



José João Cunhal Fontainhas

Avaliação da viabilidade económica da
aquisição de um veículo elétrico em Portugal

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José João Cunhal Fontainhas

Avaliação da viabilidade económica da
aquisição de um veículo elétrico em Portugal

Tese de Mestrado
Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Jorge Sá Cunha
Professora Doutora Paula Varandas Ferreira

outubro de 2013

DECLARAÇÃO

Nome:

José João Cunhal Fontainhas

Endereço eletrónico: jose.cfontainhas@gmail.com Telefone: 916424486

Número do Bilhete de Identidade: 13804941

Título da dissertação:

Avaliação da viabilidade económica da aquisição de um veículo elétrico em Portugal

Orientador(es):

Professor Doutor Jorge Miguel Oliveira Sá Cunha

Professora Doutora Paula Fernanda Varandas Ferreira

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado:

Mestrado em Engenharia Industrial – Ramo Avaliação e Gestão de Projetos e Inovação

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 13/12/2013

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação deve-se, sem dúvida, ao apoio incontornável e incondicional dos orientadores, da família e de todos os meus amigos.

À Prof. Paula Ferreira e ao Prof. Jorge Cunha, meus orientadores, por se terem revelado as pessoas mais disponíveis de sempre, prontas a esclarecer qualquer dúvida e a contribuir para o melhor desenrolar dos acontecimentos. Foi um privilégio ter sido orientado por ambos.

Ao Prof. Francisco Brito pelo apoio e discussão de tópicos essenciais para a realização da dissertação.

À Confiauto, por toda a informação cedida relativamente aos seus veículos.

À família, por todo o suporte e alento que foram dando, e por sempre apoiarem a realização da mesma.

A todos os amigos que apoiaram a realização da mesma, contribuindo com o apoio e compreensão para as constantes ausências.

A todos, um muito obrigado!

RESUMO

O crescimento económico tem resultado num aumento mais que proporcional nas emissões de gases com efeito de estufa, resultando na degradação do meio ambiente. Com o intuito de reduzir estes efeitos, diversas medidas têm sido adotadas pelos governos de diferentes países, de entre as quais se destaca o incentivo à aquisição de veículos com emissões reduzidas. Os veículos elétricos, em particular, são apresentados como uma solução verde, amiga do ambiente, dado que durante a sua deslocação não têm emissões de gases nocivos para o ambiente. O objetivo desta dissertação prende-se com a análise da viabilidade da aquisição de veículos elétricos em Portugal.

Para esta avaliação, foi decidido estabelecer uma comparação entre dois veículos existentes em Portugal: o Renault Fluence (veículo com motor de combustão) e o Renault Fluence Z.E. (veículo elétrico), tendo em conta diversos factores tais como: custo dos combustíveis, custo da eletricidade, custo de aquisição, entre outros.

Na dissertação, conclui-se que, do ponto de vista económico, não é ainda vantajoso adquirir um veículo elétrico em Portugal. Pelo facto de ser uma tecnologia que apresenta uma maturidade reduzida, os preços altos associados às baterias e à aquisição dos próprios veículos, bem como as autonomias reduzidas das primeiras, são prova de que existe um longo caminho a percorrer. Nas condições atuais, a aquisição de um veículo elétrico representa ainda um elevado custo para o consumidor e para a própria sociedade, quando em comparação com a aquisição de um veículo convencional. Apenas uma combinação possível, mas para já pouco provável, em que o custo de aquisição do veículo elétrico diminuiria 20%, tal como o custo de aluguer das baterias, estando ainda associado um aumento da eficiência do mesmo em 50%, colocaria o veículo elétrico a competir com qualquer outro veículo. Conclui-se ainda que a utilização mais intensa do veículo elétrico atenua os custos fixos de aluguer das baterias, resultando em custos menores para maiores distâncias.

Apesar de se estar a trabalhar no sentido de reduzir o nível de emissões de gases efeito de estufa, urge a necessidade de se continuar a apostar em tecnologias verdes, como o veículo elétrico, sensibilizando a população, entidades governamentais e indústria para este tema que a todos diz respeito.

PALAVRAS-CHAVE

carro elétrico, carro com motor de combustão, Portugal, modelo económico, ambiente, CO₂

ABSTRACT

The economic growth has resulted in a more than proportional rise in the greenhouse gas emissions, thus deteriorating the environment. So as to reduce these effects, several measures have been adopted by the governments of different countries, such as incentives to the acquisition of low-emission vehicles. Electric vehicles, in particular, are presented as a green solution, environment-friendly, given that its functioning does not involve the emission of environmentally harmful gases. The purpose of this dissertation lies with the analysis of the feasibility of acquiring electric vehicles in Portugal.

For this evaluation, it was established a comparison between two vehicles found in Portugal: Renault Fluence (a combustion engine vehicle) and Renault Fluence Z.E. (an electrical vehicle), considering various factors, such as: fuel costs, electricity costs and acquisition costs.

In the dissertation it is concluded that, from an economic perspective, it is not beneficial yet to acquire an electrical vehicle in Portugal. Given the short maturity of this technology, the high prices associated to the batteries and the acquisition of the vehicles, as well as the low autonomy of the batteries are proof that there is still a long way to go. In the current circumstances, the acquisition of an electrical vehicle represents a high cost for the consumer and the society itself, when compared to the acquisition of a conventional vehicle. Only a possible combination, yet currently very unlikely, of a 20% decrease in the electrical vehicle's acquisition cost, like the rental cost of batteries, and a 50% efficiency gain the same, would allow the electrical vehicle to compete with any other vehicle. It is also concluded that a more intense use of the electrical vehicle softens the fixed costs of the batteries, resulting in fewer costs for greater distances.

KEYWORDS

electric car, fuel engine motor car, Portugal, economic model, environment, CO₂

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS.....	xii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Organização da Dissertação	5
2 O CARRO ELÉTRICO	7
2.1 Evolução Histórica.....	8
2.1.1 Aparecimento e difusão do veículo elétrico.....	8
2.1.2 O declínio do veículo elétrico	10
2.1.3 O reaparecimento	11
2.1.4 A atualidade.....	12
2.2 O Carro Elétrico no Mundo	14
2.2.1 Estados Unidos da América (EUA)	15
2.2.2 Reino Unido	16
2.2.3 França	18
2.2.4 Portugal	20
2.2.5 Alemanha	21
2.2.6 Dinamarca	23
2.2.7 China.....	24
2.2.8 Japão.....	25
2.2.9 Resumo dos incentivos governamentais.....	26
2.3 Vantagens e Barreiras à Utilização do Carro Elétrico	27
2.3.1 Benefícios do veículo elétrico.....	27
2.3.2 Barreiras à utilização do veículo elétrico	29
3 AVALIAÇÃO ECONÓMICA E AMBIENTAL DO CARRO ELÉTRICO.....	33

4	MODELO ECONÓMICO.....	41
4.1	Caso Base	44
4.2	Análise de Sensibilidade	50
4.2.1	Taxa de atualização social	50
4.2.2	Custos dos combustíveis	51
4.2.3	Impostos sobre os combustíveis	52
4.2.4	Preço da eletricidade.....	53
4.2.5	Eficiência do veículo elétrico	53
4.2.6	Conjugação de alterações em vários parâmetros	54
4.2.7	Custo de aquisição do veículo elétrico	55
4.2.8	Custo anual de aluguer das baterias	56
4.2.9	Eficiência do veículo elétrico	56
4.2.10	Conjugação de variáveis	56
4.3	Análise do Risco.....	58
4.3.1	Análise à variação do preço da eletricidade.....	59
4.3.2	Análise à variação do preço do combustível	60
4.3.3	Análise dos resultados.....	61
5	CONCLUSÃO	65
	BIBLIOGRAFIA.....	68
	ANEXOS.....	75
	Anexo A - Modelo Económico	77
	Anexo B - Análise de Risco - @RISK	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 • Rede de carregadores em Portugal – (Inteli, 2010).....	43
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 • Emissão de gases com efeito de estufa (potencial de aquecimento global): por alguns sectores de emissão de gases (%) (PORDATA, 2011).....	7
Gráfico 2 • Custo em excesso para o consumidor – 10000 km. ().....	51
Gráfico 3 • Custo em excesso para a sociedade – 10000 km. ()	52
Gráfico 4 • Custo em excesso para o consumidor – 25000 km. ().....	53
Gráfico 5 • Custo em excesso para a sociedade – 25000 km. ()	55
Gráfico 6 • Distribuição de probabilidades p/ o custo em excesso do consumidor no cenário dos 10000km....	59
Gráfico 7 • Distribuição de probabilidades p/ o custo em excesso para a sociedade no cenário dos 10000km.60	
Gráfico 8 • Distribuição de probabilidades p/ o custo em excesso do consumidor no cenário dos 25000 km. .61	
Gráfico 9 • Distribuição de probabilidades p/ o custo em excesso para a sociedade no cenário dos 25000km.61	

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 • Principais carros elétricos e híbridos disponíveis e anunciados - adaptado (Canis, 2013)	3
Tabela 2 • Vendas veículo híbridos e elétricos nos EUA. (EDTA, 2013).....	13
Tabela 3 • Evolução do carro elétrico – adaptado (CEM, et al., 2013).	14
Tabela 4 • Principais incentivos à aquisição do veículo elétrico(CEM, et al., 2013).	26
Tabela 5 • Média de milhas percorridas diariamente pelos condutores norte-americanos durante dias de semana (%) (Hauch & Ferreira, 2010).....	30
Tabela 6 • Resumo das principais vantagens e barreiras.....	32
Tabela 7 • Parâmetros de análise do CVM e CVE. Adaptado de Prud'homme e Koning (2012).	41
Tabela 8 • Fontes de Gases de Efeito de Estufa em Portugal (APA, 2013)	47
Tabela 9 • Produção Bruta de Energia Elétrica em Portugal (DPE, 1994-2011)	48
Tabela 10 • Parâmetros.	48
Tabela 11 • Resultados 10.000km.....	49
Tabela 12 • Resultados 25.000km.....	49
Tabela 13 • Resultados.	57
Tabela 14 • Resumo da análise de risco.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

B	Custo de aluguer da bateria do veículo elétrico
c	Quantidade de CO ₂ presente numa unidade de kWh
CC	Custo em excesso para o Consumidor
CO₂	Dióxido de Carbono
CPC	Custo de poluição associados ao veículo com motor de combustão
CS	Custo em excesso para a Sociedade
CSVE	Custo do veículo elétrico para a Sociedade
CSVM	Custo do veículo com motor de combustão para a Sociedade
CT	Custo de não emissão de CO ₂
CVE	Custos do veículo elétrico para o consumidor
CVM	Custo do veículo com motor de combustão
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EUA	Estados Unidos da América
evm	Quantidade de CO ₂ por litro de gasóleo
G	Ganhos em emissões de CO ₂
GVE	Níveis de emissões do veículo elétrico
GVM	Níveis de emissões do veículo com motor de combustão
ISP	Imposto sobre produtos petrolíferos e energéticos
IVA	Imposto sobre o valor acrescentado
PC	Preço do combustível
PE	Preço da eletricidade
PVE	Preço de venda do veículo elétrico
PVM	Preço de venda do veículo com motor de combustão
SO₂	Dióxido de enxofre
T	Custos de transporte e comercialização de combustível
UE	União Europeia
VE	Veículo elétrico
VMC	Veículo com motor de combustão
yVE	Consumo do veículo elétrico
yVM	Consumo do veículo com motor de combustão

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e Motivação

Nos dias de hoje, vivemos uma verdadeira revolução tecnológica. Diariamente, são anunciados novos desenvolvimentos, tecnologias revolucionadoras e melhorias nas existentes. A par do momento que se vive há algumas décadas, o crescimento económico tem resultado num aumento mais que proporcional nas emissões de gases de efeito de estufa, resultando na degradação do meio ambiente. O desenvolvimento (e crescimento) da indústria, o aumento do número e da circulação de automóveis e uma necessidade dos países em vias de desenvolvimento aumentarem o seu ritmo de crescimento estão também associados ao aumento da poluição. A utilização massiva de recursos naturais fósseis, enquanto principal fonte de energia, tem implicações bastante severas no meio ambiente. No entanto, num passado recente, é possível verificar que são bastantes os países (Estados Unidos da América, Alemanha, França, entre outros) que se começam a preocupar de verdade com o tema, e a tomar várias ações contra isso. Um pouco por todo o mundo se verifica que há uma tendência na aposta na utilização de energias verdes, na exploração de novas tecnologias e na consciencialização da população para que adotem comportamentos mais ecológicos.

Em 2011, nos Estados Unidos da América, perto de 30% das emissões de gases de efeito de estufa provinham apenas do sector dos transportes (USEPA, 2011), ao passo que na União Europeia dos 27 este valor situa-se nos 20,2% e em Portugal nos 25,1% (PORDATA, 2011). Estes números continuarão a aumentar, se não houver intervenção governamental e um forte desenvolvimento tecnológico, podendo, até 2050, atingir o dobro dos valores atuais (Fulton, Cazzola, & Cuenot, 2009). Deste modo, é perceptível o impacto que a circulação de veículos tem no panorama mundial. Com o intuito de reduzir este número, foram já tomadas medidas governamentais de incentivo à aquisição de veículos com emissões reduzidas (Ernst, Hackbarth, Madlener, Lunz, Sauer, & Eckstein, 2011). Esta medida serve não só de incentivo aos utilizadores dos veículos, mas também à indústria automóvel, dado que esta possui um papel cada vez mais importante neste meio. O desenvolvimento de veículos equipados com motores mais eficientes tem sido uma preocupação constante e os veículos desenvolvidos hoje em dia possuem consumos e emissões cada vez mais reduzidos. No entanto, as principais marcas têm ido mais longe.

Na verdade, um conjunto bastante alargado de produtores tem vindo a apresentar os seus veículos elétricos e híbridos como alternativas aos veículos com motor de combustão, tal como pode ser observado na Tabela 1. Estes veículos têm a particularidade de utilizarem energia elétrica como fonte de energia, armazenando-a em baterias. O veículo elétrico funciona unicamente com recurso a uma bateria elétrica, ao passo que os veículos híbridos utilizam uma combinação de um motor de combustão, e uma bateria elétrica, podendo esta ser recarregada enquanto o veículo se move ou através da ligação à corrente elétrica, tal como o veículo puramente elétrico.

