cenários 3 e 1 são muito acentuadas (4,3%), tal como as diferenças entre os cenários 4 e 2 (4,1%), por oposição às diferenças entre os cenários 2 e 1 (0,8%) e as diferenças entre os cenários 4 e 2 (0,6%), que são muito pequenas.

À luz destes dados, o subsídio à electricidade destinada aos veículos eléctricos seria pouco justificado, já que representa um investimento considerável com um efeito pouco significativo na adopção do VE.

Analisando os resultados por município (Figura 4.2), verifica-se que o município de Sintra é aquele com maior potencial de adopção de VE, em número total de carros, seguido pelos municípios de Loures e Vila Franca de Xira. Em municípios onde as distâncias diárias são relativamente curtas, a introdução de subsídios provoca uma alteração mais significativa na classificação dos agregados. Em termos relativos, destacam-se os municípios de Sesimbra, Palmela e Mafra. O município de Lisboa é, em termos relativos, o município menos apto a adoptar o VE, mas dado que é o município mais populoso (Tabela 2.3), em termos absolutos representa uma porção importante dos potenciais compradores de VE na AML.

Embora o município de Lisboa não seja dos municípios mais aptos a adoptar o VE, deve ser um dos grandes focos de instalação de pontos de carregamento, visto receber muitos trabalhadores vindos de outros municípios (Figura 2.5). Mais de 40% dos trabalhadores nos municípios da Amadora, Oeiras e Palmela têm residência noutros municípios, pelo que a instalação de pontos de carregamento nestes municípios também deve ser considerada.

Ao ser feita uma análise do carácter limitativo de cada atributo considerado na árvore de decisão, identifica-se as áreas onde se deverá intervir no sentido de potenciar a difusão do VE. Na Tabela 4.5 é observável que as características que constituem o maior obstáculo à penetração do VE no mercado são a disponibilidade de carregamento (representada pelo estacionamento residencial), a autonomia limitada (que leva à necessidade um segundo carro) e a rentabilidade do VE, especialmente na ausência do subsídio inicial de 5000€.

Para avaliar a disponibilidade de carregamento, considerou-se que todas as famílias que têm um lugar de estacionamento residencial atribuído têm a capacidade de carregar o carro, condição que não se verifica necessariamente, visto que para a maioria dos casos a instalação de um posto de carregamento está dependente da aprovação do condomínio. Ainda assim, a disponibilidade de carregamento limita 62,6% dos agregados. Se o problema do carregamento fosse eliminado, ou seja, se a rede de postos de abastecimento fosse de tal forma ubíqua que a possibilidade de carregar o carro estivesse sempre assegurada, o VE seria uma opção viável para um número de agregados entre 65 907 (6,5%) e 184 235 (18,3%), consoante o cenário de subsídio. Admitindo que 37,4% destes agregados carregariam o carro em casa (Tabela 4.5), num posto de carregamento cuja responsabilidade de instalação seria exclusiva dos agregados ou condomínios, seria necessário instalar na via pública pelo menos um número de pontos de carregamento igual a 62,6% do número de VE em circulação. Admitindo um custo de instalação de 5000€/posto de carregamento (Costa & Moura, 2011), seria necessário um investimento entre 206 e 577 M€. Sendo este investimento de tão grandes dimensões, não será expectável que a disponibilidade de carregamento deixe de constituir uma limitação severa enquanto não houver um desenvolvimento tecnológico que permita carregar a bateria de forma rápida ou sem necessidade de um suporte físico.

A autonomia do carro constitui uma limitação severa para 69% dos agregados, visto que apenas 31% das famílias têm mais do que um carro, permitindo compensar as limitações do VE. Apesar de serem esperadas evoluções significativas nas capacidades das baterias, não é expectável a médio prazo que este desenvolvimento seja tal que a autonomia do veículo deixe de constituir uma limitação severa. Sendo uma limitação tecnológica, a solução deverá ser tecnológica também. No entanto, esta limitação poderá ser contornada através de uma mudança de atitudes e comportamentos por parte do consumidor. Para agregados que possuem apenas um VE, as suas limitações poderão ser compensadas através do aluguer de VCI quando necessário. De forma a potenciar esta opção, deverá ocorrer uma agilização do mercado de aluguer de viaturas, facilitando os alugueres de curta duração. Deverá também existir uma campanha de sensibilização, de forma a modificar a forma como o automóvel é encarado: por oposição à visão tradicional, em que o carro é considerado uma propriedade, o carro deverá ser visto como uma das várias opções de serviços de mobilidade a que cada cidadão poderá recorrer quando mais apropriado para a deslocação que irá realizar.

O custo do VE é um dos factores mais limitativos, e a existência de subsídios aumenta significativamente o número de agregados dispostos a adquirir um VE. No entanto, é também a limitação para a qual se espera uma solução num prazo mais curto. Com os desenvolvimentos tecnológicos e com a massificação da produção, é expectável que os preços diminuam consideravelmente – as expectativas para 2020 apontam para uma redução superior a 50% no preço das baterias, o componente mais caro do VE (The Boston Consulting Group, 2010). É importante notar que, ainda que o custo do VE não constituísse uma limitação – o que poderia ser alcançado por uma descida dos preços ou por uma subsídio agressiva – o VE seria viável apenas para 10,4% dos agregados da AML, devido às restantes limitações, cujo carácter é mais tecnológico do que financeiro. Assim, embora os subsídios possam ser importantes para incentivar a compra e promover a penetração do VE no mercado numa fase inicial, o alcance da subsídio é limitado.

Embora o VE apresente vantagens relativamente ao consumo energético e às emissões atmosféricas comparativamente ao VCI, essas vantagens não são tão grandes como o anunciado, porque esta comparação é normalmente feita de forma limitada. Numa comparação da prestação na fase depósito-para-a-roda, o VE é claramente o vencedor – não tem emissões atmosféricas e tem uma eficiência energética muito superior. No entanto, ocorrem gastos consideráveis na fase de produção e transporte de energia, que é necessário ter conta. Assim, numa comparação VE vs VCI em todas as fases do consumo energético – do poço-à-roda – o VE é superior em todos os aspectos, mas é uma vantagem relativamente pequena (Tabela 3.11). Para se fazer uma comparação completa entre o VE e o VCI deveria ser feita uma análise de ciclo de vida, contabilizando todos os custos económicos e ambientais desde a fase de construção do carro até ao seu abate. No entanto uma comparação a esse nível está fora do âmbito desta dissertação.

Tendo em conta as vantagens limitadas do VE e o número reduzido de VE em circulação mesmo nos cenários mais favoráveis, as reduções totais resultantes da transferência dos VCI para VE são pouco significativas. Admitindo que todos os agregados para quem o VE é uma opção viável substituem um dos seus VCI por um VE, a redução a nível nacional de consumo de energia final a nível nacional situa-se entre 0,08% e 0,14%, consoante o cenário considerado, e a redução de emissões de CO₂ situa-se entre 0,06% e 0,12%.

O VE apresenta um custo de utilização menor que o VCI, pelo que é possível que ocorra um aumento do uso do carro aquando da transferência para esta tecnologia mais eficiente, levando a que as reduções reais sejam menos significativas que as apresentadas.

Os veículos eléctricos contribuem para a mitigação do problema do consumo energético, poluição atmosférica e emissões de gases de efeito estufa. Mas não são uma solução para outros problemas graves causados pelo transporte individual: congestionamento, sinistralidade, consumo do espaço das cidades para estacionamento e para vias de circulação (Gärling & Thøgersen, 2001).

Numa fase mais avançada, e especialmente com a introdução do sistema V2G, os veículos eléctricos poderão contribuir para uma utilização mais eficiente da energia eléctrica, diminuir a necessidade de sistemas alternativos de suporte à distribuição e tornar a rede eléctrica mais segura (Kley, Lerch, & Dallinger, 2011).

Análise de um cenário possível em 2020

Este exercício pretende criar uma imagem possível para 2020, com o objectivo de analisar os investimentos feitos e o retorno resultante a nível de consumo energético e de emissões. O objectivo não é fazer uma análise rigorosa, mas sim elaborar alguns cálculos que permitam dar uma noção geral do significado dos investimentos necessários para a difusão do VE. É importante lembrar que esta projecção se baseia nas condições actuais, não tendo sido considerados eventuais desenvolvimentos tecnológicos e reduções do preço do VE que tornariam o cenário em 2020 mais favorável do que o apresentado.

Embora se tenha considerado, para os cenários 3 e 4, a existência de um subsídio à compra de 5000€ para todas as aquisições de VE, na realidade este subsídio está previsto apenas para

os primeiros 5000 VE vendidos (MOBI.E, 2010). Foi então assumido que existiria um subsídio de 5000€ para as primeiras 5000 aquisições, e o quilómetro seria subsidiado em 0,0075 €/km:

- [custo médio do km não-subsidiado] – [custo médio do km subsidiado]
= 0,0130 €/km - 0,0055 €/km = 0,0075 €/km

Assim, para analisar o número de VE existentes em 2020 considerou-se um misto dos cenários 2 e 4. Assumindo que os agregados que beneficiariam do subsídio seriam apenas agregados da AML que de outra forma não comprariam um VE, o número total de agregados para quem o VE é possível será dado por 30 064 (número de agregados dos perfis 3 + 4 no cenário 2) + 5000 = 36 564.

No ponto 4.1.2 (página 51) é observável que o número de vendas anuais de VE é muito reduzido mesmo nos cenários mais favoráveis, levando a uma taxa anual de penetração de VE no parque automóvel muito baixa. Sendo o objectivo deste exercício em particular criar um cenário optimista, admitiu-se que a probabilidade anual de os agregados 3 e 4 adquirirem um veículo novo é duas vezes superior à média, ou seja, é de 11,06%. Com base neste valor, no número de compradores potenciais de VE (36 564), e na probabilidade de uma compra por parte destes agregados representar um VE (43%), obtém-se o número de VE vendidos anualmente na AML: 1666. Admitindo que este ritmo de aquisições se inicia em 2012 e se mantém constante ao longo dos próximos anos, e admitindo também que nenhum dos VE adquiridos é enviado para abate, no final de 2020 estarão em circulação na AML 14 944 VE.

Com base nas distâncias médias anuais percorridas pelos 30 064 indivíduos do Cenário 2 e pelos 5000 indivíduos com características do Cenário 4, é possível calcular as distâncias totais percorridas em cada ano. No final de 2020, estes VE terão percorrido 1360M km.

Segundo este número de quilómetros e as diferenças VE vs VCI por quilómetro, de 2012 até 2020 terá havido uma redução total de:

- Consumo de energia final 33 774 tep
- Emissões de CO₂ 118 864 toneladas

O investimento necessário para estes 15 000 VE estarem em circulação resulta de:

- *Subsídio à compra + Subsídio ao quilómetro + Perda de receita fiscal resultante da isenção de ISV + IUC + Implementação da rede de carregamento + Gastos em investigação e divulgação do VE*

O subsídio à compra no valor de 5000€ é destinado às primeiras 5000 aquisições. O subsídio por quilómetro, no valor de 0,0075 €/km, destina-se aos 1360 M km percorridos.

Através do Simulador do Cálculo do Imposto Sobre Veículos 2011, (DGAIEC, 2011), calculou-se o ISV para diversos VCI de gamas equivalentes ao Nissan Leaf. Com base nestes valores, assumiu-se um ISV para um VE no valor de 1000€.

Para calcular o Imposto Único de Circulação utilizou-se como referência um veículo com cilindrada entre 1250 e 1750 cm³, emissões de CO₂ inferiores a 120 g/km e o ano de 2011, obtendo assim um valor anual de 155€ (Imposto Sobre Veículos, 2011).

Assumiu-se que seriam instalados 500 postos de carregamento na AML, a um custo de 5000 €/posto (Costa & Moura, 2011).

Segundo estes cálculos, o investimento total seria aproximadamente de:

- 25 M€ + 10,1 M€ + 15 M€ + 11,6 M€ + 2,5 M€ + gastos em investigação e campanhas de divulgação e promoção do VE (não contabilizados) ≈ **65 M€**

Assim, com um investimento superior a 65 M€, existiriam 15 000 VE em circulação em 2020, permitindo alcançar ao fim de nove anos uma redução no consumo de energia final de 34 ktep, o que representa aproximadamente 0,5% da energia final consumida pelo sector dos transportes anualmente (DGEG, 2010).

A título comparativo, o custo de construção de um quilómetro de linha do Metropolitano de Lisboa situa-se entre os 30 e os 40 M€ (sem incluir custos de manutenção e operação). Aplicando o dinheiro investido no VE à expansão do metro, seria possível acrescentar entre 1 e 2 km à rede actual, com 40 km de extensão.

Para uma melhor compreensão do raciocínio seguido, os cálculos efectuados para determinar o investimento até 2020 são apresentados de forma esquemática na Figura 5.1.