Tabela 1 • Principais carros elétricos e híbridos disponíveis e anunciados - adaptado (Canis, 2013)

VEÍCULOS ELÉTRICOS	
Modelos elétricos disponíveis	Modelos elétricos anunciados e concept cars
Coda Automotive, Coda Sedan	Audi A3 e-tron
Ford C-MAX ENERGI	Audi A4 and Q7 Plug-in Hybrids
Ford Fusion ENERGI	BMW i3 and i8
Ford Focus Electric	Cadillac ELR
Honda Fit EV	Chevrolet Spark
Mitsubishi iMiEV	Fiat 500e
Nissan Leaf	Fisker Atlantic
Smart For Two	Infiniti LE
Tesla Model S	Mercedes - Benz B-Class electric
Toyota Prius Plug-In	Mercedes - Benz S-Class Plug-In
Toyota RAV-4 EV	Mercedes - Benz SLS AMG Coupé Electric Drive
Wheego Electric Cars, Inc., Life	Mitsubishi Outlander Plug-in
	Porsche 918 Spyder PHEV
	Porsche Panamera Plug-in Hybrid
	Suzuki Swift PHEV
	Tesla Model X
	Toyota eQ
	Volkswagen Golf EV
	Volkswagen Passat PHEV
	Volvo V60 Plug-In Hybrid

VEÍCULOS HÍBRIDOS	
Acura - ILX (2013)	Infiniti - M35h Hybrid (2012)
Audi - Q5 Hybrid (2013)	Kia - Optima (2013)
BMW - ActiveHybrid 3 (2013)	Kia - Optima Hybrid (2012)
BMW - ActiveHybrid 5 (2013)	Lexus - CT 200h (2013)
BMW - ActiveHybrid 7 (2013)	Lexus - CT 200h (2012)
BMW - ActiveHybrid 7 (2012)	Lexus - ES 300h (2013)
Buick - LaCrosse Hybrid (2012)	Lexus - GS 450h (2013)
Buick - Regal Hybrid (2012)	Lexus - GS 450h (2012)
Cadillac - Escalade 2WD / AWD (2013)	Lexus - HS 250h (2012)
Cadillac - Escalade Hybrid (2012)	Lexus - LS 600h L (2013)
Chevrolet - Silverado 1500 Hybrid (2012)	Lexus - LS 600h L (2012)
Chevrolet - Silverado C / K 1500 (2013)	Lexus - RX 450h (2013)
Chevrolet - Tahoe 1500 Hybrid (2012)	Lexus - RX 450h (2012)
Chevrolet - Tahoe 2WD / AWD (2013)	Lincoln - MKZ (2013)
Ford - C-MAX (2013)	Lincoln - MKZ Hybrid (2012)

VEÍCULOS HÍBRIDOS	
Ford - Escape Hybrid FWD/4WD (2012)	Mercedes-Benz - S400 (2013)
Ford - Fusion (2013)	Mercedes-Benz - S400 Hybrid (2012)
Ford - Fusion Hybrid (2012)	Nissan - Altima Hybrid (2012)
GMC - Sierra 1500 Hybrid (2012)	Porsche - Cayenne S Hybrid (2013)
GMC - Sierra C / K 1500 (2013)	Porsche - Cayenne S Hybrid (2012)
GMC - Sierra C / K 1500 (2013)	Porsche - Panamera S Hybrid (2013)
GMC - Yukon 1500 Hybrid (2012)	Porsche - Panamera S Hybrid (2012)
GMC - Yukon 2WD / AWD (2013)	Toyota - Avalon (2013)
GMC - Yukon Denali 2WD / AWD (2013)	Toyota - Camry (2013)
Honda - Civic Hybrid (2012)	Toyota - Camry Hybrid (2012)
Honda - CR-Z Hybrid (2012)	Toyota - Highlander (2013)
Honda - CRZ (2013)	Toyota - Prius C (2013)
Honda - Civic (2013)	Toyota - Prius Hybrid (2012)
Honda - Insight (2013)	Toyota - Prius V (2013)
Honda - Insight (2012)	Volkswagen - Jetta Hybrid (2013)
Hyundai - Sonata (2013)	Volkswagen - Toureg Hybrid (2013)
Hyundai - Sonata Hybrid (2012)	Toyota - Highlander Hybrid (2012)
Infiniti - M35h (2013)	Toyota - Prius (2013)

Os veículos elétricos, em particular, são apresentados como uma solução verde, amiga do ambiente, dado que durante a sua deslocação não têm emissões de gases nocivos para o ambiente. Para além disto, proporcionam, genericamente, as mesmas condições que um veículo convencional, sem grande parte dos seus custos (ou desvantagens). Para além de serem veículos menos poluentes, são incomparavelmente mais silenciosos, são mais económicos, no que concerne ao consumo, e não utilizam (pelo menos diretamente) combustíveis fósseis. No entanto, apesar de apresentarem todas estas vantagens, duas desvantagens principais estão associadas ao veículo elétrico: autonomia (apercebida) reduzida e preços de aquisição relativamente elevados. Tal facto prende-se, essencialmente, com os elevados custos das suas baterias cuja tecnologia ainda se encontra numa fase algo prematura. Todavia, é expectável que, com o desenvolvimento da mesma, os preços de aquisição diminuam e passem a estar ao alcance de grande parte da população mundial.

Este tema tem tomado contornos bastante significativos. Fruto da consciencialização previamente referida, da aposta das marcas nesta tecnologia e dos incentivos governamentais que começam a aparecer em todo o mundo, o veículo elétrico é, cada vez mais, visto como o veículo do futuro.

1.2 Objetivos

De acordo com o enquadramento anterior, o objetivo desta dissertação consiste na avaliação da viabilidade da aquisição dos veículos elétricos em Portugal. Este é um país do Sul da Europa, zona que está a ser particularmente fustigada pela forte crise económica que teve início em 2008. Em 2010, foi firmado um acordo de 15 milhões de euros que pretendia instalar uma infraestrutura de carregamento de baterias dos veículos elétricos, a nível nacional, tentando com isto incentivar a aquisição destes veículos em Portugal. Com isto, estava a ser dado um passo bastante importante na implementação desta tecnologia, que servia de exemplo para os restantes países.

Para esta avaliação, foi decidido estabelecer uma comparação entre dois veículos existentes em Portugal. Os veículos escolhidos foram o Renault Fluence (versão Dynamique) e o Renault Fluence Z.E. (versão Expression). Os veículos são exatamente iguais, com a exceção de o primeiro possuir um motor de combustão e o segundo um motor elétrico. Com o intuito de procurar cobrir um elevado conjunto de critérios, foram analisados vários aspetos relativos aos veículos, à sua utilização e aos custos imputados. Assim, foi definida uma utilização constante do veículo durante 15 anos. Ao longo destes anos, testou-se a possibilidade de estes percorrerem 10.000km ou 25.000km anualmente, com o intuito de provar se uma maior utilização de um veículo elétrico reduziria a diferença de custos entre os veículos em causa. Para além disto, foi considerado ainda o custo do combustível e da eletricidade, bem como possíveis aumentos, a carga fiscal sobre cada um destes e o aluguer da bateria e instalação de um carregador em casa, no caso do veículo elétrico. Com esta análise, pretende-se determinar qual seria o custo em excesso para o consumidor, para a sociedade e quais os ganhos (ou reduções) nas emissões de dióxido de carbono (CO₂), com a aquisição de um veículo elétrico.

1.3 Organização da Dissertação

Esta dissertação procura servir de referência e de ponto de partida para futuros trabalhos sobre o mesmo tema. Como tal, no capítulo 2 apresenta-se a história e a evolução do veículo elétrico. O primeiro veículo elétrico foi criado há quase dois séculos e chegou a ser visto como o veículo que iria perdurar, visto se prever que os custos de aquisição fossem diminuir (The Wahsington Post, 31 de Outubro 1915). Desde meados do século XIX até à atualidade, o veículo elétrico foi sempre posto de parte, nunca tendo chegado a chamar a devida atenção por apresentar demasiadas barreiras à sua

utilização. Estas barreiras e vantagens, já anteriormente referidas, são também abordadas neste segundo capítulo procurando destacar aquilo que de melhor e de pior tem, na atualidade, o veículo elétrico.

Como supracitado, o veículo elétrico tem suscitado a curiosidade da população e, em particular, da comunidade académica. São vários os estudos e artigos que surgem sobre o veículo elétrico e as suas implicações no ambiente. Assim sendo, foi também realizada uma breve revisão da literatura já existente sobre o carro elétrico e suas avaliações económicas e ambientais, a qual corresponde ao capítulo 3.

De seguida, no capítulo 4 descreve-se e explica-se o modelo económico usado para fazer a avaliação da viabilidade económica da aquisição do veículo elétrico. Neste modelo são utilizadas variáveis previamente referidas, onde se tenta concluir e retirar as implicações da aquisição de ambos os veículos para o consumidor, para a economia e qual o impacto em termos de emissões de CO₂. Pretende-se, ainda, determinar qual ou quais das variáveis em questão mais influenciam os resultados finais recorrendo quer a uma análise de sensibilidade quer a uma análise probabilística do risco.

Finalmente, no capítulo 5 apresentam-se as principais conclusões que se retiram da análise empírica efetuada assim como se salientam as perspetivas de trabalho futuro. Na verdade, considera-se também de elevada importância não descurar qual o papel que as entidades governamentais, as marcas e a própria sociedade poderão ter no futuro desta tecnologia.

2 O CARRO ELÉTRICO

É seguro afirmar que, no decorrer das últimas décadas, a população mundial tem vindo a tornar-se cada vez mais dependente dos seus veículos automóveis para qualquer tipo de deslocação. É uma realidade que tem vindo a despertar e a preocupar os sucessivos governos para as implicações da situação, nomeadamente em termos dos custos ambientais e socioeconómicos resultantes deste uso excessivo dos veículos automóveis (Anair & Mahmassani, 2012). Estas questões estão a tomar proporções preocupantes, sendo os transportes urbanos responsáveis, em média, por 20% da totalidade dos gases de efeito de estufa nas estradas europeias (PORDATA, 2011), tal como pode ser observado no Gráfico 1.

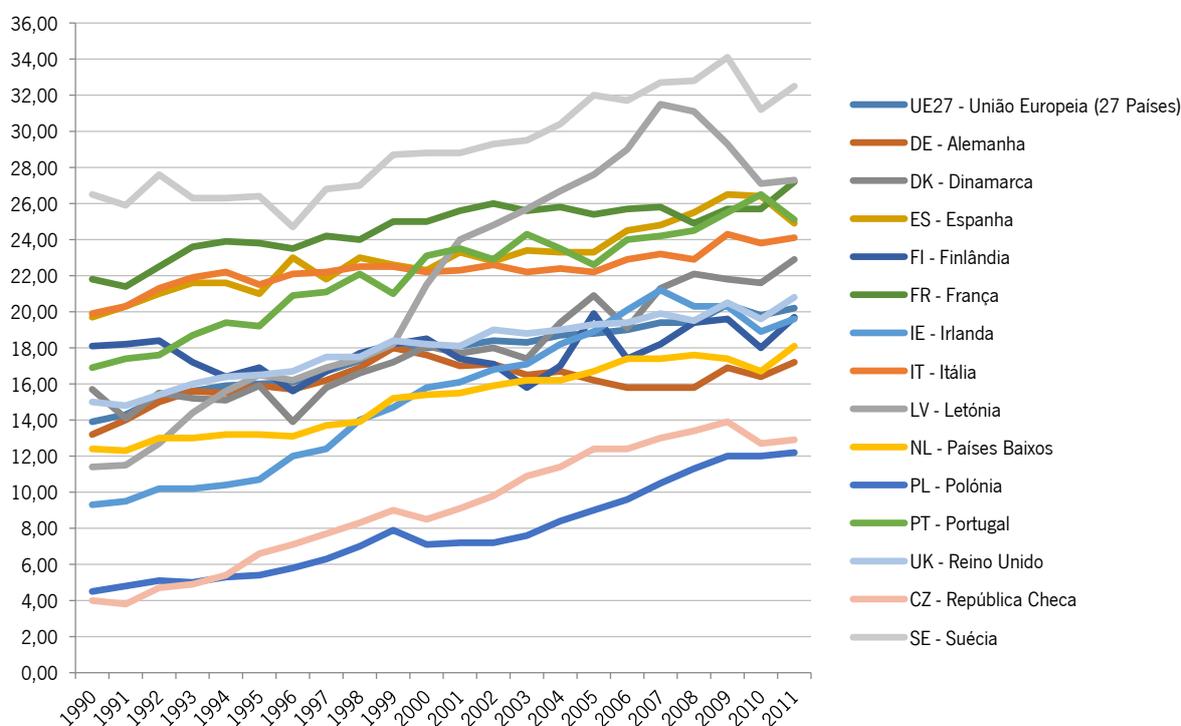


Gráfico 1 • Emissão de gases com efeito de estufa (potencial de aquecimento global): por alguns sectores de emissão de gases (%)
(Sector dos transportes)(PORDATA, 2011).

Tendo como base este facto, a utilização do veículo elétrico tem sido apresentada como uma solução “verde” e é uma consequência direta das necessidades com que nos deparamos hoje em dia, visto ser capaz de proporcionar aos seus utilizadores os mesmos benefícios que um veículo com motor de combustão no que concerne ao propósito de um veículo automóvel, a deslocação de pessoas e mercadorias. Os veículos elétricos têm a capacidade de reduzir drasticamente este tipo de problemas e

tem-se verificado, ultimamente, um maior investimento das principais marcas automóveis neste sentido. Como resultado desta aposta necessária da indústria automóvel, verificam-se, a cada dia, cada vez mais veículos elétricos a circular nas estradas de todo o mundo. No entanto, esta solução para o combate à redução de emissões, apesar de poder aparentar, não é recente. Como se verá mais à frente, os veículos e motores elétricos surgiram há quase 200 anos. Eram veículos elaborados, para a altura, e dependiam unicamente de eletricidade para se deslocarem, tendo como objetivo reduzir a poluição excessiva que os veículos da altura causavam. Deste modo, estes afirmaram-se como uma realidade e como uma opção viável durante alguns anos.

2.1 Evolução Histórica

2.1.1 Aparecimento e difusão do veículo elétrico

Remontando a meados do século XIX, em 1834, é construído o primeiro veículo elétrico, surgindo como resposta aos veículos a vapor e a gasolina que se utilizavam na altura. A criação do original veículo elétrico está repartida por vários cientistas europeus e norte-americanos. No entanto, aqueles dignos de registo e que mais sucesso obtiveram, foram o norte-americano Thomas Davenport e o escocês Robert Davidson que, em 1842, utilizavam baterias não recarregáveis. Após um período em que apenas França e Inglaterra pareciam apostar no desenvolvimento deste veículo, no final do século XIX, as vantagens recorrentes da utilização deste tipo de veículos pareciam tornar-se óbvias para os americanos, que começaram, em 1895, a dedicar-se ao desenvolvimento destes veículos (Chan, 2013). Estes veículos, quando comparados com os restantes veículos em circulação, apresentam um conjunto de características que lhes conferem vantagens únicas. A não emissão de ruídos nem de sons e a inexistência das vibrações resultantes dos motores de combustão ou movidos a vapor, tornaram os veículos elétricos bastante atrativos para a época. De facto, em 1897, a “Eletric Vehicle Co.” introduzia em Nova Iorque o veículo elétrico (Chan, 2013), atingindo, em 1899, a marca dos 60 táxis elétricos na sua frota (NPR, 2011). Nesta época, surgiam notícias que anunciavam o veículo elétrico como sendo a solução ideal para alguns dos problemas da altura, por ser mais limpa e silenciosa e muito mais económica (The New York Times, 2 de Novembro de 1911), sendo que já se previa uma diminuição do preço dos mesmos até que atingissem um preço suportável por uma família com rendimentos médios (The Washington Post, 31 de Outubro 1915). Muitos foram os modelos que foram surgindo nos

Estados Unidos e na Europa, sendo que em França, no ano de 1900, graças ao desenvolvimento de baterias específicas para cada veículo, o BGS EV percorreu cerca de 290 km com apenas uma carga, uma marca verdadeiramente impressionante. Foi também nesta altura que um veículo ultrapassou a barreira dos 100 km/h. Surpreendentemente, tratava-se também de um veículo elétrico (Chan, 2013). Estima-se que, em 1900, existissem cerca de 4000 carros a circular nos EUA, sendo que um terço destes eram veículos elétricos, evidenciando todo o impacto que estes estavam a ter na sociedade (NPR, 2011). Apesar de, no que concerne ao transporte de mercadorias e pessoas, todos os veículos cumprissem a mesma função, alguns destes revelavam falhas que causavam algum constrangimento a grande parte dos seus potenciais clientes. Considerando, por exemplo, os veículos movidos a vapor, dadas as suas especificidades, estes tinham a necessidade de ser constantemente abastecidos com água, sucedendo com bastante frequência, muito antes de um veículo elétrico ter necessidade de ser recarregado. Ainda, em alturas mais críticas como o Inverno, estes motores poderiam demorar até 45 minutos a arrancar. Já os veículos a gasolina, para além das emissões e do ruído anteriormente referidos, possuíam um sistema de mudanças bastante difícil de operar. Assim, a escolha ideal e perfeita para a altura era, sem dúvida, o veículo elétrico. Apesar de, já na altura, a autonomia dos veículos elétricos comercializados ser bastante reduzida, as infraestruturas rodoviárias estavam muito pouco desenvolvidas, sendo que os veículos eram essencialmente utilizados para deslocações dentro das localidades. Como tal, a necessidade de veículos com maior autonomia era inexistente. Como vamos ver mais à frente, apenas em meados do século XIX estas infraestruturas começaram a ser desenvolvidas.

Poderá parecer algo anormal um problema prolongar-se durante centenas de anos e ter continuidade na atualidade. Tal como podemos verificar nos dias de hoje, embora numa escala diferente, um dos problemas que se coloca é o das infraestruturas e do método de carregamento/troca de baterias. Já nos primórdios do veículo elétrico se deparavam com este problema. Dado que estas infraestruturas não estavam disseminadas e havia o conhecido (e ainda atual) problema da autonomia, uma das soluções adotadas foi um serviço de troca de baterias, na qual os proprietários pagavam uma taxa variável, de acordo com a distância percorrida, e ainda uma taxa mensal para cobrir a manutenção do veículo.

2.1.2 O declínio do veículo elétrico

No entanto, esta “hegemonia” havia de começar a declinar por um alargado espectro de razões. De acordo com o livro “*Perspectives on Urban Infrastructures*” (Hanson, 1984), tanto nos EUA como na Europa Ocidental, no século XIX, uma sociedade predominantemente agrícola transformava-se numa sociedade urbana e industrial, tornando-se mais dependente do avanço tecnológico. Para contextualizar este desenvolvimento, entre 1790 e 1860, nos EUA, a população passou de pouco mais de 200.000 pessoas para 6 milhões de habitantes. Naturalmente, esta mudança trouxe implicações no que concerne às infraestruturas rodoviárias. Todo o fulgor característico deste forte crescimento económico resultou no forte desenvolvimento das estradas no país. Os EUA começaram a desenvolver e a reforçar a sua rede rodoviária, resultando num sistema que conectava diferentes cidades. Consequentemente, com todo este investimento por parte do governo americano, a necessidade de serem produzidos veículos com maior autonomia passou a ser mandatária. Um facto que veio agravar a posição do veículo elétrico no mercado foram os preços dos combustíveis. Após uma recente descoberta de petróleo e posterior intensificação da extração do mesmo, os preços da gasolina diminuíram consideravelmente. Por volta de 1908, Henry Ford, com a apresentação do seu Ford T preto, conseguiu deteriorar ainda mais a já frágil situação em que se encontrava o veículo elétrico. Os reduzidos custos de produção permitiam-no vender estes veículos a um preço mais acessível, facto que associado à maior eficiência do mesmo, aniquilou por completo qualquer concorrência possível. Por volta de 1935, todas as vantagens que o veículo elétrico apresentava inicialmente, acabariam por desvanecer, abrindo portas à rápida ascensão dos automóveis a gasolina (Chan, 2013).

Sem oposição à altura e numa época em que as infraestruturas de apoio ao automóvel a gasolina proliferavam (postos de abastecimento, refinarias, stands automóveis e pessoal especializado na reparação destes veículos), o veículo elétrico assistiu à consolidação da posição dos automóveis a gasolina. Em termos comparativos, em 1924, nos EUA, existiam apenas 381 veículos elétricos em relação aos 3.185.490 carros a gasolina (Cowan & Hultén, 1996). Por outro lado, no Japão, dada a racionalização de petróleo que ocorria em 1947, surge um veículo elétrico com 4,5 cavalos de potência, equipado com uma bateria de 40v de chumbo e ácido.

2.1.3 O reaparecimento

Após algumas décadas desaparecido, na década de 70, o veículo elétrico volta a ser apontado como uma solução para os problemas que se viviam na altura. Nos EUA, começava a registar-se uma forte poluição atmosférica, associada a filas intermináveis e inúmeros acidentes automóveis. Em conjunto com a crise petrolífera a que se assistia no Médio Oriente, a dependência dos EUA em relação a estes regimes começou a ser questionada (Cowan & Hultén, 1996).

A crise do petróleo de 1973 vem no seguimento de anos de negociação entre os países pertencentes à Organização de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) e as empresas ocidentais. Após o presidente norte-americano ter cancelado, unilateralmente, os acordos de Bretton Woods, a crise do petróleo ganhou novas dimensões. O regime monetário concertado em Bretton Woods estabeleceu um conjunto de regras comerciais e financeiras entre as maiores indústrias do mundo, entre as quais havia a obrigação de cada um desses países ter a sua taxa de câmbio indexada ao dólar americano que, por sua vez, estava dependente do valor do ouro. Precipitado pelo crescente défice na balança de pagamentos, Nixon foi “obrigado” a pôr termo à paridade fixa do valor do dólar face ao ouro, terminando esta decisão com o acordo de Bretton Woods. O término deste “contrato” teve um grande impacto nas exportações de petróleo, visto que este era comercializado em dólares. Em 1973, durante um conflito entre o Egito e Síria contra Israel, os membros árabes da OPEP decidiram, após o apoio dos EUA a Israel, aumentar o preço do petróleo em 70% e colocar um embargo aos EUA. Esta “arma” utilizada pelos países árabes continuou a ter algum impacto durante os anos seguintes. Não só nos EUA, mas um pouco por todo o mundo estes efeitos fizeram-se sentir (Smith, Meeker, & Sharma, 2011)

Perante um crescimento acelerado e com cada vez maiores necessidades energéticas, tornou-se fundamental procurar alternativas viáveis. A título de exemplo, em 1976, foi aprovado, nos EUA, um programa de 160 milhões de dólares com vista ao desenvolvimento de baterias e dos próprios veículos elétricos. No entanto, toda a ambição que se demonstra nestes projetos acabou por não se traduzir em resultados práticos, dado que, na década seguinte, a ideia de implementar o veículo elétrico caíria por terra novamente.

Também no Japão se começou a desenvolver este tipo de veículos. Entre 1975 e 1976, foram

investidos 19 milhões de dólares num projeto nacional, dentro do qual foram desenvolvidos vários veículos. Tal como os EUA, haviam sido definidos objetivos demasiado otimistas, que não chegaram a ser alcançados. De acordo com Cowan e Hultén (1996), os projetos lançados nesta altura foram baseados na premissa de que as baterias poderiam ser desenvolvidas rapidamente, facto que não aconteceu. Baseando-nos nos dois períodos supracitados, são facilmente percetíveis os motivos que levaram ao abandono desta alternativa. Custos elevados associados a rendimentos menos bons não são atrativos para a maior parte da população. No entanto, mais recentemente, o veículo elétrico voltou a ser posto em consideração.

Esta segunda fase fica marcada pela apresentação de dois veículos elétricos simbólicos, no final da década de 90. Com o intuito de ir de encontro às exigências da “*California's Zero Emission Vehicle (ZEV)*” de 1990, a General Motors apresentou, em 1996, o EV1, o primeiro veículo elétrico moderno lançado no mercado por uma das maiores empresas produtoras de automóveis. Um ano depois, no Japão, a Toyota apresenta o primeiro carro elétrico do mundo, o Prius. Foram vendidas cerca de 18.000 unidades deste veículo apenas no primeiro ano de produção apenas no Japão (CEM, EVI, & IEA, 2013).

2.1.4 A atualidade

Prud'homme e Koning (2012) referem que em 2010 foram apresentados vários modelos deste tipo de veículos por várias empresas do setor automóvel. Assim, surge pela primeira vez o Nissan LEAF, que contribui para, em 2011, se atingir a marca dos 50.000 veículos elétricos em circulação em todo o mundo, sendo este um verdadeiro marco na história deste carro. Ainda, nesse mesmo ano, o Nissan LEAF é eleito como “Carro Europeu do Ano”. Em 2012, celebrava-se o facto de o Chevrolet Volt, um veículo híbrido *plug-in* (que carrega em ligação à corrente elétrica) ter suplantado as vendas de metade das marcas nos EUA (CEM, et al., 2013). Esta “hibridização” dos veículos convencionais é, de certo modo, uma ponte entre os veículos convencionais e os veículos elétricos. A mudança gradual de um veículo convencional para um veículo híbrido, faz crer que, num futuro próximo, se comece a ver também uma mudança dos veículos híbridos para os veículos elétricos.

Não obstante, e coincidência ou não, o reaparecimento do veículo elétrico sucede-se ao início de uma das mais severas crises económico-financeira-social a que se assiste desde sempre. Correndo o risco

de se ser precipitado, pode-se afirmar que o surgimento de dificuldades económicas e financeiras suscita a necessidade que cada país tem em inovar e descobrir novos meios que contribuam para o equilíbrio das suas contas públicas. Coincidência ou não, aquilo que se pode constatar de momento é que tem sido feito um investimento massivo por parte das maiores potências mundiais no sentido de promover o desenvolvimento e incentivar a aquisição destes veículos. Mais do que uma mera alternativa ao veículo com motor de combustão, os carros elétricos são hoje vistos como uma solução. Uma solução que procura pôr cobro a vários problemas que assolam a sociedade nos dias de hoje. Considerando que estes não emitem qualquer gás poluente durante a utilização, que são bastante mais eficientes do que qualquer outro veículo e o facto de o sector automóvel ser uma das principais fontes geradoras de gases causadores de efeito de estufa, estes têm o potencial de se tornarem nos verdadeiros veículos do futuro.

Tabela 2 • Vendas veículo híbridos e elétricos nos EUA. (EDTA, 2013).

MÊS	HÍBRIDOS	HÍBRIDOS PLUG-IN	VEÍCULOS ELÉTRICOS	TOTAL
Janeiro	34,611	2,354	2,022	38,987
Fevereiro	40,173	2,789	2,616	45,578
Março	46,327	3,079	4,553	53,959
Abril	42,804	2,735	4,403	49,942
Mai	48,796	3,209	4,545	56,55
Junho	44,924	4,169	4,573	53,666
Julho	45,494	3,499	3,943	52,936
Agosto	53,02	6,407	4,956	64,383
Setembro	33,576	4,477	3,65	41,703
Outubro				
Novembro				
Dezembro				
Total	389,725	Todos os Plug-in (inclui elétricos)	67,979	457,704
Venda de veículos até à data			11,742,211	
Percentagem de mercado dos veículos elétricos			3.90%	

Nos dias de hoje, a certeza de que o veículo elétrico veio para ficar é uma hipótese que ganha cada vez mais força. As principais marcas já apresentaram os seus veículos elétricos e demonstram-se bastante empenhadas em continuar a apostar nesta tecnologia. Também os governos têm tido um papel preponderante, como se poderá verificar na secção seguinte, apostando no desenvolvimento de infraestruturas de carregamento, apoiando financeira e fiscalmente a aquisição dos mesmos e investindo e incitando a indústria automóvel a apostar nesta tecnologia.

Porém, tendo em conta todo o historial do veículo elétrico, ainda não é possível prever que este seja o momento em que o veículo elétrico irá ser definitivamente adotado, dado que apresenta algumas barreiras que se estão a revelar difíceis de transpor. No entanto, tendo em conta todos os acontecimentos descritos e o empenho que os países mais desenvolvidos têm demonstrado, espera-se que passem a ser tidos em consideração enquanto verdadeira alternativa aos veículos com motor de combustão. Como resultado destes investimentos, podemos verificar na Tabela 2 que, apenas em 2013, o total de veículos elétricos vendidos começa já a representar um número algo significativo.

Concluindo, pode-se resumir a evolução do veículo elétrico nas fases descritas na tabela 3.

Tabela 3 • Evolução do carro elétrico – adaptado (CEM, et al., 2013).

O início 1801-1850	Os primeiros veículos elétricos são inventados na Escócia e nos EUA.
A primeira Era 1851-1900	Os veículos elétricos entram no mercado e encontram grande adesão.
Crescimento e desaparecimento 1901-1950	Os veículos elétricos atingem picos de produção e são depois substituídos pelos carros a combustível.
A segunda Era 1951-2000	Elevado preço dos combustíveis e nível de poluição leva a um novo interesse no veículo elétrico.
A terceira Era 2001-...	Compromisso dos sectores público e privado na eletrificação dos veículos.

2.2 O Carro Elétrico no Mundo

Por todo o mundo a ideia de que o veículo elétrico é benéfico para a população tem-se espalhado, causando diferentes níveis de impacto. A importância deste tipo de veículos tem vindo a ser reconhecida, registando-se, a cada dia que passa, um maior número de carros elétricos em circulação. No entanto, pelos factos já anteriormente referidos, entre os quais o preço de aquisição elevado e a baixa autonomia, a sua disseminação está ainda longe do que se pretende atingir.

Esta secção tem como objetivo fazer um levantamento das principais medidas que têm sido adotadas por vários países para estimular ou incentivar o uso do veículo elétrico. Procura-se efetuar uma

comparação entre as várias realidades, contrapondo países dos mais desenvolvidos do mundo, como os EUA, e países manifestamente afetados por uma severa crise económica, como é o caso português. Até à data, eram vários os registos de investimentos por parte de um grande número de países, sendo que estes têm vindo a diminuir com o agravar da situação económica.

2.2.1 Estados Unidos da América (EUA)

Como primeiro exemplo, surgem os EUA. No ano de 2009, o governo norte-americano tomou uma decisão que comportava um grande nível de risco, acabando por exceder as expectativas do mercado. Fez um empréstimo de mais de 8 mil milhões de dólares a três empresas – Ford, Nissan e Tesla – com o intuito de apoiar o processo de reconstrução das fábricas de automóveis americanas, apostando no desenvolvimento e construção do carro do futuro. Numa altura em que a General Motors havia declarado falência e em que as vendas de automóveis decaíam, todos indicavam a indústria do automóvel elétrico como destinada (novamente) ao fracasso. Contudo, apesar da incerteza quanto aos efeitos desta decisão, esta haveria por se vir a revelar como sendo a mais acertada. Prova disto, é o facto de uma das empresas, a Tesla, uma empresa com apenas 10 anos de existência, já ter devolvido todo o capital que havia sido emprestado em 2009. Fê-lo 9 anos antes do prazo estipulado, o que demonstra todo o poder desta indústria. Conseguiu ainda criar cerca de 3000 postos de trabalho, bastantes mais dos que estavam inicialmente previstos. Esta aposta tem como objetivo a redução do consumo de combustíveis fósseis, indo de encontro àquilo que havia sido definido como objetivo: terminar com a dependência dos EUA de petróleo proveniente do Médio Oriente (USA, 2013)

Porém, a aposta dos EUA nos veículos elétricos não se prende unicamente com a tentativa de eliminar a dependência face a outros países. É sim, uma forma de equilibrar a sua balança comercial. Para além disso, este investimento trará benefícios ao nível das despesas de capital, da taxa de emprego, da melhoria da saúde pública e do próprio ambiente e emissões de gases. Becker (2009) fez um estudo sobre qual será a adesão do mercado, em 2030, ao veículo elétrico e analisa qual o impacto deste nas variáveis anteriormente apresentadas. Concluiu que as vendas destes veículos em 2030 atingirão 64% de todos os veículos ligeiros no país, o que irá resultar numa queda de 20% a 69% em emissões de gases nocivos para o ambiente e, conseqüentemente, numa poupança de 105 a 210 biliões de dólares em despesas de saúde. Concluiu ainda que os EUA importarão 18% a 38% menos petróleo, contribuindo para o equilíbrio da balança comercial. Por fim, todo o investimento contribuirá com um

aumento de até 380.000 postos de emprego, através das fábricas para a produção de baterias e da construção, operação e manutenção das redes de infraestruturas de carregamento doméstico.

A título de exemplo de medidas concretas adotadas pela administração do governo federal, destaca-se o apoio de 7.500 dólares para a aquisição de veículos elétricos. Para além disto, foram disponibilizados 2,4 mil milhões de dólares para apoiar o desenvolvimento dos veículos elétricos, dos quais 1,5 mil milhões apenas para investigação e desenvolvimento das baterias elétricas, com o intuito de aumentar a vida útil das baterias e reduzir em 30% o preço de aquisição (NPE, 2012). A aquisição e instalação de estações e postos de carregamento dos veículos elétricos também é financiada. Caso seja construída para fins comerciais, 30% do valor é considerado como crédito nos impostos, até um limite de 30.000 dólares, e caso seja instalado numa casa, será concedido um apoio máximo de 1.000 dólares (CEM, et al., 2013).

É, por isso, seguro afirmar que, apesar da dimensão dos EUA, já estão a ser tomadas medidas para diminuir a dependência dos seus habitantes de veículos com motor de combustão. Caso as previsões deste estudo se verifiquem, estará a ser dado um grande passo e um grande exemplo no que concerne às emissões de gases nocivos para o ambiente. Um exemplo que decerto contribuirá para a estabilização e melhoria da economia do país.

2.2.2 Reino Unido

No Reino Unido, verificamos uma situação algo semelhante à dos EUA. Num país onde cerca de 24% das emissões de CO₂ provêm do transporte terrestre, a redução da dependência em combustíveis fósseis no sector é vista como uma prioridade (HMG, 2011).

Em 2011, o governo britânico elaborou um documento. O *Carbon Plan* foi elaborado com o intuito de planear a redução das atuais emissões de CO₂ para níveis de 1990 até ao ano de 2020, onde estão referidas todas as estratégias e ambições do mesmo para com o veículo elétrico. Este plano é uma visão clara daquilo que o Governo pretende, e explica como é que este objetivo irá ser alcançado e que passos irão ser tomados para remover todas as entraves à implementação do veículo elétrico.

Também aqui o Governo está a ter um papel essencial na implementação destes veículos. Foi desenvolvido um conjunto de medidas orientadas para a promoção, criação e solidificação de um

mercado para os mesmos. Desde 2011 que é concedido um apoio aos compradores dos veículos elétricos que pode ir desde 25% do valor do veículo, até um máximo de 5.000 libras, não sendo este aplicável a todos os veículos elétricos. Aliados a benefícios fiscais, como a isenção de imposto automóvel, e alguns apoios decretados pelos governos locais, estas medidas têm o objetivo de tornar estes veículos numa proposta mais atrativa para os consumidores em termos de custo, visto ser esta uma das maiores barreiras para a aquisição dos mesmos (OLEV, 2011). Todos estes apoios fazem parte de uma provisão que ronda os 300 milhões de libras. Para além disto, um pacote extra de 30 milhões de libras constituiu a chave para o início da implementação da infraestrutura de carregamento no Reino Unido, com o intuito de desenvolver e criar uma rede nacional (HMG, 2011).