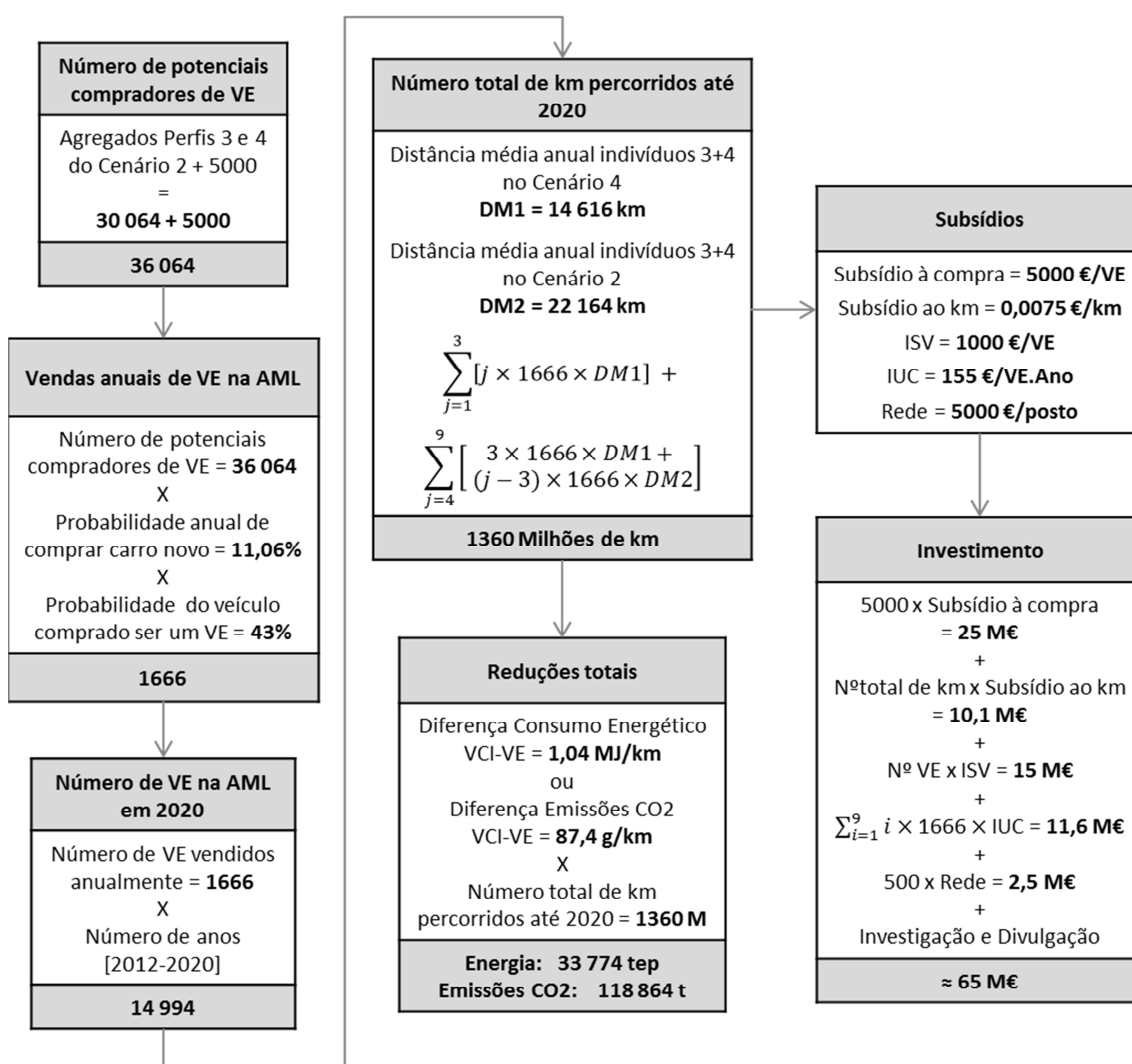


Figura 5.1 Esquema dos cálculos efectuados para determinar o investimento até 2020

Dado que:

- as vantagens do VE a nível de consumo energético e de emissões atmosféricas não são tão significativas quanto o desejável;
- parte dos problemas decorrentes do uso do transporte individual – congestionamento, sinistralidade, consumo de espaço urbano – não são resolvidos nem atenuados pelo VE;
- pode até haver um agravamento destes problemas devido a um aumento do uso do transporte individual, resultante do facto do VE ter custos de operação mais baixos e de ser percebido como uma solução de mobilidade de baixo impacte ambiental;
- as vantagens do VE na regulação da rede eléctrica só se farão sentir numa fase mais avançada, em que o sistema V2G esteja desenvolvido e os VE tenham uma presença forte no mercado;
- o investimento necessário para que mesmo um número relativamente pequeno de VE entre no mercado é um investimento considerável,

deverá ser feita uma análise global para avaliar se não seria mais vantajoso investir noutras opções de mobilidade urbana, com um maior retorno a nível ambiental, económico e social.

Com o aumento da escassez do petróleo e conseqüente aumento do preço, aliado a metas ambientais cada vez mais restritas, é expectável que se assista a uma electrificação crescente do sistema de transportes. Embora o aumento do preço do petróleo conduza também a um aumento do preço da electricidade, este aumento é mais significativo no preço dos combustíveis fósseis. Assim, com a descida de preço do VE devido às evoluções tecnológicas e massificação da produção e com o aumento relativo do preço dos combustíveis fósseis, o VE terá tendência para se tornar cada vez mais rentável a nível económico.

Segundo os cálculos apresentados para um cenário em 2020, a implementação da rede de carregamento é a parcela mais pequena do investimento total, e continuaria a ser mesmo que a rede fosse quadruplicada, para um total de 2000 pontos de carregamento na AML. Não contando com os gastos investidos em investigação e divulgação do VE, o investimento na rede de carregamento é a única parcela que se destina a possibilitar e facilitar o uso do VE, por oposição às restantes, que se destinam a aumentar a competitividade económica do VE. Dado que a rentabilidade do VE é a única limitação que terá tendência a resolver-se naturalmente, com a evolução do mercado, o investimento poderá ser melhor aplicado noutros usos.

A existência de uma rede de carregamento desenvolvida permite reduzir a ansiedade dos utilizadores de VE, e serve também de promoção ao próprio VE. Se for razoavelmente extensa poderá até servir para indivíduos que não tenham possibilidade de carregar o veículo em casa e estejam dispostos a aceitar o risco de dependerem de um sistema público. A instalação de postos de carregamento rápido em lugares estratégicos será importante para que a autonomia constitua uma limitação menos grave.

Dada a importância de poder carregar o carro em casa, deveria ser criado um mecanismo de apoio aos condomínios para a instalação de pontos de carregamento.

No estudo “*New business models for electric cars—A holistic approach*” (Kley, Lerch, & Dallinger, 2011), a introdução do veículo eléctrico no mercado é apresentada como um desafio que traz a oportunidade para novos modelos de negócio, mais orientados para a prestação de serviços, por oposição aos modelos de negócio tradicionais, centrados no produto.

O sistema V2G e o aproveitamento das baterias velhas para armazenamento de energia são duas abordagens sugeridas no sentido de aumentar a rentabilidade económica do VE.

A nível de mobilidade e aceitação por parte da população, também são sugeridas várias alternativas que, a serem implementadas, permitiriam um aumento simultâneo da difusão do VE e da eficiência do sistema de mobilidade. O VE poderá impulsionar serviços como a partilha de carros e a intermodalidade. Para contornar as limitações da autonomia da bateria, os automóveis deverão integrar no seu sistema de navegação a possibilidade de informar o condutor dos pontos de carregamento disponíveis na proximidade. Um sistema de aluguer de VCI deverá ser disponibilizado ao utilizador, permitindo colmatar as limitações do VE.

O modelo de negócio no mercado do carro eléctrico deixa espaço para a inovação e diversidade. Ao contrário do Nissan Leaf, cujo preço de compra inclui a bateria, nos veículos eléctricos da Renault, por exemplo, a bateria será alugada, sendo paga mensalmente. A venda dos VE Renault será ainda acompanhada de um serviço de aluguer de VCI com condições especiais e facilitadas. Além disso, está previsto para o próximo ano o lançamento de veículos eléctricos de várias gamas diferentes, colmatando assim a limitação do mercado de VE (Renault, 2011).

5.2 Limitações da dissertação

Durante a execução desta dissertação foram encontrados diversos problemas, cuja resolução obrigou a certos compromissos que, inevitavelmente, afectam a qualidade dos resultados finais. Em particular, a falta de dados suficientemente detalhados e completos foi um obstáculo recorrente em diversas fases da investigação.

Seleccção das diferenças VE vs VCI que influenciam a escolha do automóvel

O objectivo desta dissertação era identificar os agregados familiares para quem o veículo eléctrico (VE) é uma opção viável, ou seja, aqueles que incluiriam o VE no seu *Conjunto de Alternativas Realista* (Figura 2.1). Foi então necessário identificar as diferenças entre o VE e o VCI que servem de base para formar as regras simples não-compensatórias que reduzem o *Conjunto de Alternativas Universal* ao *Conjunto de Alternativas Realista* (Mueller & Haan, 2008).

Embora na literatura sejam referidas várias diferenças entre o VE e o VCI que influenciam a compra do automóvel, não é feita uma distinção clara entre as características que constituem obstáculos incontornáveis e as que constituem desvantagens a serem pesadas em conjunto com as restantes características de forma a seleccionar a melhor opção.

Seleccionaram-se como relevantes as diferenças relativas aos custos (iniciais, de operação e de manutenção), à autonomia e ao sistema de carregamento (disponibilidade física e temporal), dado que são estas as mais referidas como barreiras à difusão do VE.

A exclusão de variáveis como a potência ou a resistência à mudança enquanto factores decisivos leva a que o número de agregados para quem o VE é uma opção viável seja sobrestimado.

No mercado actual a oferta de VE é reduzida, estando apenas disponíveis essencialmente veículos de pequena ou média dimensão. A necessidade de um carro de grandes dimensões pode ser um requisito imperativo, pelo que a dimensão deveria ser incluída nas diferenças relevantes entre o VE e o VCI. No entanto, a falta de dados relativa às necessidades especiais de transportes (de pessoas com deficiências motoras ou de volumes de grande dimensão) e ao tipo de veículos possuídos pelo agregado torna impossível a inclusão da variável dimensão na análise. A distorção dos resultados decorrentes desta exclusão não é tão grande como seria expectável, visto que o VE é uma opção realmente viável apenas para os agregados com dois ou mais carros, e as necessidades específicas de carros de grandes dimensões são menores para o segundo carro (Gärling & Thøgersen, 2001).

Seleccção dos atributos individuais e do agregado que influenciam a escolha do automóvel

A falta de referências na literatura constituiu um obstáculo à realização desta etapa. Os estudos (Mueller & Haan, 2008) e (Choo & Mokhtarian, 2003) referem características individuais e familiares que influenciam a compra do automóvel, mas não sendo estudos relativos ao VE não consideram características exclusivas destes veículos importantes no processo de compra.

Procurou-se identificar de que forma as diferenças seleccionadas como relevantes influenciam o uso do carro, e conseqüentemente que atributos individuais condicionam ou são condicionados por esse uso. Com base nestas informações, nos dados disponíveis na literatura e nas respostas aos inquéritos de mobilidade, definiu-se a lista de atributos com influência na compra do automóvel (página 28).

A lista foi depois reduzida, de forma a seleccionar apenas os atributos que têm uma influência directa, objectiva e quantificável na decisão de compra do carro, sem recorrer a um inquérito de preferências declaradas. A análise da relação entre os vários atributos realizada através de redes neuronais contribuiu para fazer uma selecção mais rigorosa e objectiva dos atributos que influenciam o uso do carro e a decisão no momento de compra de um carro novo.

Definição das regras para cada atributo e geração da população

De forma a definir regras para todos os atributos seleccionados, foi necessário recorrer a informações estatísticas de anos diversos (Tabela 3.3), entre 2001 e 2010, o que significa assumir implicitamente que não houve alterações na caracterização da AML ao longo dos últimos dez anos.

Para determinar se o indivíduo tem carta de condução e o seu número de viagens longas mensais, foram utilizados dados referentes ao país inteiro, o que significa que se assume implicitamente que, relativamente a estes atributos, o país tem um comportamento homogéneo e como tal não há diferenças entre a AML e o restante território nacional.

A falta de dados relativa a alguns atributos (como as necessidades especiais de transportes) levou a que características que poderiam influenciar a escolha do automóvel fossem ignoradas (como a dimensão do veículo).

Os inquéritos de mobilidade SOTUR e SCUSSE constituíram a base para a definição da maioria das regras de definição dos atributos. Embora estes inquéritos sejam o resultado de um trabalho extenso, a dimensão amostral é ainda assim relativamente pequena, o que pode levar à sobre-representação/sub-representação de determinados grupos.

O facto de a amostra ser reduzida impediu que fosse feita uma grande desagregação da informação. Assim, foi necessário reduzir o número de variáveis explicativas para cada atributo, encontrando um compromisso entre a perda de informação decorrente da eliminação de variáveis e a perda de significância estatística decorrente da inclusão de muitas variáveis. O rendimento individual foi uma das variáveis mais afectada por esta falta de dados.

Estes inquéritos de mobilidade não tinham como objectivo específico servir de base para estudos relacionados com o VE, pelo que não incluem perguntas pertinentes relativas à mobilidade eléctrica.

Cenários considerados

Na definição dos cenários relativos às políticas de financiamento, foram considerados apenas quatro cenários tendo em conta a existência de subsídio à compra e ao abastecimento. Não foram considerados os efeitos da isenção de ISV e IUC.

Atributos dependentes dos preços de mercado

Para calcular o período de retorno decorrente do investimento num VE por oposição a um VCI, foram assumidos valores específicos para os preços do VE e do VCI, com base no Nissan Leaf e no Renault Mégane Berlina, respectivamente. Embora o cálculo do período de retorno só faça sentido comparando duas alternativas equivalentes, ao utilizar valores específicos está-se a assumir que, no momento da compra, todos os agregados considerariam um carro de uma gama equivalente ao Renault Mégane Berlina.

Nesta dissertação é feita uma análise estática à problemática do veículo eléctrico. Embora sejam considerados quatro cenários de políticas de financiamento, não são consideradas possíveis evoluções da população ou das condições tecnológicas do VE. Assim, os cálculos do período de retorno e do peso do automóvel no orçamento mensal familiar são estáticos no tempo, não tendo em conta as taxas de inflação e de depreciação.

Classificação dos Agregados

O processo de definição dos critérios da árvore de decisão teve em conta as limitações do VE consideradas relevantes, e a forma como elas condicionam o uso dado ao automóvel.