Por fim, para assegurar o desenvolvimento da tecnologia, indo novamente de encontro ao objetivo primário da iniciativa – aumentar a procura dos veículos elétricos no Reino Unido -, é necessário continuar a derrubar as barreiras que se vão impondo. Por isso, em conjunto com o Conselho Automóvel do Reino Unido (*UK Automotive Council*), foram identificadas características merecedoras de uma forte componente de Investigação e Desenvolvimento (I&D). É através da aposta na melhoria contínua que o Governo Britânico tentará cultivar a importância do veículo elétrico (OLEV, 2011).

Mais recentemente ainda, o Governo Britânico apresentou um novo apoio que visa aumentar a procura por estes veículos, facilitando o carregamento dos mesmos em casa. Tendo concluído que grande parte dos utilizadores irão fazer grande parte dos carregamentos das baterias na sua habitação, autoridades locais em Inglaterra têm acesso, desde Fevereiro de 2013, a um fundo que pode ser utilizado para financiar a aquisição e instalação de carregadores residenciais. Este apoio poderá assumir até 75% dos custos de instalação destas plataformas (BBC, 2013)

Dado todo o esforço, os resultados começam a aparecer. Dados de 2013 confirmam que o total de veículos elétricos e híbridos *plug-in* vendidos até Agosto de 2013 havia atingido 80% do total das vendas do ano de 2012, registando um aumento de 70% relativamente ao mesmo período do ano anterior. Estes resultados devem-se a um recente aumento da oferta, dado que praticamente todas as grandes empresas da indústria automóvel já apresentaram os seus veículos elétricos e híbridos, bem como às medidas postas em prática e a uma consciencialização da população para este tema (Nichols, 2013; SMMT, 2013).

2.2.3 França

Desde meados da década de 80 que a indústria automóvel francesa apresentava um ritmo acelerado de crescimento, face às crescentes exportações dos seus veículos. Dado todo o fulgor, a indústria de montagem francesa acabava por sair beneficiada até ao início do novo milénio. Aqui, os níveis de produção foram diminuindo, atingindo, em 2007, os mesmos níveis de 1990. Mesmo antes do início da crise que ainda se faz sentir, o sector da indústria já havia perdido cerca de 40.000 postos de trabalho, o que demonstra algumas fragilidades na indústria francesa. No culminar da crise, os grupos Renault e PSA foram particularmente afetados, registando, em Dezembro de 2008, uma queda abrupta nas vendas, bastante superior àquela verificada noutros grupos. Esta crise que se abateu sobre esta indústria, apesar de todo o seu impacto negativo, acabou por provar e demonstrar quão insustentável esta se encontrava. Reconhecendo isto, foi possível descobrir onde e como atuar, na tentativa de prevenir novas incidências. A par disto, também o grupo PSA e a Renault estão a ter um papel preponderante na disseminação do veículo elétrico, contando cada uma das principais marcas dos grupos (Peugeot, Citroen e Renault) com os seus próprios veículos elétricos. De facto, a aliança da Renault com a marca nipónica, Nissan, atingiu em Julho de 2013 a marca dos 100.000 veículos elétricos vendidos em todo o mundo, sendo este um motivo de orgulho para os defensores e apologistas do veículo elétrico (Exame, 2013; Graham, 2010).

Mais recentemente, a república francesa também tem feito um forte investimento no desenvolvimento do veículo elétrico, onde foram definidas um conjunto de políticas que beneficiam veículos com emissões reduzidas de CO₂. Tendo como critério de atribuição de incentivos as emissões durante a deslocação dos veículos, veículos com emissões reduzidas ou nulas (como é o caso do veículo elétrico) receberiam maiores incentivos. Desde 2009 que os veículos que emitissem menos de 60g de CO₂/km, poderiam auferir um bónus de cerca de 5.000 euros (Hacker, Harthan, Matthes, & Zimmer, 2009). No entanto esta medida acabaria por ser alterada, para gáudio dos adeptos do veículo elétrico. Em Julho de 2012, os bónus supracitados passariam a ser de 5.000 a 7.000 euros para os veículos elétricos, até um valor máximo de 30% do valor do veículo (ENS, 2012; Nussbaumer, 2012; Seaton, 2013). Este apoio foi renovado no início de 2013, tendo sido estendido para empresas e próprio governo. Para além do apoio financeiro, o governo anunciou que pretendem que 25% da frota estatal passe a ser constituída unicamente por veículos elétricos, estando ainda associado um investimento na instalação

de estações de carregamento em edifícios estatais. Com isto, o Estado francês pretende dar o exemplo, tentando incentivar os seus cidadãos a seguirem o mesmo rumo (France, 2012).

Para além destes fatores, e indo de encontro à aposta dos seus congéneres britânicos, o governo francês tem investido fortemente na investigação e desenvolvimento associada ao veículo elétrico, como é exemplo os 400 milhões de euros que foram dedicados à pesquisa de soluções de baixo carbono para o transporte terrestre, sendo 90 milhões daqueles dedicados unicamente a veículos elétricos. De facto, uma parte considerável deste fundo chegou mesmo a ser investida em 11 projetos, tendo cada um deles diferentes âmbitos (Chatel & Jouanno, 2009). No seguimento desta estratégia, foi criado um grupo de trabalho, também em 2009, com o objetivo de coordenar a instalação de uma rede nacional de carregamento para os veículos elétricos e veículos híbridos. Para além disso, definiram ainda que os governos locais iriam ser os responsáveis pela implementação das infraestruturas públicas. Uma parte dos estacionamentos em empresas e centros comerciais teria de ser preparado para veículos elétricos e zonas de carregamento e, na construção de condomínios, os responsáveis da obra teriam de instalar o equipamento necessário para o carregamento dos veículos elétricos, se os condóminos assim o exigissem (CEM, et al., 2013; Chatel & Jouanno, 2009).

No entanto, todo este investimento está a causar alguma apreensão. O Diretor de I&D da RTE – Réseau de transport d'électricité, empresa responsável pela gestão da rede de abastecimento energético em França – refere que toda esta campanha terá de ser bem gerida (Watson, 2013). Tal deve-se ao facto de a temporização dos carregamentos dos veículos elétricos necessitar de ser cuidadosamente controlada. Atualmente, a rede elétrica francesa encontra-se sobre elevados picos de abastecimento durante certas alturas do dia. Com o lançamento de veículos elétricos novos e com a aposta do governo nesta tecnologia, teme-se que a sobrecarga da rede aconteça com maior frequência, podendo algumas zonas do país ficar sem energia. Se o número de veículos elétricos aumentar como é esperado até 2020, o consumo de energia irá aumentar entre 1% a 3%. O aumento, por si só, não é bastante significativo, colocando-se, contudo, o problema do momento em que os carregamentos serão feitos. Num estudo americano de 2012, provou-se que os proprietários carregam os seus veículos elétricos ao mesmo tempo, saturando a rede e consumindo bastante energia ao mesmo tempo (Fischetti, 2012). Tendo em conta este facto, bem como o aumento do consumo, de ano para ano, de energia em França, reforça-se a ideia da necessidade de um bom planeamento e sensibilização da população por parte das autoridades francesas (Rose, 2013).

2.2.4 Portugal

No Sul da Europa, em Portugal, a situação que se encontra é bastante diferente das revistas até agora. Com o início do Programa da Mobilidade Elétrica em Portugal seria expectável contrariar a tendência mundial do aumento da dependência energética dos países face aos combustíveis fósseis. Portugal investiu no desenvolvimento de uma rede de abastecimento elétrico ao longo do país, com o objetivo de, até ao fim de 2012, contar com 1.300 postos de abastecimento normal, distribuídos por 25 cidades, e 50 pontos de abastecimento rápido, localizados ao longo de auto estradas, facilitando assim a deslocação dos veículos elétricos por todo o país. A política de mobilidade elétrica tinha como objetivos incentivar a aquisição e utilização de veículos elétricos, e garantir a existência de uma rede de carregamento da bateria (MEID, 2010). Para isso, foram definidos dois subsídios de apoio à aquisição destes veículos: o primeiro, no valor de 5.000€, que concerne à aquisição de veículos elétricos novos; o segundo, acumulável, de 1.500€, relativo ao abate de um veículo de combustão interna. Para além dos incentivos financeiros, os automóveis elétricos em Portugal passariam a ter estacionamento gratuito nos centros urbanos e acesso às faixas de rodagem reservadas a transportes públicos. Parte das frotas da administração central e dos municípios passaria também a ter uma quota obrigatória de veículos elétricos. Foram também estudadas isenções no Imposto sobre Veículos e Imposto Único de Circulação (Expresso, 2012a). Foi afirmado, aquando do lançamento do programa, que o objetivo para 2020 era que 10% dos veículos em circulação fossem elétricos.

Como país não-imune a acontecimentos externos, e dada a enorme crise económica e social que se abate sobre a zona Euro e, sobretudo, sobre Portugal, o programa foi forçado a alterações. Os incentivos financeiros à aquisição de veículos exclusivamente elétricos terminaram no final de 2011. Naturalmente, tal facto deveu-se à necessidade do país em cumprir o Memorando de Entendimento celebrado com a União Europeia, FMI e BCE, derivando de uma reestruturação dos instrumentos relacionados com a energia (GP, 2012). Dos 1.300 postos de carregamento previstos, estão já instalados 1.163. No entanto, destes, cerca de um quarto nunca foram utilizados e 342 estão avariados (RTP, 2013).

Como resultado da falta de incentivos, no ano de 2012, apenas foram vendidos 65 carros elétricos em Portugal (Económico, 2013) existindo agora perto de 300 veículos em circulação. Do investimento de

15 milhões de euros em 2010, verifica-se agora o abandono, quase total, dos postos de abastecimento, evidenciando a dificuldade que este tipo de tecnologia está a ter para entrar de vez no mercado português (Expresso, 2012b).

2.2.5 Alemanha

Na maior economia europeia, é perceptível uma estratégia bastante bem definida e com um objetivo muito claro: tornar a Alemanha no maior mercado e produtor mundial de veículos elétricos. Aqui, em 2009, foi estabelecida uma parceria que envolve todas as partes interessadas na matéria: governo, tecido empresarial, comunidade investigadora, sindicatos e a própria sociedade. Esta parceria constitui um passo gigantesco de uma economia que, até 2020, se propõe ter em circulação um milhão de carros elétricos nas estradas. O sucesso, até ao momento, desta estratégia deriva das vantagens que daqui advém para todas as partes interessadas. Foram elaborados 3 relatórios intitulados “*National Platform for Electric Mobility*” (NPE) (BMVBS, 2010). Neste são definidas medidas que têm como objetivo conceder uma maior independência ao Governo Alemão, no que concerne à importação de combustíveis, através de um aumento de utilização e da implementação do veículo elétrico. Naturalmente, a circulação de mais veículos elétricos nas estradas, irá ter um impacto algo significativo a nível das emissões de gases poluentes para a atmosfera. Para além de contribuir para a redução dos níveis de emissão em todo o país, proporcionará uma melhoria na qualidade de vida dos cidadãos, o que é resultado da melhoria da qualidade do ar nas cidades. Por fim, com todo o investimento feito em investigação e desenvolvimento das tecnologias em causa, a comunidade investigadora tornar-se-á uma das, senão a, mais desenvolvida na área em todo o mundo. Com tudo isto, o governo alemão já investiu mais de 600 milhões de euros apenas no desenvolvimento das baterias para os veículos (NPE, 2012). Para além disso, cerca de 300 milhões de euros foram investidos no desenvolvimento de materiais leves para serem aplicados nas estruturas dos veículos elétricos. O desenvolvimento destas tecnologias fará com que também a forte indústria automóvel alemã aproveite todo o conhecimento até ali desenvolvido para a produção dos mais avançados equipamentos na área.

Com o investimento, desenvolvimento e produção de veículos elétricos todos centralizados na Alemanha, a consequência natural é o aumento do número de postos de emprego disponíveis no país, facto este que vai de encontro ao pretendido pelos sindicatos. Este “ciclo virtuoso” no qual todas as

partes interessadas saem a ganhar, poderá trazer resultados bastante positivos para o país e poderá ser um exemplo a seguir por países com condições idênticas às alemãs.

No entanto, o sucesso destas políticas apenas trará os seus frutos a partir do momento em que a população começar a adquirir estes carros em larga escala. Conhecidos por possuírem uma autonomia bastante reduzida e um custo de aquisição elevado quando comparados com um veículo normal, foi preparado um conjunto de medidas de incentivo à aquisição destes. Para além de todo o investimento que está a ser feito em I&D dos vários componentes do veículo elétrico, no 2º relatório NPE, são sugeridas um conjunto de medidas que poderão incentivar a aquisição dos carros (NPE, 2011). No que concerne aos incentivos não monetários, destaca-se a possibilidade de os condutores dos veículos elétricos poderem recorrer às faixas exclusivas para autocarros ou a introdução de faixas únicas para estes. Contempla-se ainda o estacionamento gratuito para todos os veículos elétricos e ainda a isenção do imposto automóvel, constante em praticamente todos os países. No entanto, aqueles que forem adquiridos até dia 31 de Dezembro de 2015 estão isentos de imposto durante um período de 10 anos a partir do momento em que são adquiridos. Entre 1 de Janeiro de 2016 e 31 de Dezembro de 2020, este período de isenção é reduzido para 5 anos (IEA, s.d.-c). Estão ainda previstos empréstimos com taxas de juro reduzidas para a aquisição dos veículos e ainda um incentivo fiscal baseado na capacidade de armazenamento da bateria de cada carro (€/kW).

É possível denotar um enorme sentido estratégico por parte do governo alemão no que diz respeito a este assunto. Apesar de todos os benefícios inerentes ao veículo elétrico, verifica-se uma aposta clara na fortificação e desenvolvimento da indústria automóvel. Com o intuito de fortalecer a economia, não estava previsto nenhum incentivo à aquisição de veículos elétricos de outros países, denotando a forte estratégia de solidificação das tecnologias para que em 2020 consigam atingir a meta do 1 milhão de veículos elétricos nas estradas (AutomotiveIT, 2011). No entanto, dado que a indústria alemã começa agora a apresentar alguns modelos inteiramente elétricos, foram aprovados recentemente incentivos fiscais à aquisição dos mesmos. Visto que o governo possui números bastantes ambiciosos, e tendo em conta que em 2012 foram vendidas pouco mais de 3.000 unidades, os incentivos tornaram-se quase obrigatórios, não tendo este valor sido ainda revelado (Reuters, 2013).

2.2.6 Dinamarca

Na Dinamarca, por exemplo, todos os veículos elétricos até 2 toneladas estão isentos de impostos, (não incluindo veículos híbridos), e possuem estacionamento gratuito. Em 2008, foram investidos cerca de 4 milhões de euros em programas de demonstração de veículos elétricos movidos a bateria. Para além disto, em 2009, foi criado o “Centre for Green Transport” (CGT, 2009) com o objetivo de desenvolver projetos que promovam soluções verdes para o sector do transporte, contando este centro com um apoio de cerca de 28 milhões de euros. No mesmo ano deu-se início ao projeto EDISON para veículos elétricos (Christensen, 2009). Este é financiado pelo governo dinamarquês e é resultado de um consórcio entre várias empresas, como a IBM ou a Siemens. Tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema energético que dependa essencialmente de energia proveniente de fontes renováveis, na tentativa de começar a exportar todo o conhecimento adquirido na área das energias renováveis. No que concerne à rede de carregamento dos veículos, em 2009, foi fechado um consórcio entre duas empresas com o intuito de implementar o sistema de abastecimento destes veículos. Num total de 100 milhões de euros investidos, os subscritores do serviço resultante do consórcio têm acesso a toda a rede de carregamento de veículos elétricos e a estações e sistemas para troca de baterias. Considerando a autonomia dos veículos elétricos como um dos seus maiores problemas, acrescenta-se uma outra agravante: o elevado tempo de carregamento. Como tal, a Better Place, uma das empresas do consórcio, desenvolveu um sistema de troca de baterias, o que permite aos condutores terem uma autonomia maior, sem terem necessidade de recorrer ao carregamento do carro, trocando apenas, em alguns minutos, a bateria do mesmo. Apesar de parecer um modelo bastante interessante, esta empresa acabaria por falir em meados de Maio de 2013. Tal deveu-se, essencialmente, ao facto de a Renault, sua única parceira, ter anunciado que iria abrandar a produção de veículos elétricos com baterias amovíveis, terminando assim com o negócio da Better Place (Forbes, 2013; Gigaom, 2013; Techcrunch, 2013).

Visto que a Dinamarca não possui uma indústria automóvel convencional, todo o seu investimento é voltado para a melhoria dos serviços prestados ao consumidor final, para a obtenção de energias e criação de soluções verdes (IEA, s.d.-a)

2.2.7 China

O governo Chinês renova a cada 5 anos os seus objetivos para o desenvolvimento da nação. O veículo elétrico é parte integrante destes objetivos desde o 8º plano (1991-1995) e, desde o 10º plano (2001-2005) que é apontado como o futuro dos automóveis. A sua importância tem vindo a ser reforçada nos planos seguintes e, nos 5º e 6º planos foram já investidos cerca de 250 milhões de euros (Zheng & Guo, 2011).

Em Março de 2009, foi elaborado o “*Plan on Shaping and Revitalizing the Auto Industry*” que previa a produção de meio milhão de veículos elétricos e uma percentagem de 5% de veículos híbridos, elétricos e célula de combustível vendido entre 2009 e 2012. Este plano conta com um investimento total de 10 bilhões de yuan (aproximadamente 1,2 bilhões de Euros) (Zheng, Mehndiratta, Guo, & Liu, 2011)

De momento, estão a ser distribuídos incentivos monetários na ordem dos 6.000 euros a 7.000 euros por veículo, variando de acordo com as características do mesmo. Ainda, grande maioria dos modelos de carros elétricos estão livres de imposto de circulação. Já foram instalados mais de 2.500 postos e 100 estações de carregamento e ainda 20 estações para troca de bateria (NPE, 2012). Mais recentemente, em Xangai, foi proposto o aumento dos incentivos monetários à aquisição dos carros elétricos em que o incentivo poderia chegar a quase 16.000 euros por veículo (MCPRC, 2012). Este conjunto de medidas anunciadas torna a China num dos países que mais aposta nos veículos elétricos e que os vê como alternativa e como verdadeiro automóvel do futuro. Prova disto são os objetivos definidos para 2015 e 2020: 500.000 e 1.000.000 de veículos elétricos a circular, respetivamente. Apesar de ambiciosos, estes objetivos estão longe de ser alcançados. De acordo com números recentes, em Março de 2013 apenas se encontravam em circulação cerca de 40.000 veículos elétricos, sendo que 80% dos quais eram transportes públicos. Esta falha no incumprimento dos objetivos era prevista pelos principais produtores de carros chineses, que não preveem um crescimento considerável do mesmo. Inclusive, a empresa BYD, responsável pelo mais promissor veículo elétrico chinês, declararam estar a focar-se no desenvolvimento do veículo híbrido, ao invés de veículos 100% elétricos (Perkowski, 2013).

É perceptível o forte investimento que caracteriza a indústria automóvel chinesa no momento. No entanto, todo este investimento no país terá de ser devidamente acautelado. São vários os autores

(Heins, 2013; Thiel, Perujo, & Mercier, 2010) que alertam para o facto de os veículos elétricos poderem indiretamente ser responsáveis por emissões de gases de efeito de estufa. A China é, incontestavelmente, o país mais poluído do mundo. Contextualizando, a capital chinesa, Pequim é apenas a 17^a cidade mais poluída do país (Perkowski, 2013) e duas das 10 cidades mais poluídas em todo o mundo, pertencem à China (Walsh, 2007). Estes factos são verdadeiramente alarmantes, dado que os níveis de poluição neste país têm atingido patamares bastante elevados que colocam em elevado risco da população. Estes elevados níveis de poluição têm como origem a igualmente elevada quantidade de veículos em circulação nas estradas chinesas e a utilização massiva do carvão como principal fonte de energia. Cerca de 70% da energia produzida no país provém da queima de carvão e outras fontes fósseis e são constantemente construídas novas centrais de produção. Como tal, um muito simples raciocínio torna perceptível o impacto não tão positivo que o veículo elétrico poderá ter. Tendo em conta que, como foi referido, quase toda a energia produzida na China provém de combustíveis fósseis e que o veículo elétrico é inteiramente movido a energia elétrica, uma utilização diária e massiva do mesmo, poderá levar a um aumento considerável nas emissões de gases de efeito de estufa nas centrais de produção (Heins, 2013). Apesar de, teoricamente, passarem a existir menos veículos a motor de combustão (visto que, tendencialmente, o número de veículos em circulação irá continuar a aumentar, e não haverá troca de um por outro), a diminuição de poluição resultante da não circulação destes veículos será mais que compensada pelo aumento de poluição resultante da produção de energia elétrica através do carvão. Já Thiel, Perujo, & Mercier (2010) indicavam que o impacto ambiental dos transportes rodoviários elétricos está diretamente relacionado com o *mix* de energia que é utilizado para satisfazer esta procura. É, sem dúvida, uma situação com bastantes implicações, cuja solução poderá passar por um ainda maior investimento na produção de energia elétrica através de fontes renováveis.

2.2.8 Japão

O Japão é, provavelmente, dos países que possui das tecnologias mais avançadas (a par da Coreia do Sul), no que concerne às baterias, dado o longo historial de produção das mesmas. No seu "*Next-Generation Vehicle Plan*", o governo japonês definiu que, em 2020, 50% dos veículos em circulação deveriam ser veículos da próxima geração, como é o caso do elétrico, a biocombustível ou veículos de célula de combustível. Tal ambição é associada a um elevado investimento por parte do governo no desenvolvimento das tecnologias das baterias, dado os elevados custos de aquisição que apresentam e

as reduzidas autonomias. Pretendem ainda, de acordo com o *Next-Generation Vehicle Plan*, instalar cerca de 2 milhões de postos de carregamento normais e cerca de 5.000 carregadores rápidos, com o intuito de preparar o caminho para uma adoção massiva destes veículos. Estima-se que cerca de 10% dos veículos em circulação 2020 sejam elétricos, número este que poderá atingir o dobro em 2030, caso a aposta se mantenha (METI, 2010).

2.2.9 Resumo dos incentivos governamentais

Após se ter apresentado uma descrição da situação relativa ao veículo elétrico em diferentes países nas subsecções anteriores, apresenta-se na Tabela 4 uma síntese dos principais incentivos à aquisição do veículo elétrico, bem como as medidas governamentais de apoio ao mesmo.

Tabela 4 • Principais incentivos à aquisição do veículo elétrico (CEM, et al., 2013).

PAÍS	FINANCEIRO	INFRAESTRUTURAS	I&D
Alemanha	Isenção de impostos Empréstimos a taxas reduzidas	4 cidades escolhidas como caso de estudo	600 M€ investidos no desenvolvimento de baterias 300 M€ investidos no desenvolvimento de materiais leves
China	Incentivo à aquisição de 6.000€-7.000€	Instalados 2.500 postos de abastecimentos, 100 estações de carregamento e 20 estações de troca de baterias	Total investimento: 1200M€
Dinamarca	Isenção de impostos e taxa de registo	DKK 70M para desenvolvimento da infraestrutura de carregamento	28M€ investidos no <i>Centre for Green Transport</i> 4M€ para demonstração do veículo
EUA	Incentivo fiscal máximo de 7.500\$	Apoio em 30% na instalação com fins comerciais de postos de carregamento e 10% para instalações feitas no domicílio.	2,5 mil milhões de dólares para desenvolvimento do carro elétrico, dos quais 1,5 mil milhões de dólares apenas para desenvolvimento das baterias
França	Incentivo de 5.000€ a 7.000€, até um máximo de 30% do valor do veículo	50 M€ para cobrir a instalação e o custo dos equipamentos de carregamento dos carros	90M€ para I&D do veículo elétrico

PAÍS	FINANCEIRO	INFRAESTRUTURAS	I&D
		elétricos	
Japão	Governo paga metade da diferença entre o custo de um veículo elétrico e o veículo com motor de combustão correspondente, até um máximo de 7500€	2 milhões de carregadores normais e 5000 rápidos	Grande foco no desenvolvimento da infraestrutura de carregamento e das baterias
Portugal	Isenção de imposto automóvel	1100 postos de carregamento instalados	
Reino Unido	Incentivo monetário de até 5.000£, num máximo de 25% do valor do veículo elétrico (não aplicável a todos).	30M£ investidos na construção das infraestruturas de carregamento. Apoios dos governos locais à instalação de carregadores no domicílio de até 75%	Investimento total de 300M£.

2.3 Vantagens e Barreiras à Utilização do Carro Elétrico

Ao longo da história já secular do veículo elétrico, têm-lhe sido apontados vários defeitos e várias virtudes. Como sabemos, até ao momento, e pelo que se pode concluir de toda a sua história, este foi incapaz de se impor por diversos motivos, sendo, por vezes, apontado como uma boa alternativa que nunca haveria por singrar. Tal acontecimento deve-se ao facto de não ter sido capaz de oferecer nas mesmas condições, as mesmas características que um automóvel normal. Apesar de apresentar vantagens que são verdadeiramente únicas e inegáveis, este apresenta e levanta diversas barreiras à sua utilização, que se suplantam, ainda, aos seus benefícios. A presente secção tem como objetivo estabelecer uma comparação entre as principais vantagens e barreiras decorrentes da aquisição e utilização do veículo elétrico.

2.3.1 Benefícios do veículo elétrico

Eficiência

O motor de um veículo elétrico é incomparavelmente mais eficiente do que um veículo normal. Os motores elétricos convertem cerca de 70% da energia das baterias em energia útil para o veículo, valor bastante superior aos motores de combustão, que aproveitam apenas cerca de 20% da energia contida

na gasolina. Para além disto, os veículos convencionais apresentam custos de manutenção superiores aos de um motor elétrico. Isto deve-se ao facto de o veículo elétrico não possuir uma grande variedade de peças sujeitas a desgaste, não requerendo, como tal, uma manutenção tão exaustiva quanto a de um veículo com motor de combustão. Para além disto, não é necessário realizar as constantes mudanças de óleo do motor, que constituem parte dos custos de manutenção dos veículos convencionais (IDAE, 2011).

Zero emissões

Talvez o facto mais relevante e que faz suscitar mais interesse pelo veículo elétrico seja o de este não emitir qualquer tipo de gases durante a sua utilização. Esta circunstância confere a este tipo de veículos uma atratividade ímpar. Ainda assim, não é considerada na análise destes automóveis os custos resultantes da poluição durante a produção dos mesmos, facto este que, numa altura em que seja obtida uma economia de escala, se espere que não tenha tanto impacto. Para além disso, também não se considera a eventual emissão de gases resultante da produção da energia elétrica que este veículo consome. Como vimos anteriormente no caso chinês, a utilização de fontes não renováveis na produção de energia elétrica conjugada com o aumento da utilização de veículos elétricos, poderá contribuir para um aumento nas emissões de gases de efeito de estufa. Não obstante, a melhoria na qualidade do ar e, naturalmente, da própria vida são também resultado da característica não emissão de gases do veículo elétrico (IEA, s.d.-d).

Veículo silencioso

A poluição sonora é, principalmente nos grandes centros urbanos, uma das grandes maleitas que assolam os habitantes desses centros. O veículo elétrico ajuda a combater este tipo de poluição, dado que, durante a sua utilização, produz ruídos praticamente impercetíveis ao ouvido humano.

Condução agradável

Os veículos elétricos têm uma condução bastante agradável já que não possuem sistema de embraiagem, não sendo necessário ao condutor controlar as mudanças do veículo (EDP, s.d.-b).

Incentivos à aquisição

Dada a prematuridade desta, os preços de aquisição têm tendência a ser superiores aos veículos com motor de combustão. Como tal, uma medida adotada é a atribuição de incentivos monetários ou fiscais

à aquisição destes veículos. É comum a disponibilização de um apoio monetário por cada veículo adquirido, bem como isenções de impostos sobre veículos. Para além destes incentivos, também zonas de estacionamento mais alargado ou a utilização de faixas de rodagem para outros veículos é permitida (IEA, s.d.-e).

Equilíbrio da balança comercial

Numa perspetiva macroeconómica, salienta-se o contributo dos veículos elétricos para o equilíbrio da balança comercial de um país. Atualmente, praticamente todos os países do mundo são capazes de produzir energia elétrica para satisfazer as suas necessidades internas. Como tal, a aquisição em larga escala de veículos elétricos por parte da população de determinado país faria com que este diminuísse a sua dependência face ao exterior, podendo reduzir drasticamente as importações de energia do país (IEA, s.d.-b).

2.3.2 Barreiras à utilização do veículo elétrico

Atualmente, o veículo elétrico não tem uma presença forte no mercado essencialmente pelo facto de a tecnologia que é utilizada nestes veículos estar numa fase algo prematura da sua existência. Têm sido feitos bastantes progressos, todavia estes apresentam algumas características que, do ponto de vista do potencial comprador, retiram a atratividade que qualquer benefício possa trazer.

Custo de aquisição

Os elevados custos de aquisição que caracterizam os veículos elétricos são um dos fatores que mais pesa na hora da escolha entre um veículo convencional ou um elétrico. Por ser uma tecnologia que está ainda numa fase de desenvolvimento, os níveis de produção reduzidos associados ao preço da tecnologia, não é (ainda) possível reduzir o preço de aquisição destes veículos.

Custo de aluguer da bateria

Um dos aspetos mais criticados atualmente é o facto de, para além do elevado preço de aquisição, haver um custo extra (mensal ou anual) de aluguer da bateria. É uma tecnologia em desenvolvimento e que comporta bastantes custos. Como tal, existe a necessidade de aumentar a autonomia das mesmas, tentando, simultaneamente, reduzir o seu peso (chegam a pesar cerca de 450kg) e aumentar a sua autonomia, que ronda os 160km.

Autonomia

É provavelmente, a par do preço de aquisição, o facto que mais atratividade retira ao veículo elétrico. O facto de estes estarem limitados a cerca de 160 km por carregamento, não se compara às enormes distâncias que se conseguem atingir com um abastecimento de um veículo convencional. Um estudo americano indica que 75% dos inquiridos veem na diminuta autonomia uma desvantagem. Porém, a distância percorrida, diariamente, por um norte-americano é, em média, de cerca de 46km (Hauch & Ferreira, 2010), como se pode comprovar na Tabela 5. Este facto demonstra que os veículos elétricos têm, na generalidade, capacidade para satisfazer grande parte da população, dado que têm autonomias superiores a estas distâncias. No entanto, pelo facto de os veículos poderem ser utilizados por mais que uma pessoa durante um dia ou ser necessário fazer viagens mais longas, continuam a ser preteridos face aos veículos normais, demonstrando que este fator unicamente psicológico tem um enorme peso na aquisição do veículo elétrico.

Tabela 5 • Média de milhas percorridas diariamente pelos condutores norte-americanos durante dias de semana (%) (Hauch & Ferreira, 2010).

	FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
Menor ou igual a 5	10	10
Maior que 5 e menor ou igual a 10	13	23
Maior que 10 e menor ou igual a 20	21	44
Maior que 20 e menor ou igual a 30	16	60
Maior que 30 e menor ou igual a 40	11	71
Maior que 40 e menor ou igual a 50	8	79
Maior que 50 e menor ou igual a 60	5	84
Maior que 60	16	100

Tempo de recarga

Os elevados tempos de recarga de um veículo elétrico retiram bastante mobilidade aos seus utilizadores (por exemplo, cerca de 8 horas para o Fluence Z.E.). A incapacidade de se utilizar o veículo nestas horas, correndo o risco de a bateria não ter carga suficiente para realizar os quilómetros necessários, é apontado como um facto causador de alguma apreensão por parte dos condutores. É possível efetuar “cargas rápidas” que carregam grande parte da bateria em cerca de 20/30 minutos. No entanto, este tipo de cargas é prejudicial para a bateria e requer uma elevada potência da rede. O Renault Fluence Z.E. não está preparado para carregamentos rápidos. No entanto, em Portugal, e de

acordo com informação fornecida pela Renault, o carregamento rápido da bateria requer o pagamento de uma sobretaxa no mesmo devido à longevidade que retira à bateria. Para além disso, este tempo de recarga poderá ser influenciado pelo estado da bateria. Caso o veículo elétrico seja carregado com a bateria ainda quente, fruto da sua utilização, os carregamentos serão ainda mais ineficientes, levando a um aumento do tempo de recarga (Martins, Brito, Pedrosa, Monteiro, & Afonso, 2013).