Uma das limitações da árvore de decisão é considerar que todos os agregados que têm um lugar de estacionamento residencial designado têm também capacidade de carregar a bateria do VE. Para aqueles agregados que possuem uma vivenda ou uma garagem individual, a instalação de um sistema de carregamento é um processo fácil, mas para aqueles cujo lugar de estacionamento se enquadra num espaço pertencente ao condomínio, o processo pode enfrentar diversos obstáculos. No Estudo de Mercado Mobi.E Condomínio.E (ADENE,2010) dois terços dos inquiridos indicam que para instalar um posto de carregamento seria necessária decisão/aprovação do condomínio. Para 75% dos inquiridos, a existência de um ponto de carregamento em estacionamento do edifício constitui um incentivo (ainda que moderado) à compra de um VE.

A distância diária máxima aceitável, isto é, a distância máxima diária que um indivíduo por percorrer num VE com um conforto apropriado, é um factor discutível. Por um lado, a autonomia anunciada do Nissan Leaf é de 175 km em condições ideais. Contudo, a temperaturas baixas a performance do carro é pior e a temperaturas muito elevadas haverá tendência para ligar o ar condicionado, o que, juntamente com todos os equipamentos electrónicos, consome energia, diminuindo a autonomia da bateria. Assim, tendo em conta que a operação nem sempre ocorre em condições óptimas, optou-se por assumir o valor de 100 km como a distância máxima diária aceitável. Para os indivíduos que apenas podem carregar o carro no emprego, considerou-se uma distância máxima inferior (80 km), visto que, em princípio, o tempo passado no emprego é inferior ao passado em casa, podendo não ser suficiente para carregar a bateria na sua totalidade.

O período de retorno é um critério relativamente subjectivo da árvore de decisão, dado que o número de anos aceitável para o retorno do investimento varia consoante a pessoa. Além disso, tanto o período de retorno como o peso mensal do carro no orçamento familiar enquanto critérios, partem do pressuposto de que os agregados abordam a compra de um automóvel de uma forma totalmente racional, fazendo todos os cálculos completos, o que não é necessariamente verdade. Por estas razões considerou-se especialmente importante avaliar a classificação dos agregados caso o critério relativo ao período de retorno fosse eliminado da árvore de decisão (Tabela 4.8).

Considerações Gerais

Este estudo tem a limitação de ser situado e estático no tempo. Tem por base características da população da AML entre 2001 e 2010, e incorpora as limitações tecnológicas actuais do VE. Só poderá ser usado para prever a adesão ao VE ao longo do tempo se se admitir que não há alterações significativas na caracterização da população e nas especificações do VE.

No entanto, todo este processo é replicável. Dispondo de dados que permitam fazer uma caracterização mais actual da população da AML, é possível definir um novo conjunto de regras, de forma a gerar uma nova população sintética que reflecta de forma mais exacta as características da população original. As variações no preço do VE, VCI e combustíveis são facilmente reintegradas no modelo, bastando alterar os valores assumidos. Os potenciais desenvolvimentos tecnológicos do VE, que atenuarão as suas actuais desvantagens, são facilmente incorporados no modelo, bastando para tal alterar os critérios da árvore de decisão

que deles dependem. Este estudo não tem como objectivo identificar os agregados que irão efectivamente adquirir um VE, mas sim identificar aqueles para quem o VE é uma opção viável e realista. Como tal, contribui para direccionar e aumentar a eficácia dos estudos de mercado e acções de divulgação relativos ao VE.

6 Conclusões e Recomendações

Este estudo teve como objectivo principal avaliar o potencial de difusão do veículo eléctrico (VE) na Área Metropolitana de Lisboa (AML), identificando o número de agregados familiares para os quais, no momento da compra de um carro novo, o VE constitui uma opção viável e realista. Um trabalho desta natureza é importante para servir de suporte a decisões políticas e definição de estratégias.

A análise realizada é estática no tempo – destina-se à população actual da AML e tem em conta as características e limitações tecnológicas do VE no presente. Assim, os resultados só são válidos para um número limitado de anos, enquanto não houver uma evolução significativa das características da população e/ou do VE. No entanto, a metodologia utilizada é replicável, sendo possível adaptar o modelo a condições futuras.

A realização deste estudo permite concluir que o potencial de difusão do VE na AML é muito reduzido. Na ausência de subsídios que não as isenções fiscais, o VE é uma opção viável apenas para 22 701 agregados, o que representa 2,2% do total de agregados da AML. A existência de subsídios à compra e ao custo por quilómetro aumenta substancialmente o número de agregados que poderão adquirir um VE, totalizando 71 352 agregados, mas ainda assim este é um número relativamente reduzido, representando 7,1% dos agregados da AML.

É importante notar que esta avaliação teve por base o pressuposto de que todos os agregados que têm um lugar de estacionamento residencial atribuído têm possibilidade de carregar o carro em casa. Na realidade, a implementação de um ponto de carregamento pode ser impossível ou dificultada pelo condomínio, pelo que o número de agregados para quem o VE é uma opção viável é necessariamente menor que o apresentado.

A difusão do VE no mercado é limitada pelo número reduzido de agregados que poderão comprar um VE, mas também pela baixa taxa de renovação da frota portuguesa. Numa visão pessimista, o número de VE vendidos anualmente na AML situa-se entre 539 e 1696, consoante o cenário considerado, representando entre 1,0% e 3,1% das vendas anuais de veículos ligeiros na AML. Mesmo numa visão optimista a proporção de vendas de VE é muito baixa, situando-se entre 1,9% e 6,1%, representando um total de VE vendidos anualmente entre 1078 e 3392. Estes valores significam que, mantendo-se as condições actuais, levaria um mínimo de 21 anos até que todos os agregados que têm possibilidade de comprar um VE o fizessem efectivamente.

Os municípios da AML mais aptos a adoptarem o VE são os municípios de Sintra, Loures e Vila Franca de Xira, visto serem municípios onde há um número elevado de estacionamentos residenciais e onde os indivíduos são propensos a fazerem distâncias diárias relativamente longas, fazendo com que o VE seja uma opção rentável. Em termos relativos, destacam-se também os municípios de Sesimbra, Palmela e Mafra. Embora no município de Lisboa a percentagem de agregados para quem o VE é uma opção viável seja muito baixa, a instalação de pontos de carregamento neste município é vital, visto que 26% da população da AML se desloca diariamente a partir de outros municípios para trabalhar em Lisboa.

Os principais obstáculos à difusão do VE relacionam-se com as suas limitações intrínsecas – carregamento demorado e com necessidade de infra-estrutura própria, autonomia limitada, e preço elevado que compromete a sua rentabilidade económica. As duas primeiras limitações têm um carácter essencialmente técnico, e embora possam ser de alguma forma contornadas, implicando uma mudança de atitude e comportamentos, a sua solução será técnica também, e não são esperados desenvolvimentos revolucionários nos próximos anos.

A limitação decorrente do custo inicial elevado pode ser mitigada pelo governo através de incentivos e subsídios. No entanto, estes incentivos, ainda que tenham uma influência muito significativa, representam um investimento de grandes dimensões por parte do Estado. O aumento do preço do petróleo, os desenvolvimentos tecnológicos e a produção em massa de VE levarão a que o VE se torne naturalmente mais rentável. Assim, ainda que os incentivos possam fazer sentido numa fase inicial, deverão ser rapidamente suprimidos, permitindo assim investir em áreas com maior proveito.

Quando comparados numa análise do poço-à-roda, verifica-se que as vantagens do VE sobre o VCI a nível de consumo energético e de emissões atmosféricas não são tão significativas quanto seria desejável. Por esta razão, mesmo no cenário mais favorável, a redução anual no consumo de energia final representa apenas 0,14% do total nacional, e a redução de emissões de CO₂ representa apenas 0,12% do total nacional.

Apesar de representar uma melhoria reduzida nas questões de consumo, emissões e ruído, o VE não é solução para os restantes problemas decorrentes do uso de transporte individual – congestionamento, sinistralidade e consumo de espaço urbano. Na realidade, o VE pode até contribuir para o agravamento destes problemas, visto que, por ser um veículo com menores custos de operação e menor impacte ambiental, poderá levar a um aumento do uso do carro.

Face a estes problemas e às limitações inerentes ao VE, é questionável se se justifica o investimento avultado previsto para a difusão do VE. O problema da mobilidade urbana deverá ser abordado em várias frentes, devendo ser feita uma análise às vantagens de apoiar fortemente a expansão do VE ou de direccionar esse investimento para outras soluções que possam trazer maiores benefícios ambientais, económicos e sociais.

Ainda assim, é expectável uma electrificação crescente do sector de transportes, que terá a vantagem de formar um sistema mais eficiente e com menos peso na elevada dependência energética do país. Neste contexto, fará sentido manter parte do investimento no VE, direccionando-o no sentido de assegurar as condições necessárias para a difusão do VE, expandindo a rede de abastecimento, desenvolvendo modelos de negócio vantajosos mais orientados para a prestação de serviços, e apoiando particulares e empresas na implementação de pontos de carregamento. Os incentivos em vigor neste momento, que têm por objectivo contribuir para tornar o VE economicamente rentável para o utilizador, poderão não ser os mais adequados, visto que a evolução natural do mercado encarregar-se-á de tornar o VE mais competitivo do ponto de vista económico.

Referências Bibliográficas

1. ACAP. (2011). *Estatísticas do Sector Automóvel - Edição de 2010*. Obtido em Setembro de 2011, de Associação Automóvel de Portugal:
http://www.autoinforma.pt/suporte/documentos/%7B981016913-20100723-140742%7D_Estatisticas_Sector_Automovel_Edicao_2010.pdf
2. ADENE (2010). *Avaliação do conceito da Eficiência do MOBI-E*. Estudo realizado pela DataE para Agência para a Energia (ADENE). Apresentado na Sessão "Novas Energias a Inspirar Portugal" no dia 8 de Março de 2010. Lisboa.
3. Águas, M. (2011). *O Valor do Zero. Ponto de Encontro - Lisboa E-Nova*. Lisboa.
4. Alves, B. (2005). *Medição da intensidade ambiental decorrente do consumo energético em deslocações urbanas de passageiros*. Tese de Mestrado em Transportes. Orientado pelo Prof. Filipe Moura. Instituto Superior Técnico.
5. Área Metropolitana de Lisboa. (2003). *Atlas da Área Metropolitana de Lisboa*. (Á. M. Lisboa, Ed.) Lisboa: Área Metropolitana de Lisboa.
6. Área Metropolitana de Lisboa. (2007). *AML*. Obtido em Setembro de 2011, de www.aml.pt
7. Banister, D. (2008). *The sustainable mobility paradigm*. *Transport Policy*, 15, 73-80.
8. Baptista, P. d. (2011). *Evaluation of the impacts of the introduction of alternative fuelled vehicles in the road transportation sector*. Tese de Doutoramento em Sistemas Sustentáveis de Energia. Instituto Superior Técnico. Lisboa
9. Byun, D.-H. (2001). *The AHP approach for selecting an automobile purchase model*. *Information & Management*, 38, 5, 289-297.
10. Cervero, R., Radisch, C. (1999), *Travel choices in pedestrian versus automobile oriented neighborhoods*, *Transport Policy*, 3 (3), 127-141.
11. Choo, S., & Mokhtarian, P. L. (2003). *What type of vehicle do people drive? The role of attitude and lifestyle in influencing vehicle type choice*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38, 3, 201-222
12. Comissão Europeia. (2011). *LIVRO BRANCO Roteiro do espaço único europeu dos transportes – Rumo a um sistema de transportes competitivo e económico em recursos*. Obtido em Outubro de 2011, de Europa:
http://europa.eu/documentation/official-docs/white-papers/index_pt.htm
13. Correia, G. (2004). *Plano de Mobilidade de um Bairro de Lisboa: Campo de Ourique*. Projecto final de curso em Engenharia Civil (Transportes, Urbanismo e Sistemas) no Instituto Superior Técnico de Lisboa. Orientação de José Manuel Viegas. Lisboa
14. Costa, P., & Moura, F. (2011). *Economic Competitiveness of Battery Electric 1 Vehicles with V2G Technology in the Portuguese Market*. Lisboa: 91st 29 Annual Meeting of the Transportation Research Board.

15. Cunha, G., Brito, B., & Leal, A. T. (Junho de 2007). Sinistralidade rodoviária: contextualização e análise. (I. N. Estatística, Ed.) *Revista de Estudos Demográficos*, 41, 13-36.
16. Delucchi, M. & Lipman, T. (2001). *An analysis of the retail and lifecycle cost of battery-powered electric vehicles. Transportation research Part D*, 6, 371-404.
17. DGAIEC. (2011). *Simulador do Cálculo do Imposto Sobre Veículos (2011)*. Obtido em Setembro de 2011, de DGAIEC - Declarações Electrónicas: <http://www.e-financas.gov.pt/de/jsp-dgaiec/main.jsp?body=/ia/simuladorISV2011.jsp>
18. DGEG. (2010). *Balanços e Indicadores Energéticos*. Obtido em Setembro de 2011, de DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia: <http://www.dgge.pt?cn=68917002706771568359AAA>
19. DGEG. (2011). *Estatísticas Rápidas - Renováveis*. Obtido em Junho de 2011, de Direcção-Geral de Energia e Geologia: <http://www.dgge.pt?cr=12488>
20. DGEG. (5 de Setembro de 2011). *Preços de Combustíveis Online*. Obtido em 18 de Setembro de 2011, de Direcção Geral de Energia e Geologia: <http://www.precoscombustiveis.dgge.pt>
21. DL 143/2010. (2010). Decreto-Lei n.º 143/2010 de 31 de Dezembro. *Diário da República*.
22. EDP. (2011). *Tarifas Baixa Tensão Normal até 20,7kVA*. Obtido em Setembro de 2011, de EDP: <http://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/BTN/Pages/TarifasBTNate20.7kVA.aspx>
23. Eggers, F., & Eggers, F. (2010). *Where have all the flowers gone? Forecasting green trends in the automobile industry with a choice-based conjoint adoption model. Technological Forecasting and Social Change*, 78, 1, 51-62.
24. European Commission. (2011). *Eurostat*. Obtido em Setembro de 2011, de European Commission: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/introduction>
25. Eurostat. (2011). *Eurostat*. Obtido em Setembro de 2011, de European Commission: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables
26. Eurostat. (2011). *Eurostat*. Obtido em Setembro de 2011, de European Commission: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environment/data/main_tables
27. FCT/UNL; CCDR-LVT. (2006). *Planos e Programas para a melhoria da qualidade do ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa; Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.
28. Fuhs, E. (2009). *Hybrid Vehicles and the Future of Personal Transportation*. published by CRC Press (ISBN-10: 1420075349), US.
29. Gärling, A., & Thøgersen, J. (2001). *Marketing of Electric Vehicles. Business Strategy and the Environment*, 10, 1, 53-65.