Aceitação e status social

Todas as desvantagens e barreiras do veículo elétrico supracitadas são materializáveis e mensuráveis. É possível afirmar que na hora da aquisição de um veículo elétrico, o consumidor é bastante mais racional do que na compra de um veículo com motor de combustão. Dada a oferta existente e por serem percebidas as barreiras à utilização do veículo elétrico, o consumidor pondera muito mais facilmente a, teoricamente, baixa autonomia do veículo elétrico, ao passo que poderá não considerar na mesma equação o facto de um veículo com motor de combustão ter mais custos de manutenção, por este último ser considerado “normal”. Existe um grande desconhecimento sobre os benefícios e ganhos ambientais resultantes da utilização do veículo elétrico no seio da população, o que leva a algum desinteresse no mesmo. Para além do desconhecimento das vantagens de um veículo elétrico, é importante perceber que grande parte dos veículos elétricos construídos não são veículos que, esteticamente e em termos de performance, agradem a grande parte da população. Contextualizando, o preço de venda ao público de um Nissan Leaf em Portugal, que inclui o preço da bateria, ronda os 35000 euros. Por mais 3.000 euros, um consumidor poderá comprar um Audi A4 novo. Analisando a situação e comparando ambos os veículos, para um consumidor que apenas queira um carro para andar e não demonstre grandes preocupações ambientais (o que se poderá dizer que caracteriza grande parte da população), acredita-se que o consumidor irá, naturalmente, preferir o Audi. É um veículo alemão, com qualidade de motor, performance e interiores reconhecidas (A4, s.d.; Nissan-Leaf, s.d.).

Tendo isto em conta, a Tesla adotou uma estratégia bastante inteligente. Começaram em 2008 com a produção do Roadster, um veículo desportivo, com uma performance capaz de competir com outros grandes carros desportivos. Percorria, apenas com um carregamento, e em condições normais, quase 400km, tendo uma aceleração 0-100km/h em apenas 3,7s. De seguida, construíram o Modelo S, um carro familiar, no sector de luxo, com autonomias semelhantes às do Roadster, e a um preço que ronda os 50.000 euros, equivalente a um Audi A6, já considerado um carro de luxo (A6, s.d.; Tesla-S,

s.d.). Esta estratégia de começar por produzir carros luxuosos que apenas estão ao alcance de algumas pessoas, revelou-se bastante eficaz, visto que pelo mesmo preço, é possível comprar um carro que consome menos, emite menos CO₂, tem uma condução muito agradável e não tem praticamente custos de manutenção.

Em 2008, a consultora McKinsey efetuou um estudo em que pretendia determinar quais eram os fatores mais importantes e que maior impacto causavam na hora de comprar um novo automóvel. O estudo demonstrou que os fatores “preço mensal do combustível” e “amigo do ambiente” não têm praticamente nenhuma relevância no mesmo e que apenas 26% da população norte-americana está disposta a pagar por benefícios ambientais (McKinsey, 2009).

Para concluir, a Tabela 6 apresenta de forma sintetizada as principais vantagens e barreiras previamente descritas nesta subsecção.

Tabela 6 • Resumo das principais vantagens e barreiras.

PRINCIPAIS VANTAGENS	PRINCIPAIS BARREIRAS
Veículo mais eficiente Zero emissões Veículo silencioso Condução agradável Incentivos à aquisição Equilíbrio da balança económica	Custo de aquisição Custo de aluguer da bateria Autonomia Tempo de recarga Aceitação e status social

3

AVALIAÇÃO ECONÓMICA E AMBIENTAL DO CARRO ELÉTRICO

Sumariamente, o carro elétrico é apontado como sendo uma excelente alternativa ao veículo com motor de combustão. Por todos os benefícios que concede, desde a não emissão de gases para a atmosfera à eficiência do seu motor, o veículo elétrico teria tudo para suplantar o comum veículo com motor de combustão. No entanto, por ser uma tecnologia cuja maturidade ainda se encontra por atingir, pelo facto de os custos de aquisição bem como os de aluguer da bateria continuarem demasiado elevados e por “aparentar” ter uma baixa autonomia, os condutores revelam alguma relutância e desinteresse na aquisição do mesmo. Refere-se “aparentar” visto que, apesar de a autonomia não se equiparar à de um veículo com motor de combustão, é mais que suficiente para satisfazer as necessidades de deslocação de quase toda a população (Hauch & Ferreira, 2010).

É objetivo deste capítulo explorar e sintetizar uma parte da literatura existente sobre o tema. Existe uma elevada variedade de estudos sobre o mesmo, desde o estudo sobre um país em particular a medidas de combate, ao impacto das emissões excessivas de CO₂, onde é sugerido o veículo elétrico como alternativa viável.

No ano de 2009, a consultora norte americana Boston Consulting Group (BCG) analisou a possibilidade de o veículo elétrico regressar à vida quotidiana. Analisaram a viabilidade de opções tecnologicamente mais avançadas que apoiassem a sustentabilidade da indústria automóvel, resultando em menores emissões de gases de efeito de estufa. Assim, nos parágrafos seguintes apresenta-se uma síntese deste estudo.

Dadas as circunstâncias em que vivemos atualmente, “virtualmente todos os fabricantes automóveis estão a explorar maneiras para reduzir as emissões de dióxido de carbono dos seus veículos e a aumentar a eficiência do consumo de combustível” (BCG, 2009). Como consequência direta deste facto, a possibilidade do regresso do veículo elétrico ao quotidiano da população, tornava-se, à data do estudo, numa hipótese cada vez mais plausível, fruto também de uma maior atenção por parte dos meios de comunicação social. No entanto, as hipóteses em questão não se resumem ao veículo elétrico. São consideradas outras opções tecnológicas neste estudo. Os combustíveis alternativos são abordados em primeira instância. Nestes, incluem-se o gás natural comprimido, a segunda geração de biocombustíveis e o hidrogénio. Destes, o gás natural e os biocombustíveis surgem como as

alternativas mais eficazes na redução de emissões. Para além de apresentar custos de implementação elevadíssimos, um veículo movido a hidrogénio apresenta taxas de eficiência muito reduzidas, o que retira qualquer atratividade a esta hipótese, num futuro próximo. Conclui-se que, para atingir os níveis desejados no que concerne às emissões de CO₂, a indústria terá de fazer avultados investimentos, caso decida optar pelos combustíveis alternativos. Outra possível hipótese passaria por um avanço no desenvolvimento de motores de combustão mais eficientes. Esta representa a opção mais rentável numa mais ampla escala. A custos relativamente reduzidos, uma solução para a redução das emissões seria aumentar a eficiência dos motores de combustão a gasolina e a gasóleo em 20% e 10% por 2.100 dólares e 1.400 dólares, respetivamente, correspondendo esse aumento de eficiência a uma diminuição (proporcional) nas emissões de CO₂. Por fim, a eletrificação dos veículos apresenta as maiores reduções de emissões aos custos mais altos. Por cada unidade percentual de diminuição de CO₂, o custo associado encontra-se entre os 140 e os 280 dólares, estando este elevado custo associado em grande parte aos também elevados custos das baterias. Dentro deste tipo de veículos, destacam-se os veículos híbridos (parcial, completo e plug-in) e o totalmente elétrico. Este último é caracterizado por armazenar a eletricidade que utiliza para se mover numa bateria. Por sua vez, espera-se que, num futuro próximo, os preços destas (que como já vimos são bastante elevados) diminuam consideravelmente, resultado de um aumento nos seus níveis de produção ou fruto de um grande avanço tecnológico. No entanto, surgem dúvidas relativamente à capacidade efetiva destes veículos reduzirem as emissões. Tal deve-se ao facto de a eletricidade que é utilizada para carregar estas baterias poder ser proveniente de fontes bastante poluidoras. O caso da China, como referido no capítulo anterior, pode ser visto como um exemplo onde o aumento de veículos elétricos poderia não levar ao desejado efeito de reduzir os níveis de emissões.

Tendo em conta os elevados custos de aquisição que caracterizam os veículos elétricos, já em 2009 se previa que os subsídios e apoios governamentais iriam ter um papel preponderante no nível de atratividade destes veículos. No entanto, apesar de se prever que em 2020 os veículos com motor de combustão ainda sejam predominantes, os veículos com tecnologias alternativas (nos quais se incluem os veículos híbridos e os elétricos) poderão atingir, em conjunto, uma margem de 45%, numa perspetiva otimista, sendo o valor mais provável os 28%, correspondendo a um cenário intermédio.

Numa tentativa de demonstrar quais as implicações para cada um dos *stakeholders*, concluíram que, apenas na Europa, num cenário intermédio, estaria associado a esta tecnologia um investimento na

ordem dos 49 mil milhões de dólares, necessitando este custo de ser dividido pelos vários intervenientes. Os governos locais têm um papel preponderante na medida em que precisam de garantir uma continuidade nas suas políticas “verdes”, assegurando que as suas políticas de curto prazo predominam no longo prazo. Os fabricantes de baterias deverão assegurar acordos com fornecedores de todas as matérias-primas necessárias para a construção das baterias visto que, num futuro próximo, irão passar de fornecedores de baterias a parte integrante e essencial do processo, sendo requerido que consigam sempre cumprir os compromissos de produção. As companhias elétricas necessitam de garantir a existência de uma rede pública de abastecimento para veículos elétricos, que terá de estar presente nas mais variadas infraestruturas. Quanto aos consumidores, é facilmente perceptível que apenas um pequeno nicho de mercado estaria disponível para adquirir de imediato este veículo. No entanto, para a grande maioria da população, uma diminuição no custo total de aquisição é extremamente necessária.

A principal conclusão do estudo realizado pelo BCG (2009) é que para a implementação desta tecnologia é essencial uma interação constante entre todos os *stakeholders* referidos, reforçada por incentivos, ações de sensibilização da população e estímulos aos restantes *stakeholders* para garantirem as infraestruturas necessárias, correndo o veículo elétrico o forte risco de ter mais uma falsa partida.

Num recente estudo de 2012, García e Miguel procuraram avaliar a atratividade do veículo elétrico para os consumidores em Espanha. Num país onde, em 2008, 38% da totalidade da energia utilizada era consumida pelo sector dos transportes, resultando em mais de 25% das emissões de CO₂, revela-se necessária intervenção na área. Focando-se nas condições espanholas, este estudo examina a influência económica na hora da compra de um veículo elétrico e ainda os custos de utilização ao longo da vida útil do mesmo, tendo ainda particular incidência sobre as políticas que são necessárias para apoiar a integração do veículo elétrico. Para isso, foi construído um modelo em que são consideradas várias políticas em diferentes cenários, levando a um variado espectro de consequências.

Neste caso, são considerados três cenários possíveis. O cenário base, que constitui uma previsão baseada na evolução das baterias e da não implementação de estações de troca de baterias, conta com um subsídio governamental de 7.000 euros. Tendo em consideração as previsões utilizadas no estudo (custo de uma bateria de 6.500 euros em 2020) associadas a uma diminuição anual de 7% do

custo da bateria, concluem que em 2020 o número de veículos elétricos em circulação será de 700.000, contribuindo para uma redução de mais de 6 milhões de toneladas de CO₂.

São ainda considerados dois cenários, um mais otimista, a que corresponde uma diminuição anual de 10% no preço/kWh e um pessimista, com uma diminuição anual do preço das baterias de 4%.

Considerando a diminuição do preço das baterias e os objetivos definidos pelo governo espanhol para 2020, com as condições da altura do estudo, o número de veículos elétricos em circulação, de acordo com García e Miguel (2012), seria consideravelmente inferior ao esperado. No entanto, numa perspetiva mais otimista e considerando o incentivo de 7.000 euros para a aquisição do veículo elétrico, as vendas ultrapassariam largamente os objetivos. Para que tal fosse possível, teria de ser considerado um investimento de cerca de 14.000 milhões de euros, o que ultrapassa em larga escala o previsto para este tema. Os autores concluem que, com um subsídio de 2.000 euros, no cenário otimista, as previsões do governo estarão bastante próximas da realidade, incorrendo num gasto de cerca de 3.000 milhões de euros até 2020. Já na perspetiva mais pessimista, caso o subsídio de 2.000 euros se mantivesse, os resultados já não iriam coincidir, visto que o veículo elétrico iria, ao longo do tempo, perder competitividade face aos veículos convencionais, visto que a capacidade das baterias irá aumentar e este aumento não será acompanhado na mesma proporção pela diminuição do preço/kWh. Para que este cenário pudesse ter algum sucesso, o subsídio teria de rondar os 4.500 a 5.000 euros, incorrendo o Estado num investimento de cerca de 6.000 milhões de euros.

García e Miguel (2012) concluem que se em Espanha os subsídios forem bastante limitados, os objetivos propostos para 2020 não serão alcançados. Para uma implementação firme, teria de ser investido mais capital no apoio à aquisição dos mesmos. Indicam ainda que em nenhuma das situações o veículo elétrico terá sucesso se os subsídios forem cortados. Para finalizar, indicam apenas que se for intenção do governo espanhol manter os objetivos e não existir nenhuma evolução inesperada na tecnologia, novas medidas económicas ou financeiras terão de ser postas em prática para garantir o apoio ao mercado dos veículos elétricos.

A consultora norte-americana McKinsey apresentou em 2009 um estudo que procurava “fornecer uma base de factos detalhada e consistente para a redução do custo potencial e incremental do recurso a medidas chave para reduzir ou evitar emitir CO₂ durante a utilização de veículos de passageiros”

(McKinsey, 2009). Para isto, foram exploradas as implicações e o valor de algumas medidas políticas que possam ser tomadas em conta para este fim. Provam que, com base nas tecnologias conhecidas na altura, seria possível reduzir as emissões dos veículos de passageiros. É ressalvado o facto de que, em 2006, as emissões de gases resultantes da circulação de veículos com motor de combustão corresponderam a 7% do total de emissões de gases causadores de efeitos de estufa. Está previsto um aumento destes valores na ordem dos 54% até ao ano de 2030, no qual se registarão emissões de 4,7 mil milhões de toneladas de CO₂e (Dióxido de Carbono Equivalente – é uma medida utilizada para comparar os diferentes potenciais de aquecimento global de cada gás). Dados mais recentes de um estudo da European Environment Agency (EEA), indicam que, na União Europeia, as emissões de CO₂ resultantes do transporte rodoviário aumentaram 21% entre 1990 e 2011 e correspondem já a 23% do total de emissões de CO₂ (EEA, 2013).

Com base na análise da consultora McKinsey, que se baseia em fatores teóricos e não factos reais, é possível diminuir as emissões (11% a 22%/ano) através da aplicação de um conjunto de medidas, a curto-prazo, que poderão abrandar o aumento galopante das mesmas. A criação de uma nova geração de bio combustível, uma maior utilização de transportes públicos ou medidas que incentivem uma condução mais ecológica são algumas das soluções citadas.

Ao enumerar algumas alternativas que conduzem à diminuição das emissões de CO₂, (McKinsey, 2009) ressalva o facto de, numa hipotética eletrificação de toda a frota de veículos de passageiros até 2030, se obter uma diminuição de 81% de emissões, em comparação com o caso base. No entanto, para que tal fosse possível, teríamos de presenciar um avanço tecnológico que reduzisse os custos das baterias e desenvolvesse, em simultâneo, um sistema de carregamento que permitisse uma utilização massiva destes veículos.

No estudo elaborado pela (McKinsey, 2009)), são ainda enunciadas algumas medidas que poderão ajudar à diminuição das emissões de CO₂. Entre as quais se destacam a redução de carbono presente nos combustíveis e na energia. Tal será possível através da mistura de biocombustíveis nos combustíveis comumente utilizados. Também uma educação para uma condução mais ecológica e o incentivo à redução das distâncias percorridas nestes tipos de transporte fazem parte das medidas sugeridas. Num segmento relativo à eficiência dos combustíveis, a aposta na melhoria da eficiência dos veículos já em circulação é mencionada e vista como uma das medidas com maior potencial estando,

no entanto, sempre associada a mais custos para o consumidor final. Este é um dos maiores desafios citados pela consultora, que reconhece que, para a melhoria da eficiência dos veículos, teria de ser feito, a nível mundial, um investimento na ordem dos 170 mil milhões de euros, representando este valor cerca de 14% do total das despesas em veículos ligeiros da indústria automóvel em 2030. São ainda questionados alguns argumentos relativos aos consumidores e ao seu comportamento de compra que, teoricamente, se verificam. Por exemplo, o aumento do preço dos combustíveis, contrariamente ao que se pensava, não faz aumentar a procura por carros amigos do ambiente. Ao invés, induz nos compradores uma tendência para ter o mínimo de despesas possíveis com os veículos. Prova deste argumento é o facto de, em 2008, no início da crise, as vendas de carros com maiores consumos ter tido uma quebra abrupta, não tendo sido estas acompanhadas pelas vendas de carros ligeiros. Já o mito de que já existem bastantes consumidores ecológicos e que optam sempre pela solução mais “verde”, prova-se como não sendo verdade apesar de, nos últimos anos, se ter vindo a assistir a um aumento destes.

O estudo da (McKinsey, 2009) termina enunciando um conjunto de medidas que poderão ser adotadas por parte dos políticos, pela indústria automóvel ou pelos próprios consumidores. Por fim, é apenas afirmado que a “missão” de reduzir as emissões de CO₂ enquanto se tentam satisfazer as necessidades recorrentes do crescimento económico, irá ser um desafio a longo prazo e que, para além do investimento que será necessário, só estará ao alcance de empresas ou governos que consigam tirar partido e, ao mesmo tempo, contribuir para o desenvolvimento destas mesmas medidas.

Mais recentemente, Perujo, Thiel e Nemry (2011) analisaram o impacto do veículo elétrico em contexto urbano e avaliaram os seus benefícios para o ambiente e ainda as barreiras técnico-económicas.

Também neste estudo, os autores reconhecem que o veículo elétrico tem um papel preponderante no que concerne à diminuição das emissões de CO₂ provenientes da utilização de veículos ligeiros. No entanto, referem que estes têm um efeito subjetivo no impacto das emissões resultantes de transportes. Tal facto deve-se às diferenças que existem entre as várias realidades onde o veículo elétrico poderá ser inserido. Os hábitos de condução, distâncias percorridas diariamente ou mesmo as condições das estradas dos diferentes países são fatores que influenciam a prestação do veículo elétrico enquanto “agente redutor de emissões de CO₂”. Esta condicionante torna os veículos elétricos

como opções e não como soluções únicas para o problema em causa.

Do mesmo modo que as condicionantes de cada país podem influenciar a eficácia do veículo elétrico, também estas poderão afetar a aquisição dos mesmos. A entrada destes veículos no mercado depende de um conjunto variado de fatores, entre os quais o acesso à rede de distribuição de energia elétrica e a distribuição e eficácia dos postos de abastecimento. A conexão que existe entre estes e outros fatores (como a performance da bateria ou a aceitação deste tipo de veículos) torna praticamente impossível a projeção de hipóteses, visto ser possível obter inúmeras combinações e expectativas possíveis para a entrada destes veículos no mercado, aumentando também a dificuldade na previsão da redução de CO₂ que se irá verificar.

No que concerne às emissões, a União Europeia e os líderes do G8 comprometeram-se a reduzir as emissões de CO₂ em 80% até 2050 (Perujo, Thiel, & Nemry, 2011). Para tal, existem várias opções que contribuem para o mesmo objetivo, como o aumento da eficiência dos motores de combustão. No entanto, para uma redução de emissões como a que é pretendida ter sucesso, e considerando que em 2050 o número de passageiros em circulação vai ser ainda maior, o aumento da eficiência dos motores, por si só, não será suficiente. É indicado que veículos com célula de combustível de hidrogénio ou veículos elétricos são vitais para garantir a sustentabilidade do sector rodoviário na Europa. No entanto, mais uma vez, conclui-se que, quando comparado com outras tecnologias, o veículo elétrico apresenta valores de aquisição superiores, o que retira grande parte da atratividade a este veículo. Após reverem as principais barreiras à aquisição do veículo elétrico e algumas políticas adotadas atualmente, Perujo, Thiel e Nemry (2011) concluem, indicando que os veículos elétricos são, efetivamente, uma boa opção no que concerne à diminuição das emissões de CO₂. No entanto, frisam novamente o facto de estes apresentarem custos elevados e que apenas em 2030, irão conseguir atingir períodos de recuperação do investimento mais curtos, incentivando assim a aquisição, terminando com a referência de que uma consciencialização da população para a importância desta tecnologia é vital para o sucesso do veículo elétrico.

Por sua vez, Michalek, Chester, Jaramillo e Samaras (2011) estudaram quais as implicações e o valor económico das emissões e consumos de combustível de vários tipos de veículos. No estudo procuraram determinar a diminuição nas externalidades que os veículos *plug-in* (veículos elétricos a bateria e veículos híbridos que carregam as baterias através de infraestruturas de carregamento)

conseguem alcançar nos EUA e a que custo.

Concluem que veículos *plug-in* com baterias maiores (como é o caso dos veículos elétricos quando comparado com os veículos híbridos), poderão causar mais ou menos impacto do que os veículos puramente híbridos (que carregam as baterias durante a sua deslocação) consoante as emissões de gases de efeito de estufa e dióxido de enxofre (SO₂) resultantes da produção de eletricidade e das próprias baterias. No entanto, ressaltam que, mesmo que as emissões destes processos sofram reduções consideráveis, continuará a ser reduzida em relação ao custo total de aquisição.

Michalek, Chester, Jaramillo e Samaras (2011) indicam que, caso os níveis de poluição resultantes da produção de eletricidade sejam reduzidos, os preços das baterias diminuam e a sua longevidade aumente, os preços da gasolina aumentem (sendo estes dois últimos fatores altamente previsíveis) e as infraestruturas de carregamento estejam bem distribuídas, os veículos elétricos a bateria poderão providenciar grandes reduções nas emissões de gases nocivos e no consumo de combustíveis a um custo competitivo. Para tal, será necessária uma forte política de investimento na área, bem como apoios governamentais. No entanto, salientam que por fatores económicos, políticos ou tecnológicos, os resultados poderão não ser atingidos ou demorar mais tempo a alcançar.

Considerando, numa visão mais otimista, que caso a rede de transportes seja eletrificada, estando associada a uma produção de energia livre, ou quase na totalidade, sem emissões de gases, seria necessário um esforço adicional, por parte da indústria automóvel e dos governos, para garantir que o custo total de aquisição justifique o investimento, quando comparado com outras alternativas.

A principal conclusão avançada por Michalek, Chester, Jaramillo e Samaras (2011) é a de que caso se verifique uma melhoria na autonomia das baterias, o preço dos combustíveis aumente, a rede de distribuição da eletricidade sofra melhorias e aumentem as restrições à emissão de gases que provoquem efeito de estufa, os veículos elétricos a bateria e os veículos elétricos *plug-in* equipados com baterias de maiores dimensões, poder-se-ão tornar mais rentáveis e eficazes na redução das externalidades.

4 MODELO ECONÓMICO

Com o intuito de avaliar a viabilidade da aquisição de um veículo elétrico, foi construído um modelo de avaliação com base num conjunto de características intrínsecas a cada um dos modelos. Este pressupõe a utilização de ambos os veículos em condições idênticas.

O modelo foi desenvolvido tendo como base o trabalho de Prud'homme e Koning (2012), que pretende determinar os custos em excesso de aquisição de um veículo elétrico, em comparação com um veículo semelhante com motor de combustão, para o consumidor (CC), para a sociedade (CS), e ainda apurar os benefícios em termos de emissões de CO₂ (G), que abreviadamente se designará por ganhos de CO₂. No que diz respeito aos custos para o consumidor, é considerado o valor total que seria pago para adquirir cada um dos veículos, o veículo elétrico (CVE) e o veículo com motor de combustão (CVM), assumindo-se, à partida, que o custo do veículo elétrico será superior ao concorrente. Idealmente, este critério deveria ser negativo, indicando assim que o custo do veículo elétrico seria inferior ao do convencional. Na Tabela 7 sintetizam-se os principais parâmetros de análise para o CVM e o CVE.

$$CC = CVE - CVM$$

Tabela 7 • Parâmetros de análise do CVM e CVE. Adaptado de Prud'homme e Koning (2012).

CVM	CVE
Custo de aquisição	Custo de aquisição
Custo do combustível	Custo do carregador no domicílio
IVA combustível	Custo da Bateria
Imposto sobre combustíveis	Custo da Electricidade
Outros custos relacionados com combustíveis	
Custos de poluição local	

Os custos para a sociedade (CS) são constituídos pelos custos económicos acrescidos de todas as externalidades: ao CC soma-se o IVA do combustível e retiram-se os Custos de poluição local. Esta diferença prende-se com o facto de os Custos de poluição terem de ser assumidos apenas pelo consumidor e não pela sociedade e pelo facto de o IVA não ser um custo económico mas corresponderem a uma transferência de recursos entre diferentes agentes económicos. Tal como no primeiro critério, são considerados os custos para a sociedade resultantes da aquisição de um veículo elétrico (CSVE) e de um com motor de combustão (CSVN).

$$CS = CSVE - CSVM$$

São ainda comparados os níveis de emissões de cada um dos veículos, elétrico (GVE) e convencional (GVM), sendo atribuído a este critério o nome de ganho de emissões de CO₂ (G). Assume-se ainda que $GVE < GVM$.

$$G = GVM - GVE$$

É ainda calculado um quarto critério, que procura determinar o custo marginal de não se emitir uma tonelada de CO₂ (CT), resultado da divisão dos custos para a sociedade pelos ganhos de CO₂.

$$CT = CS/G$$

Nesta situação particular, apenas são analisadas as emissões resultantes do abastecimento e circulação dos veículos em questão. Os dois primeiros critérios foram calculados através do valor atual dos fluxos de custos durante o período definido à taxa de atualização norma da União Europeia ($r=5\%$)(URA-DGPRCE, 2003). O objetivo da replicação deste modelo prende-se com o estudo destas e outras variáveis para o caso português.

Foram utilizados como base dois critérios de comparação que dizem respeito à utilização dos veículos, o número de km percorridos e a vida útil do veículo. No entanto, após informação obtida através da marca em estudo, foi indicado que existe a possibilidade de se adquirir, em Portugal, duas baterias com diferentes preços mensais e diferentes níveis de utilização. O modelo mais económico, pressupõe um valor mensal de 79€ por mês e uma quilometragem anual de 10.000 km. A segunda hipótese conjectura um valor de 122€ mensais para um total de 25.000 km por ano. Estes dois tipos de bateria permitem-nos analisar os veículos em diferentes circunstâncias e com condições semelhantes, procurando testar se será mais vantajosa a maior ou menor utilização do veículo elétrico.

O custo de cada um dos veículos em causa é constituído por indicadores comuns a ambos e particulares a cada um dos automóveis. Os custos que foram tidos em conta para o veículo com motor de combustão foram o custo de aquisição inicial e os custos associados ao consumo de combustíveis (custo do combustível, impostos ou outros custos). Os custos relativos ao veículo elétrico são constituídos pelo custo de aquisição inicial, os custos de arrendamento mensais da bateria (variáveis de acordo com a quilometragem, como citado anteriormente), o custo da eletricidade consumida e ainda o custo fixo de instalação de um carregador no domicílio. Este fator apenas é considerado neste

estudo e tem como base um pressuposto único e, de acordo com as condições que se verificam no país, relevante. Apesar de em Portugal existir uma rede de postos de abastecimento de veículos elétricos considerada desenvolvida e suficiente para a altura, como se pode verificar na Figura 1, (EDP, s.d.-a) esta pode não estar preparada para uma utilização regular de vários utilizadores. Este acontecimento prende-se com o facto de numa vasta área regional, o número de carregadores por habitantes ser bastante reduzido. Para que um utilizador possa abastecer o seu veículo, poderá recorrer ao posto mais próximo ou, apesar de algo dispendioso, recorrer à alternativa de instalar um em sua casa. Considerando este facto, parece-nos relevante considerar esta hipótese, apesar de não existir um custo semelhante na aquisição dos veículos a motor de combustão.



Figura 1 • Rede de carregadores em Portugal – (Inteli, 2010).

4.1 Caso Base

Tendo em conta todas as variáveis referidas, procedeu-se à identificação dos objetos de estudo. Neste caso em particular, optou-se por construir o modelo tendo como base dois veículos da marca francesa Renault, o Renault Fluence (versão Dynamique) e o Renault Fluence Z.E. (versão Expression). Estes dois modelos, e respetivas versões, têm exatamente as mesmas condições, dimensões e pertencem à mesma gama, visto o Fluence Z.E. ser uma adaptação do veículo com motor de combustão. Neste modelo particular, apenas a parte respeitante à motorização do mesmo foi alterada.

No que concerne aos dados que se mantêm constantes e que servem de base para todo este modelo, a quilometragem e o período de utilização, foram definidas duas hipóteses dada a possibilidade de ser escolhida uma de duas modalidades de aluguer de bateria. Assim sendo, para um período de 15 anos ($t=15$), os veículos poderão percorrer 10.000km ou 25.000km ($d=10000$ ou $d=25000$), de acordo com o tipo de bateria utilizada. Como supracitado, as diferentes baterias possuem diferentes custos de aquisição, o que resulta em diferentes fluxos de custos. Num tema que causa alguma controvérsia atualmente, definiu-se a taxa de atualização social como sendo 5%. Por ter sido reconhecido que é uma matéria sensível dada a sensibilidade e implicações que uma pequena variação nesta taxa poderá ter nos resultados finais, decidiu seguir-se aquela que é o valor que constitui uma referência para projetos cofinanciados pela UE (URA-DGPRCE, 2003)

De acordo com informação prestada por um representante da marca a nível regional, o preço de venda ao público final, para um cliente final, do Renault Fluence, com motor a gasóleo, DCI, 90cv, versão Dynamique, é de 25.715,47€. Já o modelo elétrico, Fluence Z.E., está isento de imposto sobre veículos e, como tal, tem um preço final de venda ao público de 27.815,48 €. No entanto, tendo em vista a simplificação dos cálculos efetuados para o efeito, foi considerado o valor de 26.000€ (PVM) e de 28.000€ (PVE), para o primeiro e segundo veículo, respetivamente.

No que concerne ao consumo de combustível, o Fluence apresenta um consumo misto de 4,5 L/100km (conforme Norma CEE N° 93/116). Já o elétrico, possui um consumo normalizado de 140 Wh/km. Ambos os consumos são obtidos e considerados pelas marcas em ambientes controlados, nos quais os veículos são testados a velocidades específicas, com condições muito particulares que lhes permitem obter, de certo modo, consumos mais atrativos. No entanto, quando estes veículos são

postos em circulação, são confrontados com diferentes condições e estilos de condução, o que resulta num aumento dos consumos. Neste sentido, poder-se-á questionar o real consumo dos veículos (Prud'homme & Koning, 2012). Estes autores consideraram que o consumo dos veículos é 15% a 20% superior ao que é anunciado, para esta gama de veículos com base no estudo de (Pettersen, Alexander, & Gurr, 2011). Assumindo também neste caso um consumo superior, iremos considerar que o Fluence com motor a diesel possui um consumo “real” de 5,2l/100km (yVM). Naturalmente, os motivos que tornam irrealistas os consumos apresentados pelas marcas relativamente aos veículos com motor de combustão, são igualmente plausíveis e aplicáveis quando se refere aos veículos elétricos. Sujeitos às mesmas condições, estes veículos veem, na sua utilização diária, consumos superiores aos anunciados. Como tal, considera-se para este exercício um consumo de 18 kWh/100km (yVE).

Dado que o aluguer das baterias é um custo que não está incluído no preço de aquisição, é necessário obter o valor anual que se terá de pagar pelo aluguer das baterias nos dois casos em estudo. Assim, com base nos dados mencionados na secção anterior, para uma distância de 10.000km anuais, o aluguer da bateria (B) é de 948€/ano e, para os 25.000km, 1.464€/ano. Refira-se que por simplificação dos cálculos e não serem valores muito elevados, não se considerou o valor do dinheiro no tempo ao fazer este ajustamento para o valor anual.