30. Geerlings, H. & Rienstra, S. (2003). Exploring 'weak signals' as potential challenges in transport: an inventory of potential future technology developments. *Transportation Planning and Technology*, 26, 469 - 489.
31. Imposto Sobre Veículos. (2011). *Tabela Imposto Único Circulação (IUC) 2011*. Obtido em Setembro de 2011, de <http://impostosobreveiculos.info/tabela-imposto-unico-de-circulacao/tabela-imposto-unico-circulacao-iuc-2011/>
32. INE. (25 de Fevereiro de 2003). Movimentos Pendulares na Área Metropolitana de Lisboa 1991-2001 - Deslocações entre o local de residência e o local de trabalho / estudo. *Destaque do INE*.
33. INE. (2011). Obtido em Setembro de 2011, de Portal do Instituto Nacional de Estatística: <http://www.ine.pt>
34. Joaquim, A. P. (2011). O Valor do Zero. In Nissan (Ed.), *Ponto de Encontro - Lisboa E-Nova*. Lisboa.
35. Kempton, W. & Tomić, J. (2005). *Vehicle-to-grid power implementation: from stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy*. *Journal of Power Sources* 144, 280-294.
36. Kley, F., Lerch, C., & Dallinger, D. (2011). *New business models for electric mobility*. *Energy Policy*, 39, 6, 3392-3403.
37. Lieven, T., Mühlmeier, S., Henkel, S., & Waller, J. F. (2011). *Who will buy electric cars in Germany? Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16, 3, 236-243
38. Mabit, S. L., & Fosgerau, M. (2010). *Demand for alternative-fuel vehicles when registration taxes are high*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16, 3, 225-231.
39. Martínez, L. M. (2004). *Plano de Mobilidade de um Bairro de Lisboa: A Graça*. Projecto final de curso em Engenharia Civil (Transportes, Urbanismo e Sistemas) no Instituto Superior Técnico de Lisboa. Orientação de José Manuel Viegas. Lisboa
40. Martínez, L., & Viegas, J. (2009). *Activities, Transportation Networks and Land Prices as Key Factors of Location Choices: An Agent-Based Model for Lisbon Metropolitan Area (LMA)*. Tese de Doutoramento em Transportes. Instituto Superior Técnico. Lisboa
41. MOBI.E. (2010). Obtido em Setembro de 2011, de MOBI.E - Rede Nacional de Mobilidade Eléctrica. A energia que nos move.: <http://www.mobie.pt/>
42. Moura, F. (2009). *Car Organ Transplant - Anticipating Energy and Environmental Benefits of Cleaner Technologies*. Tese de Doutoramento em Transportes. Instituto Superior Técnico. Lisboa
43. Mueller, M. G., & Haan, P. d. (2008). *How much do incentives affect car purchase? Agent-based microsimulation of consumer choice of new cars - Part I: Model structure, simulation of bounded rationality, and model validation*. *Energy Policy*, 37, 3, 1072-1082.
44. Nissan. (2011). *Nissan Leaf*. Obtido em Setembro de 2011, de Nissan: <http://www.nissan.pt/#vehicles/electric-vehicles/electric-leaf/leaf>

45. RCM n.º 29/2010. (2010). Governo de Portugal - Estratégia Nacional para a Energia 2020. *Diário da República*.
46. Renault. (2011). *Renault Mégane Berlina*. Obtido em Setembro de 2011, de Renault: <http://www.renault.pt/gama/veiculos-de-passageiros/megane/megane-berlina>
47. Renault. (2011). *Renault Z.E*. Obtido em Setembro de 2011, de <http://www.renault-ze.com>
48. Rokach, L., & Maimon, O. (2008). *Data Mining with Decision Trees - Theory and Applications* (Vols. Series in Machine Perception and Artificial Intelligence — Vol. 69). (S. & H. Bunke (Univ. Bern, Ed.) Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
49. Seixas, J. & Alves, B. (2006). *PNAC - Avaliação do Estado de Cumprimento do protocolo de Quioto / Anexo técnico dos Transportes*. Lisboa: E-value para a Agência Portuguesa do Ambiente.
50. Tennessee Valley Authority. (2011). *Types of Electric Vehicles*. Obtido em Setembro de 2011, de Tennessee Valley Authority: http://www.tva.gov/environment/technology/car_vehicles.htm
51. The Boston Consulting Group. (2010). *Batteries for Electric Cars - Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020*. Retrieved Setembro 2011, from BCG - The world's leading advisor on business strategy: <http://www.bcg.com/documents/file36615.pdf>
52. Train, K. (1986). *Qualitative Choice Analysis*, Cambridge, MIT Press (Disponível em <http://emlab.berkeley.edu/books/choice.html>, 12/10/2011).
53. Turton, H. & Moura, F. (2008). *Vehicle-to-grid systems for sustainable development: an integrated energy analysis*. *Technological Forecasting and Social Change*, 75, 1091-1108
54. United Nations. (Julho de 2010). *Environmental Indicators: GHGs*. Obtido em Setembro de 2011, de United Nations Statistics Division: http://unstats.un.org/unsd/environment/air_greenhouse_emissions.htm
55. Vieira, J., Moura, F. & Manuel Viegas, J. (2007). *Transport policy and environmental impacts: The importance of multi-instrumentality in policy integration*. *Transport Policy*, 14, 421-432.

Apêndice I. Definição das Regras para cada Atributo

– Informação de apoio à metodologia descrita no capítulo 3.2.3.2 da dissertação –

1. Carta de Condução

Com base na informação relativa ao número absoluto de titulares da carta de condução por género e faixa etária em Portugal, em 2005 (Cunha, Brito, & Leal, 2007), e na informação relativa à população total em Portugal em 2005, por género e faixa etária (INE, 2011), foi calculada a percentagem de encartados relativamente à população total, para cada grupo com o mesmo género e faixa etária.

Tabela I. 1 – Titulares de carta de condução segundo a classe etária e o género em Portugal, em 2005, retirado de (Cunha, Brito, & Leal, 2007)

Quadro 8

Titulares de carta de condução segundo a classe etária e o sexo					
Classe Etária	Mulheres	%	Homens	%	Total
Até 24anos	246 600	44	314 491	56	561 091
25-44 anos	1 096 268	43,8	1 408 850	56,2	2 505 118
45-64 anos	481 921	31,7	1 038 610	68,3	1 520 531
65-74 anos	76 567	18,8	329 824	81,2	406 391
74 anos ou mais	26 879	11,5	207 611	88,5	234 490
Total	1 928 235	36,9	3 299 386	63,1	5 227 621

Fonte: DGV, 2005

Tabela I. 2 – População residente segundo classe etária e género em Portugal, em 2005, retirado de (INE, 2011)

INE 2005 (consultado em Junho 2011)			
	Total	Homens	Mulheres
0 - 4 anos	552755	285644	267111
5 - 9 anos	540876	276487	264389
10 - 14 anos	550600	281506	269094
15 - 19 anos	590205	301306	288899
18 anos	118252	60546	57706
19 anos	122870	62556	60314
20 - 24 anos	702826	357547	345279
25 - 29 anos	810876	409425	401451
30 - 34 anos	835266	419030	416236
35 - 39 anos	781937	389283	392654
40 - 44 anos	785577	386418	399159
45 - 49 anos	733002	359487	373515
50 - 54 anos	682782	330287	352495
55 - 59 anos	633497	302432	331065
60 - 64 anos	559293	259917	299376
65 - 69 anos	527136	240495	286641
70 - 74 anos	489203	214166	275037
75 - 79 anos	378942	154547	224395
80 - 84 anos	251925	95198	156727
85 e mais anos	162894	52567	110327

Tabela I. 3 – Percentagem de encartados por género e faixa etária relativamente à população total

Idade	Total	Homens	Mulheres
<24	59,4%	65,4%	53,2%
25-44	78,0%	87,8%	68,1%
45-64	58,3%	82,9%	35,5%
65-74	40,0%	72,5%	13,6%
>74	29,5%	68,7%	5,5%

2. Rendimento Individual

Para determinar o rendimento de um **empregado a tempo inteiro** foram utilizados os dados do inquérito SOTUR, recorrendo-se ao programa *NeuralTools*[®], com as variáveis explicativas *município de residência, habilitações literárias e idade*.

Tabela I. 4 – Rendimento individual dos Empregados a Tempo Inteiro, com base no município de residência, habilitações literárias e idade

Empregados a tempo inteiro			
Município	Habilitações Literárias	Idade	Rendimento
Alcochete, Almada, Lisboa, Mafra, Moita, Montijo, Palmela	Ensino básico ou inferior	Todas	Menos de 1000 €
	Ensino secundário	Todas	
	Ensino superior	< 25	
	Ensino superior	25 - 54	1000 € - 2000 €
	Ensino superior	≥ 55	Mais de 3500 €
Azambuja, Cascais, Vila Franca de Xira	Ensino básico ou inferior	Todas	Menos de 1000 €
	Ensino secundário	< 55	
	Ensino superior	< 25	
	Ensino secundário	≥ 55	1000 € - 2000 €
	Ensino superior	25 - 54	
	Ensino superior	≥ 55	
Amadora, Barreiro, Odivelas, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Sintra	Ensino básico ou inferior	Todas	Menos de 1000 €
	Ensino secundário	Todas	
	Ensino superior	< 25	
	Ensino superior	25 - 54	1000 € - 2000 €
	Ensino superior	≥ 55	2000 € - 3500 €
Loures, Oeiras	Ensino básico ou inferior	Todas	Menos de 1000 €
	Ensino secundário	< 25	
	Ensino superior	< 25	
	Ensino secundário	< 55	1000 € - 2000 €
	Ensino superior	25 - 54	1000 € - 2000 €
	Ensino superior	≥ 55	2000 € - 3500 €

Para determinar o rendimento dos indivíduos **empregados em tempo parcial, reformados, desempregados ou estudantes**, foram analisados os dados do inquérito SOTUR, concluindo-se

que para os dois primeiros o rendimento depende das suas habilitações literárias e para os dois últimos, apenas o seu nível de ocupação explica o rendimento.

Tabela I. 5 – Rendimento individual dos Empregados em tempo parcial, Reformados, Desempregados e Estudantes

Nível de Ocupação	Habilitações Literárias	Rendimento				
		Sem rendimentos	Menos de 1000 €	de 1000€ a 2000 €	de 2000€ a 3500 €	Mais de 3500 €
Empregado em tempo parcial	Ensino básico ou inferior	0,0%	83,3%	16,7%	0,0%	0,0%
	Ensino secundário	0,0%	79,2%	16,7%	0,0%	4,2%
	Ensino superior	0,0%	56,4%	27,3%	7,3%	9,1%
Reformado	Ensino básico ou inferior	2,5%	91,0%	4,5%	1,0%	1,0%
	Ensino secundário	2,2%	57,8%	31,1%	5,6%	3,3%
	Ensino superior	1,4%	6,9%	30,6%	44,4%	16,7%
Desempregado	-	49,2%	43,9%	6,8%	0,0%	0,0%
Estudante	-	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

4. Município de trabalho

Para determinar o município de trabalho em função do município de residência, consultou-se a matriz origem-destino das deslocações pendulares (INE, 2003) e dividiu-se o número de pessoas que vivem no município A e trabalham no município B pelo número total de pessoas que vivem no município A para obter os valores relativos.

Tabela I. 6 – Matriz origem-destino das deslocações pendulares casa-trabalho ou casa-escola na AML em 2001, retirado de (INE, 2003)

Quadro 2 - Matriz Origem Destino das Deslocações Casa-Trabalho ou Casa-Escola, AML – 2001

Destino \ Origem	unidade: indivíduos																					
	Alcochete	Almada	Amadora	Azambuja	Barreiro	Cascais	Lisboa	Loures	Malta	Molta	Montijo	Odivelas	Oeiras	Palmela	Seixal	Sesimbra	Setúbal	Sintra	Vila Franca de Xira	AML	Outros	TOTAL
Alcochete	3 101	58	27	0	70	16	977	51	8	51	1 340	9	36	169	17	6	110	41	22	6 109	144	6 253
Almada	53	40 282	689	27	300	387	26 999	647	31	99	196	135	1 383	519	3 089	233	1 276	689	175	76 209	924	77 133
Amadora	14	829	32 237	42	97	1 157	40 659	1 783	161	24	78	1 125	4 061	96	138	40	221	5 192	396	88 549	1 281	89 830
Azambuja	13	23	13	6 193	2	17	944	72	10	0	5	8	30	3	3	3	39	30	493	7 903	1 676	9 579
Barreiro	41	776	242	18	17 246	120	11 031	261	18	1 329	246	39	457	1 320	961	196	1 288	196	87	35 872	553	36 425
Cascais	12	636	914	39	70	49 712	23 099	531	89	9	34	131	6 623	77	96	19	156	3 330	227	86 004	1 052	87 056
Lisboa	54	2 687	4 246	185	284	2 038	224 854	5 660	313	94	195	1 688	6 972	299	527	109	734	4 032	1 418	256 348	3 477	259 825
Loures	41	673	1 263	129	91	597	43 865	45 440	642	26	96	1 950	1 873	116	127	20	200	1 426	2 458	101 045	1 894	102 939
Malta	3	67	212	12	5	215	3 397	1 236	18 420	4	13	245	262	20	9	3	23	1 676	115	25 937	1 472	27 409
Molta	118	643	137	6	4 551	87	7 104	158	18	12 771	795	33	255	1 682	713	143	1 314	176	79	30 783	526	31 309
Montijo	742	193	42	6	255	23	2 388	103	9	296	12 061	13	92	755	81	26	502	47	44	17 676	627	18 303
Odivelas	21	478	1 520	56	49	471	34 191	3 216	225	7	61	26 580	1 495	57	81	26	130	1 750	414	70 830	931	71 761
Oeiras	21	954	2 331	88	86	4 197	35 499	949	100	23	55	282	34 789	116	183	32	247	3 375	341	83 638	1 139	84 777
Palmela	89	366	53	5	720	32	2 528	87	10	456	793	14	106	14 994	395	134	4 313	70	36	25 177	527	25 704
Seixal	64	10 524	529	23	639	364	23 245	543	38	172	262	126	1 183	1 076	33 911	695	1 847	611	184	76 039	996	77 035
Sesimbra	5	772	83	3	294	47	2 800	99	5	65	41	29	161	404	1 042	10 643	792	105	25	17 415	196	17 611
Setúbal	44	781	1 001	6	440	57	4 308	80	15	223	294	27	193	4 116	657	461	40 427	127	58	52 414	1 102	53 516
Sintra	35	1 245	9 257	72	122	7 102	60 403	2 875	855	42	134	1 505	9 716	172	190	41	402	95 106	760	190 046	2 432	192 478
Vila Franca de Xira	23	335	573	534	41	228	18 981	5 334	155	8	61	292	739	95	59	10	172	609	33 376	61 621	3 031	64 652
AML	4 488	62 326	54 468	7 414	25 362	66 867	566 474	69 127	21 132	15 701	16 750	34 241	70 628	26 035	42 275	12 840	54 193	118 588	40 708	1 309 617	23 980	1 333 597
Outros	129	969	743	2 632	244	621	27 534	2 968	1 781	84	820	326	968	602	268	126	1 243	1 664	4 786	47 436		
Total	4 617	63 295	55 211	10 046	25 606	67 488	594 008	71 195	22 913	15 755	17 570	34 567	71 586	26 637	42 543	12 965	55 436	120 152	45 463			

Fonte: INE, Recenseamento da População 2001

Tabela I. 7 – Município de Trabalho em função do Município de Residência (%)

Trabalho	Alcochete	Almada	Amadora	Azambuja	Barreiro	Cascais	Lisboa	Loures	Mafra	Moita	Montijo	Odivelas	Oeiras	Palmela	Seixal	Sesimbra	Setúbal	Sintra	Vila Franca	
Residência																				
Alcochete	49,59	0,93	0,43	0,00	1,12	0,26	15,62	0,82	0,13	0,82	21,43	0,14	0,58	2,70	0,27	0,10	1,76	0,66	0,35	
Almada	0,07	52,22	0,89	0,04	0,39	0,50	33,71	0,84	0,04	0,13	0,25	0,18	1,79	0,67	4,00	0,30	1,65	0,89	0,23	
Amadora	0,02	0,92	35,89	0,05	0,11	1,29	45,48	1,98	0,18	0,03	0,09	1,25	4,52	0,11	0,15	0,04	0,25	5,78	0,44	
Azambuja	0,14	0,24	0,14	64,65	0,02	0,18	9,85	0,75	0,10	0,00	0,05	0,08	0,33	0,03	0,03	0,03	0,41	0,31	5,15	
Barreiro	0,11	2,13	0,66	0,05	47,35	0,33	30,28	0,72	0,05	3,65	0,68	0,11	1,25	3,62	2,64	0,54	3,54	0,54	0,24	
Cascais	0,01	0,73	1,05	0,04	0,08	57,10	26,53	0,61	0,10	0,01	0,04	0,15	7,84	0,09	0,11	0,02	0,18	3,83	0,26	
Lisboa	0,02	1,03	1,63	0,07	0,11	0,78	86,54	2,18	0,12	0,04	0,08	0,65	2,68	0,10	0,20	0,04	0,28	1,55	0,55	
Loures	0,04	0,65	1,23	0,13	0,09	0,58	42,61	44,14	0,62	0,03	0,09	1,90	1,82	0,11	0,12	0,02	0,19	1,39	2,39	
Mafra	0,01	0,24	0,77	0,04	0,02	0,78	12,39	4,51	67,20	0,01	0,05	0,89	0,96	0,07	0,03	0,01	0,08	6,11	0,42	
Moita	0,38	2,05	0,44	0,02	14,54	0,28	22,69	0,50	0,06	40,79	2,54	0,11	0,81	5,37	2,28	0,46	4,20	0,56	0,25	
Montijo	4,04	1,05	0,23	0,03	1,39	0,13	13,05	0,56	0,05	1,62	65,90	0,07	0,50	4,13	0,44	0,14	2,74	0,26	0,24	
Odivelas	0,03	0,67	2,12	0,08	0,07	0,66	47,65	4,48	0,31	0,01	0,09	37,04	2,08	0,08	0,11	0,04	0,18	2,44	0,58	
Oeiras	0,02	1,13	2,75	0,07	0,10	4,95	41,87	1,12	0,12	0,03	0,06	0,33	41,04	0,14	0,22	0,04	0,29	3,98	0,40	
Palmela	0,33	1,42	0,21	0,02	2,80	0,12	9,84	0,34	0,04	1,77	3,05	0,05	0,41	58,29	1,54	0,52	16,78	0,27	0,14	
Seixal	0,08	13,66	0,69	0,03	0,83	0,47	30,18	0,70	0,05	0,22	0,34	0,16	1,54	1,40	44,02	0,90	2,40	0,79	0,24	
Sesimbra	0,03	4,38	0,47	0,02	1,67	0,27	15,90	0,56	0,03	0,37	0,23	0,16	0,91	2,29	5,92	60,43	4,50	0,60	0,14	
Setúbal	0,08	1,46	0,19	0,01	0,82	0,11	8,05	0,15	0,03	0,42	0,55	0,05	0,36	7,69	1,23	0,86	75,54	0,24	0,11	
Sintra	0,02	0,65	4,81	0,04	0,06	3,69	31,38	1,49	0,45	0,02	0,07	0,78	5,05	0,09	0,10	0,02	0,21	49,41	0,39	
Vila Franca	0,04	0,52	0,89	0,83	0,06	0,35	29,36	8,25	0,24	0,01	0,09	0,45	1,14	0,15	0,09	0,02	0,27	0,94	51,62	

5. Estacionamento em casa

Para determinar a probabilidade de um agregado ter um lugar de estacionamento atribuído na sua residência, foi usada uma estimativa de probabilidade para cada época construtiva, elaborada previamente para dois estudos sobre a mobilidade de dois bairros de Lisboa.

Tabela I. 8 - Probabilidade de um edifício ter estacionamento segundo a época de construção

Edifícios segundo a época de construção - Antes de 1919	0,32%
Edifícios segundo a época de construção - Entre 1919 e 1945	1,12%
Edifícios segundo a época de construção - Entre 1946 e 1960	5,56%
Edifícios segundo a época de construção - Entre 1961 e 1970	9,98%
Edifícios segundo a época de construção - Entre 1971 e 1980	19,94%
Edifícios segundo a época de construção - Entre 1981 e 1985	50,60%
Edifícios segundo a época de construção - Entre 1986 e 1990	60,44%
Edifícios segundo a época de construção - Entre 1991 e 1995	90,62%
Edifícios segundo a época de construção - Entre 1996 e 2001	100,00%

Com base nestes valores e na distribuição de idades dos edifícios de cada freguesia, definiu-se a probabilidade média de um agregado residente na freguesia considerada ter um lugar de estacionamento.

Tabela I. 9 - Probabilidade de Estacionamento Residencial por Freguesia

P (%)	Freguesia	P (%)	Freguesia	P (%)	Freguesia
15,1%	Afonsoeiro	17,2%	Fanhões	0,7%	Santiago
22,3%	Aigualva-Cacém	29,5%	Feijó	20,0%	Santo André
6,5%	Ajuda	44,4%	Fernão Ferro	17,0%	Santo Antão do Tojal
23,9%	Alcabideche	26,1%	Forte da Casa	20,8%	Santo António da Charneca
6,7%	Alcântara	37,0%	Frielas	24,9%	Santo António dos Cavaleiros
23,5%	Alcochete	25,9%	Gaio-Rosário	3,0%	Santo Condestável
24,9%	Aldeia de Paio Pires	19,7%	Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	1,0%	Santo Estêvão
15,9%	Alfornelos	3,1%	Graça	17,5%	Santo Estêvão das Galés
35,5%	Alfragide	21,9%	Gradil	32,8%	Santo Isidoro
11,0%	Algés	32,5%	Igreja Nova	19,7%	Santo Isidro de Pegões
21,7%	Algueirão-Mem Martins	6,7%	Lapa	4,4%	Santos-o-Velho
12,7%	Alhandra	16,7%	Laranjeiro	28,1%	São Brás
16,4%	Alhos Vedros	14,9%	Lavradio	5,4%	São Cristóvão e São Lourenço
5,9%	Almada	18,1%	Linda-a-Velha	13,5%	São Domingos de Benfica
24,0%	Almargem do Bispo	18,5%	Loures	25,8%	São Domingos de Rana
13,3%	Alto do Pina	15,3%	Lousa	24,0%	São Francisco
10,2%	Alto do Seixalinho	25,4%	Lumiar	13,2%	São Francisco Xavier
19,3%	Alto-Estanqueiro-Jardia	7,5%	Madalena	7,6%	São João
3,0%	Alvalade	32,7%	Mafra	23,1%	São João da Talha
23,5%	Alverca do Ribatejo	19,1%	Malveira	26,7%	São João das Lampas
15,9%	Ameixoeira	24,2%	Marateca	5,7%	São João de Brito
29,7%	Amora	13,4%	Mártires	3,1%	São João de Deus
4,5%	Anjos	16,4%	Marvila	26,0%	São João dos Montes
33,7%	Apelação	36,6%	Massamá	8,0%	São Jorge de Arroios
30,8%	Arrentela	18,8%	Mercês	3,1%	São José
35,0%	Atalaia	29,6%	Milharado	19,2%	São Julião do Tojal
18,1%	Azueira	14,0%	Mina	40,2%	São Lourenço
16,4%	Baixa da Banheira	22,5%	Moita	3,9%	São Mamede
24,2%	Barcarena	29,3%	Monte Abraão	4,5%	São Miguel
8,3%	Barreiro	21,1%	Montelavar	36,4%	São Miguel de Alcainça
4,3%	Beato	19,3%	Montijo	3,7%	São Nicolau
27,4%	Belas	13,0%	Moscavide	10,8%	São Paulo
14,2%	Benfica	9,5%	Nossa Senhora de Fátima	5,5%	São Sebastião da Pedreira
15,5%	Bobadela	17,1%	Odivelas (Lumiar e Carnide)	41,8%	São Simão
15,0%	Brandoa	21,8%	Oeiras e São Julião da Barra	16,2%	São Vicente de Fora
16,4%	Bucelas	9,3%	Olival Basto	18,9%	Sarilhos Grandes
18,2%	Buraca	30,8%	Paço de Arcos	8,5%	Sarilhos Pequenos
21,7%	Cachoeiras	29,8%	Palhais	33,0%	Sé
6,1%	Cacilhas	30,6%	Palmela	14,6%	Seixal
26,4%	Calhandriz	16,9%	Parede	36,5%	Sesimbra (Castelo)
12,9%	Camarate	16,9%	Pegões	18,5%	Sesimbra (Santiago)
9,7%	Campo Grande	4,8%	Pena	11,7%	Setúbal (Nossa Senhora da Anunciada)
6,1%	Campolide	4,9%	Penha de França	6,5%	Setúbal (Santa Maria da Graça)
19,3%	Caneças	12,7%	Pêro Pinheiro	20,2%	Setúbal (São Julião)
19,0%	Canha	26,8%	Pinhal Novo	20,1%	Setúbal (São Sebastião)
20,7%	Caparica	21,9%	Poçoirão	26,8%	Sintra (Santa Maria e São Miguel)
24,4%	Carcavelos	20,8%	Pontinha	27,9%	Sintra (São Martinho)
29,0%	Carnaxide	19,8%	Portela	32,7%	Sintra (São Pedro de Penaferrim)
14,7%	Carnide	28,0%	Porto Salvo	32,3%	Sobral da Abelheira
34,1%	Carvoeira	31,5%	Póvoa de Santa Iria	13,7%	Sobralinho

21,3%	Casal de Cambra	12,3%	Póvoa de Santo Adrião	33,9%	Sobreda
23,9%	Cascais	23,7%	Pragal	20,5%	Socorro
19,5%	Castanheira do Ribatejo	8,9%	Prazeres	27,7%	Terrugem
37,0%	Castelo	23,9%	Prior Velho	10,6%	Trafaria
11,4%	Charneca	18,6%	Queijas	15,9%	Unhos
39,4%	Charneca de Caparica	11,6%	Queluz	26,1%	Vale da Amoreira
19,3%	Cheleiros	30,8%	Quinta do Anjo	25,1%	Venda do Pinheiro
10,7%	Coina	48,7%	Quinta do Conde	7,5%	Venda Nova
24,4%	Colares	30,9%	Ramada	11,8%	Venteira
3,2%	Coração de Jesus	14,8%	Reboleira	9,5%	Verderena
36,8%	Corroios	33,1%	Rio de Mouro	23,3%	Vialonga
14,2%	Costa da Caparica	19,7%	Sacavém	13,0%	Vila Franca de Xira
9,8%	Cova da Piedade	37,2%	Sacramento	36,6%	Vila Franca do Rosário
12,1%	Cruz Quebrada-Dafundo	24,1%	Sado	20,9%	Alcoentre
10,4%	Damaia	19,9%	Samouco	39,2%	Aveiras de Baixo
27,9%	Encarnação	12,8%	Santa Catarina	23,9%	Aveiras de Cima
4,9%	Encarnação	9,0%	Santa Engrácia	24,0%	Azambuja
16,3%	Enxara do Bispo	24,1%	Santa Iria de Azoia	20,4%	Maçussa
39,4%	Ericeira	8,8%	Santa Isabel	20,3%	Manique do Intendente
17,3%	Estoril	4,8%	Santa Justa	21,0%	Vale do Paraíso
15,6%	Falagueira	7,7%	Santa Maria de Belém	13,0%	Vila Nova da Rainha
37,6%	Famões	11,4%	Santa Maria dos Olivais	18,2%	Vila Nova de São Pedro

6. Estacionamento no local de trabalho

Para determinar o *estacionamento no local de trabalho* utilizaram-se os dados do inquérito SOTUR, considerando-se como relevante a variável *município de trabalho*.

Tabela I. 10 – Indivíduos com estacionamento no local de trabalho para cada município ou grupo de municípios (%)

Município Trabalho	Estacionamento	Município Trabalho	Estacionamento
Alcochete	17%	Montijo	17%
Almada	16%	Odivelas	4%
Amadora	37%	Oeiras	48%
Azambuja	15%	Palmela	44%
Barreiro	42%	Seixal	12%
Cascais	15%	Sesimbra	17%
Lisboa	50%	Setúbal	27%
Loures	10%	Sintra	29%
Mafra	22%	Vila Franca de Xira	15%
Moita	17%		

7. Número de carros do agregado

Verificou-se, recorrendo ao programa *NeuralTools®*, que as variáveis com maior influência no número de carros do agregado são o *município de residência*, o *rendimento do agregado* e o *número de cartas de condução do agregado*. Foi feita então uma análise empírica dos dados

do inquérito SOTUR, descartando-se a variável município de residência dado o número reduzido de dados.

Tabela I. 11 – Número de carros do agregado em função da classe de rendimento e do número de cartas do agregado

Rendimento	Cartas	Número de carros do agregado						Total
		0	1	2	3	4	5	
Qualquer	0	96%	3%	1%				200
Menos de 1000 €	1	29%	68%	3%				117
	2	5%	62%	33%				21
1000 € - 2000 €	1	10%	86%	3%	1%	0%		383
	2	6%	55%	37%	2%			272
2000 € - 3500 €	1	3%	80%	16%	1%			101
	2	1%	30%	65%	4%	0%		223
	3	3%	5%	63%	29%			38
3500 € - 5000 €	1		70%	24%	6%			33
	2		21%	71%	6%	1%		112
	3		3%	50%	41%	3%	3%	32
Mais de 5000 €	1	3%	83%	8%	5%	3%		40
	2		17%	65%	17%		1%	93
	3		6%	23%	54%	17%		35
	>=4			13%	41%	41%	6%	32
0 € - 2000 €	3	4%	38%	33%	25%			24
0 € - 2000 €	>=4		33%	17%	50%			6
2000 € - 5000 €	>=4		6%	22%	50%	22%		18
	Total	289	838	502	119	28	4	1780

8. Caracterização das deslocações diárias

b. Número de deslocações

Utilizando-se os dados do inquérito SCUSSE, foram contabilizados quantos indivíduos faziam duas, três, ..., oito viagens em relação ao total de indivíduos.

Tabela I. 12 – Número de indivíduos que realizam n viagens diárias (%)

Percentagem que realiza n viagens	Número n de viagens diárias						
	2	3	4	5	6	7	8
	64%	12%	14%	4%	3%	1%	0%

c. Distância casa-trabalho

Considerou-se a *distância casa-trabalho* como a distância entre os centróides de cada município. Para as deslocações intra-municipais, assumiu-se como o raio equivalente do município (raio do círculo com a mesma área que o município considerado).

Tabela I. 13 – Distância casa-trabalho, em função dos municípios de residência e de trabalho (em metros)

Trabalho Residência	Azambuja	Cascais	Lisboa	Loures	Mafra	Oeiras	Sintra	V Franca	Amadora	Odivelas	Alcochete	Almada	Barreiro	Moita	Montijo	Palmela	Seixal	Sesimbra	Setúbal
Azambuja	9028	62703	48572	38856	40891	56737	51183	25935	50140	45064	43461	62775	57401	54685	48426	57883	62450	73731	69203
Cascais	62703	5562	21484	24384	27534	11010	13161	41288	15634	19977	36908	20848	32830	35497	37218	53696	28457	35103	43189
Lisboa	48572	21484	5189	12774	28567	10946	20304	23479	6510	6524	15446	14369	15964	16818	16414	33930	16567	27875	29504
Loures	38856	24384	12774	7335	17379	18049	15618	17354	11622	6929	21228	26484	27856	27630	24703	42196	29332	40633	41639
Mafra	40891	27534	28567	17379	9632	28181	14413	29533	24219	22054	38504	39747	44459	44710	42081	59530	44553	55067	58070
Oeiras	56737	11010	10946	18049	28181	3820	15416	33066	6622	11723	26145	12234	22211	24624	26222	42766	18879	27701	33687
Sintra	51183	13161	20304	15618	14413	15416	10081	32790	14102	15124	34339	27632	35633	37035	36421	54134	33786	43116	48324
V Franca	25935	41288	23479	17354	29533	33066	32790	10147	26554	21583	18169	37247	31605	29159	23231	36320	36517	47808	44008
Amadora	50140	15634	6510	11622	24219	6622	14102	26554	2752	5101	21732	15746	21559	22967	22924	40395	20438	30872	34538
Odivelas	45064	19977	6524	6929	22054	11723	15124	21583	5101	2911	19220	19581	22420	22949	21460	39240	22908	34001	36021
Alcochete	43461	36908	15446	21228	38504	26145	34339	18169	21732	19220	6502	24167	14324	11243	5062	21050	20612	30993	25872
Almada	62775	20848	14369	26484	39747	12234	27632	37247	15746	19581	24167	4728	13846	17500	21870	35158	7823	15500	22353
Barreiro	57401	32830	15964	27856	44459	22211	35633	31605	21559	22420	14324	13846	3192	4009	10090	21378	7299	16672	13791
Moita	54685	35497	16818	27630	44710	24624	37035	29159	22967	22949	11243	17500	4009	4169	6511	18226	11305	20163	14989
Montijo	48426	37218	16414	24703	42081	26222	36421	23231	22924	21460	5062	21870	10090	6511	10411	17784	17019	26634	20830
Palmela	57883	53696	33930	42196	59530	42766	54134	36320	40395	39240	21050	35158	21378	18226	17784	12177	27850	31766	19919
Seixal	62450	28457	16567	29332	44553	18879	33786	36517	20438	22908	20612	7823	7299	11305	17019	27850	5519	11549	14839
Sesimbra	73731	35103	27875	40633	55067	27701	43116	47808	30872	34001	30993	15500	16672	20163	26634	31766	11549	7891	12608
Setúbal	69203	43189	29504	41639	58070	33687	48324	44008	34538	36021	25872	22353	13791	14989	20830	19919	14839	12608	7850

d. Distância total percorrida

Foram utilizados dados do inquérito SCUSSE. Considerou-se que a distância total resulta da multiplicação da *distância casa-trabalho* por um factor dependente do *número de viagens* diárias. Para cada nº de viagens, a relação entre a distância casa-trabalho e a distância total apresenta uma distribuição aproximadamente normal, sabendo-se a média e o desvio padrão. Considerou-se que o factor multiplicativo era um valor aleatório dentro dessa distribuição.

Tabela I. 14 – Parâmetros da distribuição normal que relaciona a distância casa-trabalho e a distância total percorrida diariamente, em função do número de viagens diárias

Número de viagens diárias	Parâmetros da distribuição normal	
	Média	Desvio Padrão
1	1,32	1,03
2	2,06	0,75
3	3,55	2,61
4	4,38	2,58
5 ou mais	5,43	2,87

9. Tempo em viagem

Para fazer esta análise utilizaram-se dados do inquérito SCUSSE. Associou-se o tempo de viagem ao *modo utilizado* e à *distância percorrida*. Para cada *modo* e classe de *distância*, foi analisada a distribuição por cada classe de *tempo de viagem*.

Tabela I. 15 – Distribuição dos indivíduos consoante o seu tempo em viagem, em função do modo utilizado e da distância total percorrida diariamente (%)

Modo	Distância Total	Tempo em viagem				
		<0,5h	<1h	<1,5h	<2h	Mais de 2 h
TI	< 5 km	50,7%	36,2%	5,8%	5,8%	1,4%
	< 10 km	26,7%	47,8%	17,8%	5,6%	2,2%
	< 15 km	14,0%	50,0%	22,0%	9,0%	5,0%
	< 20 km	8,0%	40,2%	27,6%	13,8%	10,3%
	< 25 km	3,2%	31,7%	28,6%	15,9%	20,6%
	< 30 km	2,3%	20,5%	36,4%	34,1%	6,8%
	< 40 km	6,8%	12,5%	29,5%	33,0%	18,2%
	< 50 km	1,9%	15,4%	28,8%	25,0%	28,8%
	< 60 km	0,0%	4,3%	21,7%	26,1%	47,8%
	< 70 km	0,0%	11,1%	22,2%	33,3%	33,3%
	< 80 km	0,0%	8,3%	8,3%	8,3%	75,0%
Mais de 80 km	0,0%	11,1%	3,7%	7,4%	77,8%	
TC	< 5 km	20,0%	57,1%	14,3%	5,7%	2,9%
	< 10 km	14,1%	40,6%	23,4%	17,2%	4,7%
	< 15 km	10,9%	29,1%	27,3%	23,6%	9,1%
	< 20 km	5,0%	18,3%	31,7%	26,7%	18,3%
	< 25 km	8,9%	15,6%	20,0%	28,9%	26,7%
	< 30 km	0,0%	19,4%	19,4%	36,1%	25,0%
	< 40 km	5,4%	8,1%	8,1%	35,1%	43,2%
	< 50 km	0,0%	21,1%	26,3%	0,0%	52,6%
	< 60 km	0,0%	6,3%	25,0%	18,8%	50,0%
	< 70 km	0,0%	0,0%	16,7%	50,0%	33,3%
	< 80 km	0,0%	0,0%	33,3%	0,0%	66,7%
Mais de 80 km	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	

10. Tempo de actividade

A análise, feita através do programa *NeuralTools*® a partir dos dados do inquérito SCUSSE, revelou que as variáveis com maior influência sobre o *tempo de actividade* são o *género*, ter ou não *filhos menores*, ter um *emprego a tempo inteiro* ou um *emprego em tempo parcial* e o *tempo em viagem*.

Tabela I. 16 – Tempo de actividade dos indivíduos, em função do seu *género*, de ter ou não *filhos menores*, de ter um *emprego a tempo inteiro* ou um *emprego em tempo parcial* e do seu *tempo em viagem*

Género	Com filhos menores?	Empregado a tempo inteiro?	Tempo de Viagem	Tempo de Actividade [horas]
Mulher	Não	Não	< 0,5h	8,23
			< 1h	8,76
			< 1,5h	9,29
			< 2h	9,81
			Mais de 2 h	10,87
		Sim	< 0,5h	9,74
			< 1h	10,27
			< 1,5h	10,80
			< 2h	11,33
			Mais de 2 h	12,39
	Sim	Não	< 0,5h	7,67
			< 1h	8,19
			< 1,5h	8,72
			< 2h	9,25
			Mais de 2 h	10,31
		Sim	< 0,5h	9,18
< 1h			9,71	
< 1,5h			10,24	
< 2h			10,77	
Mais de 2 h			11,82	
Homem	Não	Não	< 0,5h	7,54
			< 1h	8,07
			< 1,5h	8,60
			< 2h	9,13
			Mais de 2 h	10,19
		Sim	< 0,5h	9,06
			< 1h	9,59
			< 1,5h	10,11
			< 2h	10,64
			Mais de 2 h	11,70
	Sim	Não	< 0,5h	6,98
			< 1h	7,51
			< 1,5h	8,04
			< 2h	8,57
			Mais de 2 h	9,62
		Sim	< 0,5h	8,49
			< 1h	9,02
			< 1,5h	9,55
< 2h	10,08			
Mais de 2 h	11,14			

12. Viagens Longas Mensais

Utilizaram-se os dados do inquérito CAREFUL, a partir dos quais foram contabilizados quantos indivíduos faziam 0, 1, 2, 3, 4, 5 ou mais viagens longas mensais em relação ao total de indivíduos.

Tabela I. 17 – Número de indivíduos que realizam n viagens longas mensalmente (%)

Número de indivíduos que realizam n viagens longas mensalmente	Número n de viagens longas mensalmente					
	0	1	2	3	4	5 ou mais
	33%	19%	20%	4%	12%	12%

Apêndice II. Resultados da Classificação dos Agregados Familiares por Município

– Informação de apoio à descrição dos resultados efectuada no capítulo 4.1.1 da dissertação –

Tabela II. 1 – Número de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 1

Município Residência	Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Total
Alcochete	3257	1374	190	68	4	4893
Almada	42009	15572	2306	931	102	60920
Amadora	42235	22781	1679	479	61	67235
Azambuja	5138	1898	229	154	12	7431
Barreiro	19644	8414	1522	300	93	29973
Cascais	40527	17369	3403	1463	104	62866
Lisboa	161529	65965	3650	568	133	231845
Loures	47101	18288	3589	1877	94	70949
Mafra	11114	5650	983	839	56	18642
Moita	16002	6340	1180	347	38	23907
Montijo	10122	3647	669	353	28	14819
Odivelas	33276	13934	1264	374	5	48853
Oeiras	35362	23019	2011	1094	231	61717
Palmela	10474	5804	1682	767	232	18959
Seixal	29847	18036	4051	1437	106	53477
Sesimbra	6773	4776	883	805	59	13296
Setúbal	27842	11921	1917	1015	77	42772
Sintra	78093	36310	11609	5270	708	131990
V Franca	29325	9816	3031	2269	148	44589
Total	649670	290914	45848	20410	2291	1009133
				22701		

Número de Agregados em cada Perfil, por município
Cenário 1 : o VE não é subsidiado de forma nenhuma

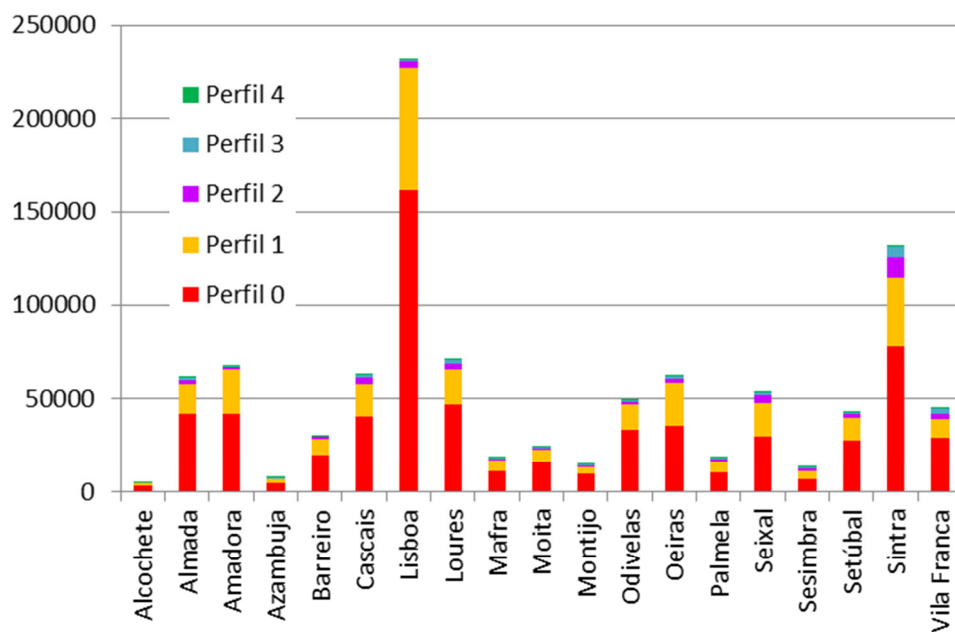


Figura II. 1 - Número de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 1

Tabela II. 2 – Número de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 2

Município Residência	Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Total
Alcochete	3257	1295	242	91	8	4893
Almada	41966	14546	3084	1190	134	60920
Amadora	42203	22170	2080	682	100	67235
Azambuja	5132	1872	207	204	16	7431
Barreiro	19618	7879	1943	418	115	29973
Cascais	40471	16852	3257	2136	150	62866
Lisboa	161414	64528	4788	936	179	231845
Loures	47053	16896	4408	2452	140	70949
Mafra	11093	5467	1031	953	98	18642
Moita	15986	6007	1371	485	58	23907
Montijo	10106	3433	770	472	38	14819
Odivelas	33249	13543	1418	634	9	48853
Oeiras	35310	21811	3005	1214	377	61717
Palmela	10454	5382	1934	852	337	18959
Seixal	29817	16762	4716	2034	148	53477
Sesimbra	6769	4597	909	932	89	13296
Setúbal	27801	11688	1853	1312	118	42772
Sintra	77942	34534	11641	6857	1016	131990
V Franca	29303	9396	2810	2850	230	44589
Total	648944	278658	51467	26704	3360	1009133
				30064		

Número de Agregados em cada Perfil, por município
Cenário 2 : o carregamento do VE é subsidiado

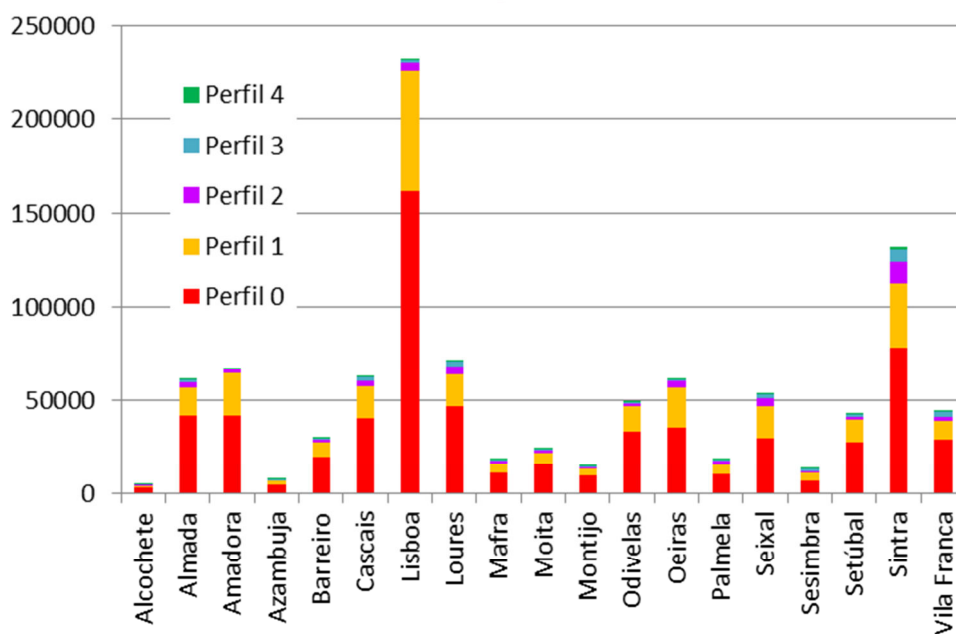


Figura II. 2 - Número de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 2

Tabela II. 3 – Número de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 3

Município Residência	Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Total
Alcochete	3232	1094	289	137	141	4893
Almada	41661	12791	2684	2048	1736	60920
Amadora	41742	18506	4439	1314	1234	67235
Azambuja	5098	1349	559	233	192	7431
Barreiro	19429	7411	1886	548	699	29973
Cascais	40186	14722	3465	1977	2516	62866
Lisboa	160059	58133	8412	2933	2308	231845
Loures	46768	12542	5158	3445	3036	70949
Mafra	11001	3906	1888	969	878	18642
Moita	15860	5530	1128	621	768	23907
Montijo	10059	2532	1164	546	518	14819
Odivelas	33024	11109	2584	1141	995	48853
Oeiras	34902	16769	5671	2591	1784	61717
Palmela	10341	4365	2070	948	1235	18959
Seixal	29507	14602	3901	2384	3083	53477
Sesimbra	6730	3279	1566	812	909	13296
Setúbal	27595	8271	4298	1148	1460	42772
Sintra	77183	26354	14629	5910	7914	131990
V Franca	29221	6829	3925	1991	2623	44589
Total	643598	230094	69716	31696	34029	1009133
				65725		

Número de Agregados em cada Perfil, por município
Cenário 3 : é dado um subsídio para a compra de um VE, no valor de 5000 €

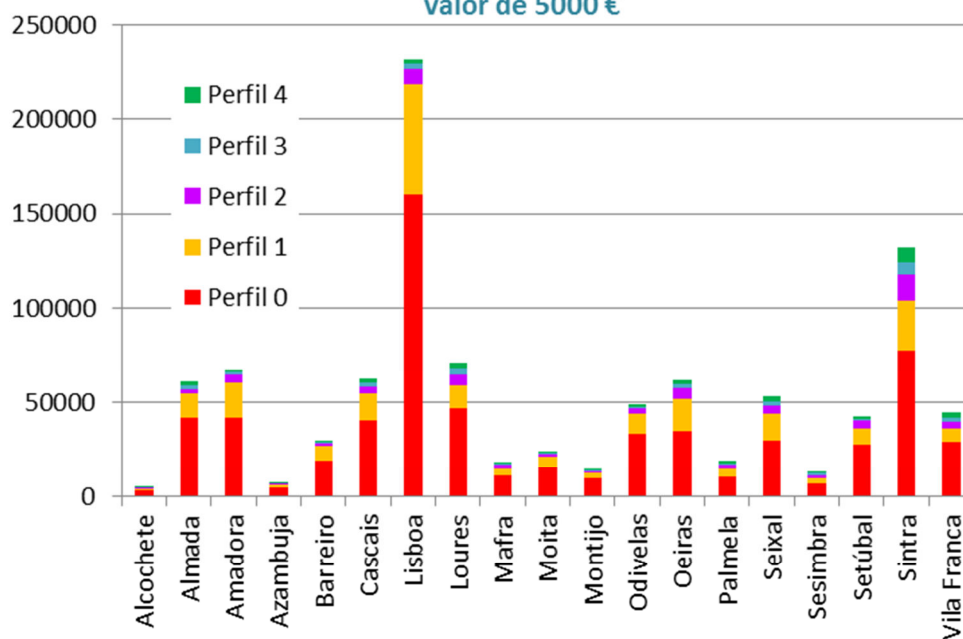


Figura II. 3 - Número de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 3

Tabela II. 4 – Número de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 4

Município Residência	Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Total
Alcochete	3231	1007	360	118	177	4893
Almada	41632	12391	2925	1632	2340	60920
Amadora	41692	16913	5721	1332	1577	67235
Azambuja	5095	1352	489	270	225	7431
Barreiro	19414	7300	1939	443	877	29973
Cascais	40144	13817	4149	1801	2955	62866
Lisboa	159929	52856	13158	2744	3158	231845
Loures	46717	11794	5658	2868	3912	70949
Mafra	10981	3926	1673	1029	1033	18642
Moita	15841	5427	1148	564	927	23907
Montijo	10051	2529	1066	527	646	14819
Odivelas	33006	10156	3235	1177	1279	48853
Oeiras	34857	16595	5272	2593	2400	61717
Palmela	10318	4388	2023	755	1475	18959
Seixal	29459	13859	4351	2032	3776	53477
Sesimbra	6719	3119	1530	877	1051	13296
Setúbal	27559	7730	4498	1315	1670	42772
Sintra	77017	26520	13661	5678	9114	131990
V Franca	29202	6848	3534	2075	2930	44589
Total	642864	218527	76390	29830	41522	1009133
				71352		

Número de Agregados em cada Perfil, por município
Cenário 4 : a compra e o carregamento são subsidiados

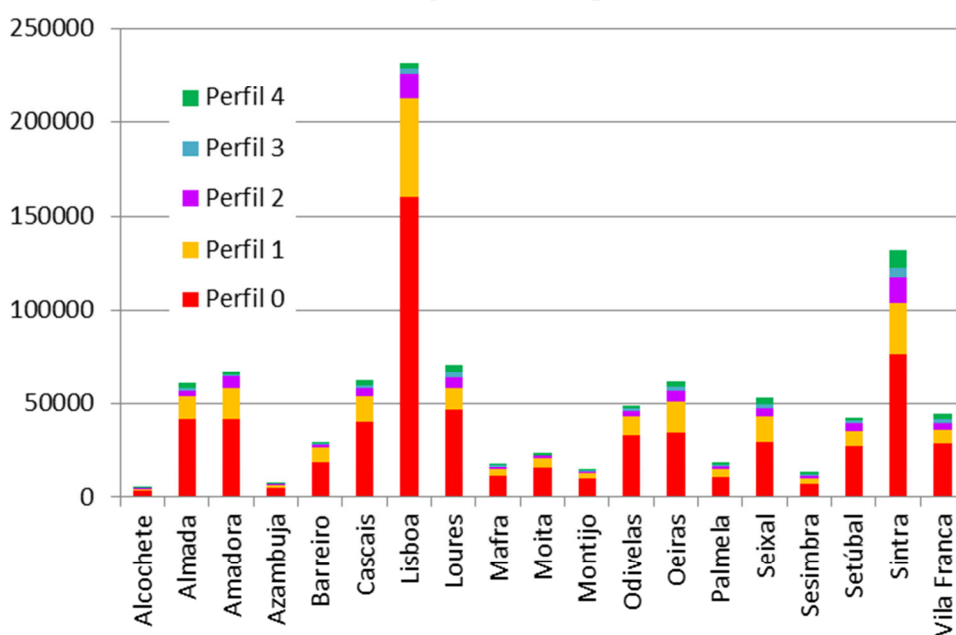


Figura II. 4 - Número de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 4

Tabela II. 5 – Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 1

Município Residência	Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Total
Alcochete	66,6%	28,1%	3,9%	1,4%	0,1%	4893
Almada	69,0%	25,6%	3,8%	1,5%	0,2%	60920
Amadora	62,8%	33,9%	2,5%	0,7%	0,1%	67235
Azambuja	69,1%	25,5%	3,1%	2,1%	0,2%	7431
Barreiro	65,5%	28,1%	5,1%	1,0%	0,3%	29973
Cascais	64,5%	27,6%	5,4%	2,3%	0,2%	62866
Lisboa	69,7%	28,5%	1,6%	0,2%	0,1%	231845
Loures	66,4%	25,8%	5,1%	2,6%	0,1%	70949
Mafra	59,6%	30,3%	5,3%	4,5%	0,3%	18642
Moita	66,9%	26,5%	4,9%	1,5%	0,2%	23907
Montijo	68,3%	24,6%	4,5%	2,4%	0,2%	14819
Odivelas	68,1%	28,5%	2,6%	0,8%	0,0%	48853
Oeiras	57,3%	37,3%	3,3%	1,8%	0,4%	61717
Palmela	55,2%	30,6%	8,9%	4,0%	1,2%	18959
Seixal	55,8%	33,7%	7,6%	2,7%	0,2%	53477
Sesimbra	50,9%	35,9%	6,6%	6,1%	0,4%	13296
Setúbal	65,1%	27,9%	4,5%	2,4%	0,2%	42772
Sintra	59,2%	27,5%	8,8%	4,0%	0,5%	131990
V Franca	65,8%	22,0%	6,8%	5,1%	0,3%	44589
Total	64,4%	28,8%	4,5%	2,0%	0,2%	1009133
				2,2%		

Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município
Cenário 1 : o VE não é subsidiado de forma nenhuma

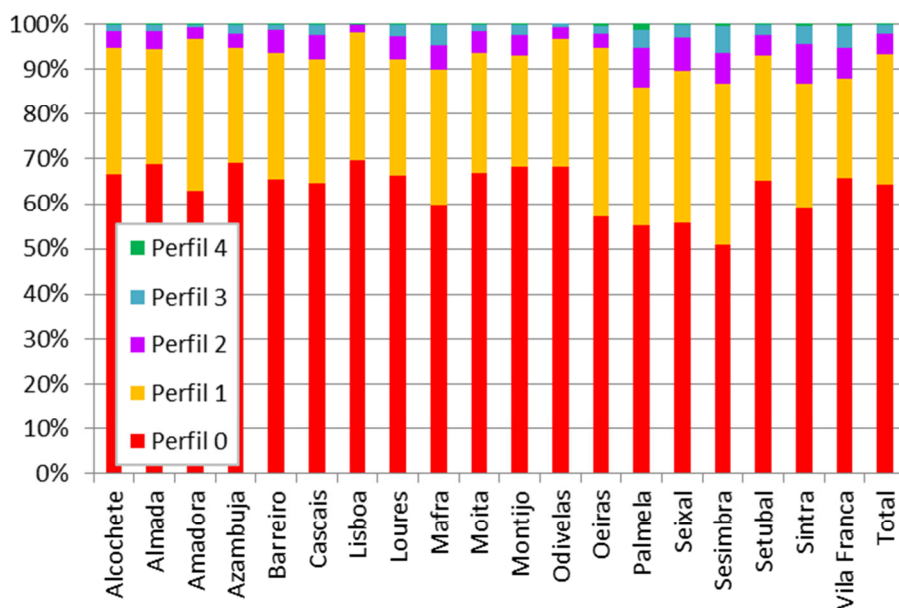


Figura II. 5 - Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 1

Tabela II. 6 – Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 2

Município Residência	Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Total
Alcochete	66,6%	26,5%	4,9%	1,9%	0,2%	4893
Almada	68,9%	23,9%	5,1%	2,0%	0,2%	60920
Amadora	62,8%	33,0%	3,1%	1,0%	0,1%	67235
Azambuja	69,1%	25,2%	2,8%	2,7%	0,2%	7431
Barreiro	65,5%	26,3%	6,5%	1,4%	0,4%	29973
Cascais	64,4%	26,8%	5,2%	3,4%	0,2%	62866
Lisboa	69,6%	27,8%	2,1%	0,4%	0,1%	231845
Loures	66,3%	23,8%	6,2%	3,5%	0,2%	70949
Mafra	59,5%	29,3%	5,5%	5,1%	0,5%	18642
Moita	66,9%	25,1%	5,7%	2,0%	0,2%	23907
Montijo	68,2%	23,2%	5,2%	3,2%	0,3%	14819
Odivelas	68,1%	27,7%	2,9%	1,3%	0,0%	48853
Oeiras	57,2%	35,3%	4,9%	2,0%	0,6%	61717
Palmela	55,1%	28,4%	10,2%	4,5%	1,8%	18959
Seixal	55,8%	31,3%	8,8%	3,8%	0,3%	53477
Sesimbra	50,9%	34,6%	6,8%	7,0%	0,7%	13296
Setúbal	65,0%	27,3%	4,3%	3,1%	0,3%	42772
Sintra	59,1%	26,2%	8,8%	5,2%	0,8%	131990
V Franca	65,7%	21,1%	6,3%	6,4%	0,5%	44589
Total	64,3%	27,6%	5,1%	2,6%	0,3%	1009133
				3,0%		

Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município
Cenário 2 : o carregamento do VE é subsidiado

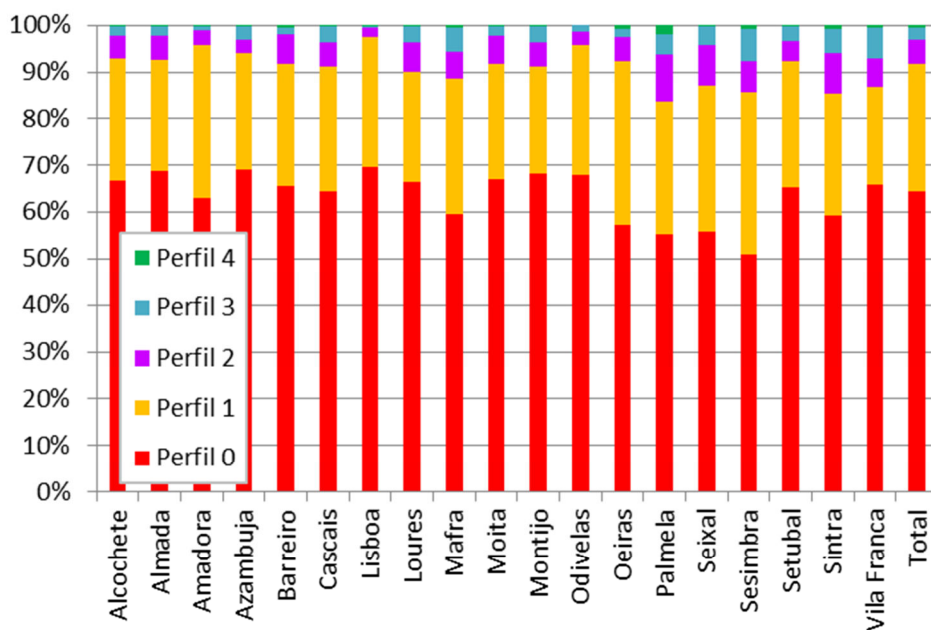


Figura II. 6 - Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 2

Tabela II. 7 – Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 3

Município Residência	Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Total
Alcochete	66,1%	22,4%	5,9%	2,8%	2,9%	4893
Almada	68,4%	21,0%	4,4%	3,4%	2,8%	60920
Amadora	62,1%	27,5%	6,6%	2,0%	1,8%	67235
Azambuja	68,6%	18,2%	7,5%	3,1%	2,6%	7431
Barreiro	64,8%	24,7%	6,3%	1,8%	2,3%	29973
Cascais	63,9%	23,4%	5,5%	3,1%	4,0%	62866
Lisboa	69,0%	25,1%	3,6%	1,3%	1,0%	231845
Loures	65,9%	17,7%	7,3%	4,9%	4,3%	70949
Mafra	59,0%	21,0%	10,1%	5,2%	4,7%	18642
Moita	66,3%	23,1%	4,7%	2,6%	3,2%	23907
Montijo	67,9%	17,1%	7,9%	3,7%	3,5%	14819
Odivelas	67,6%	22,7%	5,3%	2,3%	2,0%	48853
Oeiras	56,6%	27,2%	9,2%	4,2%	2,9%	61717
Palmela	54,5%	23,0%	10,9%	5,0%	6,5%	18959
Seixal	55,2%	27,3%	7,3%	4,5%	5,8%	53477
Sesimbra	50,6%	24,7%	11,8%	6,1%	6,8%	13296
Setúbal	64,5%	19,3%	10,0%	2,7%	3,4%	42772
Sintra	58,5%	20,0%	11,1%	4,5%	6,0%	131990
V Franca	65,5%	15,3%	8,8%	4,5%	5,9%	44589
Total	63,8%	22,8%	6,9%	3,1%	3,4%	1009133
				6,5%		

Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município

Cenário 3 : é dado um subsídio para a compra de um VE, no valor de 5000 €

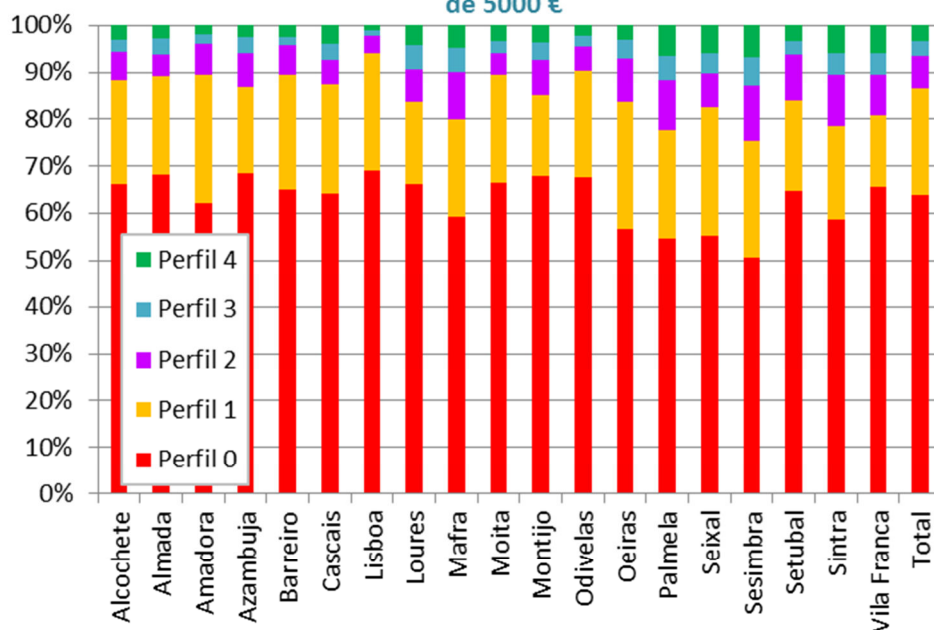


Figura II. 7 - Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 3

Tabela II. 8 – Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 4

Município Residência	Perfil 0	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Total
Alcochete	66,0%	20,6%	7,4%	2,4%	3,6%	4893
Almada	68,3%	20,3%	4,8%	2,7%	3,8%	60920
Amadora	62,0%	25,2%	8,5%	2,0%	2,3%	67235
Azambuja	68,6%	18,2%	6,6%	3,6%	3,0%	7431
Barreiro	64,8%	24,4%	6,5%	1,5%	2,9%	29973
Cascais	63,9%	22,0%	6,6%	2,9%	4,7%	62866
Lisboa	69,0%	22,8%	5,7%	1,2%	1,4%	231845
Loures	65,8%	16,6%	8,0%	4,0%	5,5%	70949
Mafra	58,9%	21,1%	9,0%	5,5%	5,5%	18642
Moita	66,3%	22,7%	4,8%	2,4%	3,9%	23907
Montijo	67,8%	17,1%	7,2%	3,6%	4,4%	14819
Odivelas	67,6%	20,8%	6,6%	2,4%	2,6%	48853
Oeiras	56,5%	26,9%	8,5%	4,2%	3,9%	61717
Palmela	54,4%	23,1%	10,7%	4,0%	7,8%	18959
Seixal	55,1%	25,9%	8,1%	3,8%	7,1%	53477
Sesimbra	50,5%	23,5%	11,5%	6,6%	7,9%	13296
Setúbal	64,4%	18,1%	10,5%	3,1%	3,9%	42772
Sintra	58,4%	20,1%	10,4%	4,3%	6,9%	131990
V Franca	65,5%	15,4%	7,9%	4,7%	6,6%	44589
Total	63,7%	21,7%	7,6%	3,0%	4,1%	1009133

7,1%

Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município

Cenário 4 : a compra e o carregamento são subsidiados

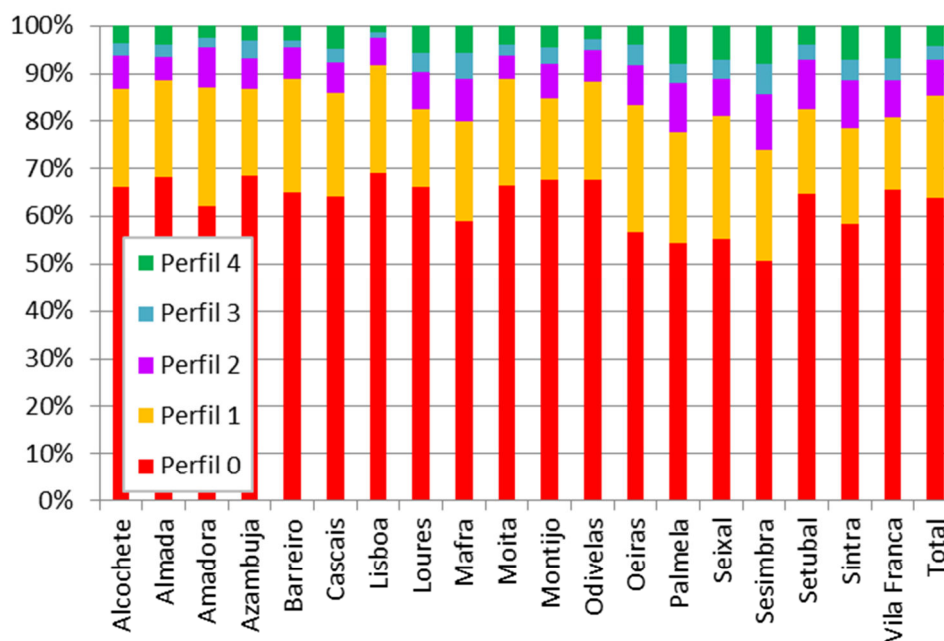


Figura II. 8 - Percentagem de Agregados em cada Perfil, por município, para o Cenário 4