Um dos aspetos mais sensíveis e, dada a incerteza dos mercados na atualidade, mais inconstantes, é relativo ao preço dos combustíveis. Portugal é um dos países europeus com preços de combustíveis mais elevados, estando apenas no gasóleo ligeiramente acima da média europeia (Europe, 2013). Para a dissertação, foi considerada a estrutura dos preços médios anuais de venda ao público de gasóleo rodoviário de 2012 construída pela APETRO (Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas), que indicava que a cotação do gasóleo, livre de impostos, era de 0,643€, representando 44% do valor final de venda ao público. Neste caso particular, também os impostos representam cerca de 44% (0,638€) do valor total de um litro de gasóleo. Os restantes 12% dividem-se por custos associados à armazenagem, distribuição e comercialização (10% - 0,139€) e incorporação de biodiesel (2% - 0,031€), sendo facilmente perceptível que a carga fiscal sobre os combustíveis influencia em grande parte o preço deste produto (APETRO, 2013a). Visto se tratarem de dados relativos a 2012 e, considerando um aumento no preço dos combustíveis constante de 5%/ano, o preço do gasóleo a considerar será de 0,675€/l (PC), ao que acresce uma taxa de IVA (Imposto sobre o Valor

Acrescentado) de 23% (IVA) e o ISP (Imposto Sobre Produtos Petrolíferos) de 0,36753 €/l (ISP). Já o ISP, em Portugal, tem estado ligeiramente abaixo do valor médio na União Europeia (APETRO, 2011) e, em Julho de 2013 registava o valor de 0,36753€/l (APETRO, 2013b). O ISP é um valor fixo que é definido pelo Estado e que corresponde a 1.000 l de combustível. Neste caso particular, o valor definido foi de 367,53€/1000l, variando de acordo com o produto (petrolífero ou energético) (RMRCFF, 2013). Para além destes valores, convém contar ainda com os custos associados ao transporte e comercialização dos combustíveis que, por serem difíceis de calcular, foram considerados como sendo de 0,15€/litro (T), sem variações anuais.

No que concerne ao preço da energia elétrica em Portugal, o mercado já é liberalizado desde 2006 e qualquer habitante pode escolher o operador com que deseja trabalhar (ERSE, 2006). Pelo facto de existirem vários operadores, deparamo-nos com o paradoxo da escolha, o que dificulta bastante o processo de tomada de decisão. Como tal, na tentativa de simplificar este processo, decidiu-se utilizar como referência o valor médio do preço da eletricidade para consumo pessoal nas habitações de cada português. Assim sendo, o valor médio em 2012, com impostos, era de 0,2063 €/kWh (DGEG, 2013). Em Portugal, a fatura que cada consumidor português paga incorpora outros custos que não apenas os relativos ao custo da energia. Se olharmos aos valores apresentados pela DGEG, é perceptível que o custo por cada kWh em Portugal é dos mais altos da Europa e encontra-se ao nível da média europeia. Porém, do valor final que o consumidor paga, apenas 43% do valor total corresponde ao preço da energia. Os restantes 57% dividem-se entre os Custos de Interesse Económico Geral e os custos com as Redes. Estes valores englobam sobrecustos para as energias renováveis, não renováveis, rendas pagas aos municípios, uma percentagem para o sustento das regiões autónomas, custos pela utilização de redes de baixa, média e alta tensão e ainda pelo transporte da eletricidade (ERSE, 2013). Tudo isto para indicar que o valor que na realidade é suportado pelo cliente final é bastante superior ao real preço da eletricidade.

Relativamente aos custos de poluição, foi considerado um valor idêntico ao de Prud'homme e Koning (2012). Este valor é resultado de um estudo realizado em 2004 em França, conhecido como o relatório Boiteux. Neste, consideravam o custo da poluição em 2000 como sendo 0,01 €/km. Considerando uma descida considerável nas emissões dos veículos, este valor diminuiria cerca de 4,5% por ano, tendo sido considerado, para o ano 0 no modelo económico, o valor de 0,0055€/km (CPL). (Boiteux, 2001)

Para entendermos qual o real impacto que estes veículos poderão ter no ambiente, é fulcral percebermos quais as emissões resultantes da deslocação de ambos os veículos. De acordo com Prud'homme e Koning (2012), um litro de gasóleo contém 2,6kg de CO₂ (evm). Considerando o consumo assumido para o Renault Fluence (5,2l/100km), e assumindo as duas hipóteses em que o veículo percorre 10.000km ou 25.000km, o total de CO₂ libertado para a atmosfera é de 20.280 kg (20,3 ton.) e 50.700 kg (50,7 ton.), respetivamente. Já o veículo elétrico em análise apresenta, naturalmente, emissões bastante mais reduzidas. Na primeira análise de 10.000 km, apresenta um total de emissões resultantes da produção de eletricidade de 6.785,1 kg (6,8 ton) e, para o segundo teste de 25.000 km, 16.962,75 kg (16,9 ton.). Estes valores demonstram que, no que concerne às emissões de CO₂, o veículo elétrico encontra-se em clara vantagem. Na tabela 8 é possível perceber qual o impacto que cada sector de atividade tem no total de emissões. No entanto, o custo que a sociedade (e cada consumidor) suporta por cada tonelada de CO₂ que não é emitida durante a deslocação destes veículos ainda é bastante elevado.

Tabela 8 • Fontes de Gases de Efeito de Estufa em Portugal (APA, 2013)

O valor de CO₂ que cada kWh de eletricidade contém é um valor de difícil obtenção. Com o intuito de

FONTES DE GASES DE EFEITO DE ESTUFA	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NOX	CO	NM VOC	SO ₂
Total da Energia	47609,98	20,81	1,82	177,53	307,58	61,39	56,83
A. Atividades de queima de combustível (Abordagem Sectorial)	46622,20	13,04	1,81	177,13	306,68	44,06	52,04
1. Indústria Energética	16385,06	0,39	0,43	24,55	5,97	1,79	23,65
a. Eletricidade Pública e Produção de Aquecimento Público	14257,34	0,33	0,39	20,16	5,43	1,67	16,44
b. Refinação de Petróleo	2127,72	0,06	0,04	4,40	0,54	0,12	7,21
c. Manufatura de combustíveis sólidos e outras indústrias energéticas	-	-	-	-	-	-	-

simplificar o cálculo destes valores, considerou-se o total de energia produzida no país em 2011 e o total de emissões resultantes das emissões de eletricidade pública e aquecimento (APA, 2013; DPE, 1994-2011), estando este valor expresso na Tabela 9. Com isto, e considerando que em 2011 foram produzidos 52460 GWh de eletricidade e foram emitidos 14.257,34 Gg de CO₂, obtém-se um total de

271,77 ton/GWh (considerando que 1Gg=1000 toneladas). Este valor equivale, sensivelmente, a 246,55 g/kWh (c).

Tabela 9 • Produção Bruta de Energia Elétrica em Portugal (DPE, 1994-2011)

PRODUÇÃO BRUTA DE ENERGIA ELÉTRICA (GWh)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Hidráulica	5118	11467	10449	7296	9009	16547,43	12114
Serviço Público	4827	10709	9960	6806	8376	15498,43	11383
Autoprodutores	291	758	489	490	633	1049	731
Térmica	39610	34559	32542	32686	33277	27953	30697
Serviço Público	33488	28196	25980	26472	26405	20224	22442
Autoprodutores	6122	6363	6562	6214	6872	7729	8255
Eólica	1773	2925	4037	5757	7577	9182	9162
Geotérmica	71	85	201	192	184	197	210
Fotovoltaica	3	5	24	38	160	214	277
Total	46575	49041	47253	45969	50207	54093,43	52460

Este valor não é o mais apurado, visto ser resultado de valores médios anuais. Para um cálculo mais exato, poder-se-á considerar o carregamento do veículo em duas alturas distintas, em horário de vazio e em horário de cheia. Estes cálculos prendem-se com o facto de em horários vazios a emissão de CO₂ ser consideravelmente menor do que fora das horas de vazio.

Concluindo a apresentação do modelo, a Tabela 10 resume todos os parâmetros e valores assumidos para a dissertação.

Tabela 10 • Parâmetros.

PARÂMETRO	VALOR
Número de anos (t)	15
Taxa de desconto (r)	5%
Distância percorrida (d/yr)	10000
Preço Litro Gasóleo (PC)	0,675
Veículo com Motor de Combustão	
Custo de aquisição (PVM) em €	26 000,00 €
Eficiência do automóvel (γVM) em litro/km	0,052
Preço combustível sem outros encargos (€/litro)	0,675 €
Alteração no preço do combustível (%)	5%
IVA (23%)	0,15525 €
Alteração no IVA(%)	0%
Imposto sobre Produtos petrolíferos (ISP)	0,36753

PARÂMETRO	VALOR
Outros custos do combustível (T)	0,15 €
Alteração nos Custos de poluição local (%/ano)	-4,50%
Custos de poluição local (CPL) (€/km)	0,0055
Emissões de CO ₂ (evm), in kg/lit	2,6
Veículo elétrico	
Custo de aquisição (PVE) em €	28 000,00 €
Custo do carregador no domicílio em €	1 000,00 €
Aluguer da Bateria (B) em €/ano	948
Eficiência do automóvel (γVE) em kWh/km	0,18
Preço da eletricidade (PE) €/kWh	0,3163
Alteração no preço da eletricidade (%)	0%
Quantidade de CO ₂ na eletricidade (c) em g/kWh	246,55

Tabela 11 • Resultados 10.000km.

RESULTADOS 10.000 KM	
Custo em excesso para consumidor (CC) em €	8 048,73 €
Custo em excesso para sociedade (CS) em €	8 358,68 €
Ganho de CO ₂ (G) em toneladas	13,62
Custo/tonelada de CO ₂ em €/t (CT)	613,56 €

Assumindo como pressuposto que estes valores correspondem à situação atual, é possível concluir que a aquisição do veículo elétrico é ainda uma hipótese que representa elevados custos para o consumidor e para a sociedade. Também o custo por cada tonelada emitida é relativamente elevado, demonstrando que existe ainda um longo caminho a ser percorrido. Como podemos ver nas tabelas 11 e 12, os custos em excesso são consideráveis, apesar de se notar que quantos mais quilómetros o veículo elétrico percorrer, mais favorável será a sua aquisição.

Tabela 12 • Resultados 25.000km.

RESULTADOS 25.000 KM	
Custo em excesso para consumidor (CC) em €	6 217,87 €
Custo em excesso para sociedade (CS) em €	6 992,74 €
Ganho de CO ₂ (G) em toneladas	34,06
Custo/tonelada de CO ₂ em €/t (CT)	205,32 €

4.2 Análise de Sensibilidade

Analisando os resultados obtidos nas condições atuais, verificamos que, muito dificilmente, o veículo elétrico se conseguirá impor e conquistar o mercado. Num país como Portugal no qual não existem incentivos financeiros, torna-se ainda mais perceptível qual será a posição de um consumidor ao comparar os dois veículos. Como tal, torna-se bastante importante, e ainda mais relevante, realizar uma análise de sensibilidade aos dados e parâmetros considerados. Atente-se que os critérios avaliados poderão ser divididos numa escala temporal. Como se poderá verificar mais à frente, a redução no custo de aquisição dos veículos elétricos, das baterias e um aumento considerável da eficiência do mesmo, são hipóteses que se preveem como sendo mais prováveis de acontecer no longo prazo. Assumindo alguns pressupostos, procurou-se testar os critérios estudados, sempre com o intuito de verificar quais destes e de que modo influenciam os custos para o consumidor, para a sociedade e o nível de emissões de CO₂.

4.2.1 Taxa de atualização social

A taxa de atualização social reflete o ponto de vista social sobre a forma como os resultados futuros devem ser valorizados em relação aos benefícios e custos atuais. No entanto, em relação àquela taxa, existe uma considerável extensão de literatura com diferentes interpretações relativas aos valores a utilizar. A literatura internacional apresenta-nos uma elevada variedade de interpretações às várias taxas de atualização e à sua escolha. Poderão variar de acordo com o tipo de projetos a que se referem e aos países onde estes são desenvolvidos. No entanto, optou-se por utilizar uma taxa de 5%. Apesar de serem várias as hipóteses e plausíveis as justificações para as mesmas, esta poderá ser vista como uma referência padrão para projetos cofinanciados pela União Europeia. Dado ser uma taxa reconhecida como aplicável a projetos de um órgão internacional, decidiu-se optar pela mesma. (URADGPRCE, 2003)

No que concerne à análise de sensibilidade, procedeu-se à alteração da taxa de atualização social para 3% e 7%. Testado em ambos os cenários, verifica-se que a aquisição de um veículo elétrico é beneficiada por taxas de atualização mais altas. Em ambos os cenários, se verifica que as reduções do CC e do CS não são significativas, não chegando a atingir sequer 10% de diferença, como se pode ver nos Gráficos 2 e 3. Tal como referido em Prud'homme e Koning (2012), seria expectável que, à

medida que se avança no tempo, o carro elétrico fosse “compensando” o investimento anual. No entanto, os custos anuais derivados do aluguer da bateria associados ao custo da eletricidade, conseguem ser superiores aos custos anuais do veículo a gasóleo.

Este facto verifica-se e é revisto do mesmo modo no modelo que foi construído para esta dissertação.

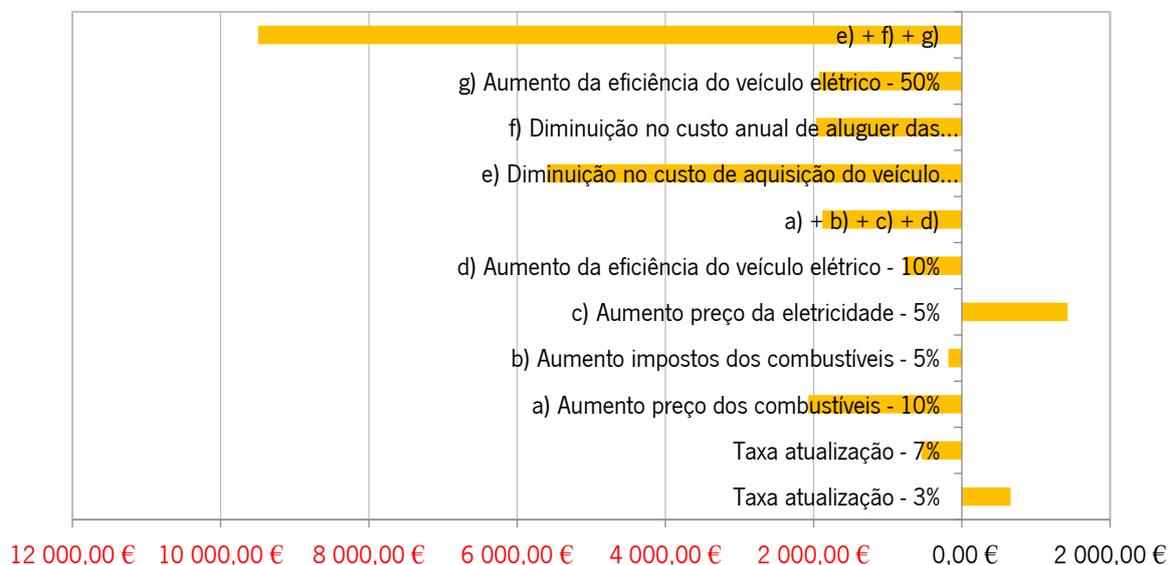


Gráfico 2 • Custo em excesso para o consumidor – 10000 km. (1)

4.2.2 Custos dos combustíveis

Provavelmente, é dos parâmetros que poderá causar maior impacto e sofrer maiores variações a curto prazo. Dada a instabilidade económica que se vive atualmente, o preço do petróleo e, consequentemente, dos combustíveis, no mercado, varia com relativa frequência. Para este exercício em particular, ao invés de se trabalhar com o preço do barril de petróleo, optou-se por considerar o preço por litro de gasóleo (sem impostos). Com base neste facto, considerou-se o pressuposto de que existe um aumento dos preços de gasóleo de 5% por ano. Se for considerado um panorama de elevada instabilidade, em que os preços dos mesmos sobem 10%, o valor da diferença entre os dois veículos nos critérios estudados é bastante mais acentuada no cenário dos 25.000km. No primeiro cenário o custo em excesso para o consumidor ronda os 6.000€, sendo a diferença entre o CS e o caso base, semelhante à do CC, rondando este valor os 2.000€. No cenário dos 25.000km, as diferenças, como foi referido, acentuam-se. Dado que está previsto o aumento anual dos preços dos combustíveis, com o aumento da circulação dos veículos e posterior aumento do consumo, os custos fixos anuais

1 Os valores que se encontram no gráfico 2 são o resultado da diferença entre o caso base e os resultados obtidos com as respetivas variações, sendo que os valores a vermelho representam as diferenças negativas.

provenientes do aluguer da bateria são, de certo modo, atenuados pelo aumento dos custos variáveis resultantes do consumo. Assim sendo, a diferença no CC e no CS ronda os 5.000€. Destaque ainda para uma redução de quase 75% nos custos de eliminação de cada tonelada de CO₂ (diminuem para 53,28€). Pelo facto de, de acordo com a conjuntura atual, parecer altamente improvável que os preços de gasóleo diminuam a ponto de considerar uma diminuição anual do mesmo neste modelo, foi decidido eliminar esta hipótese.

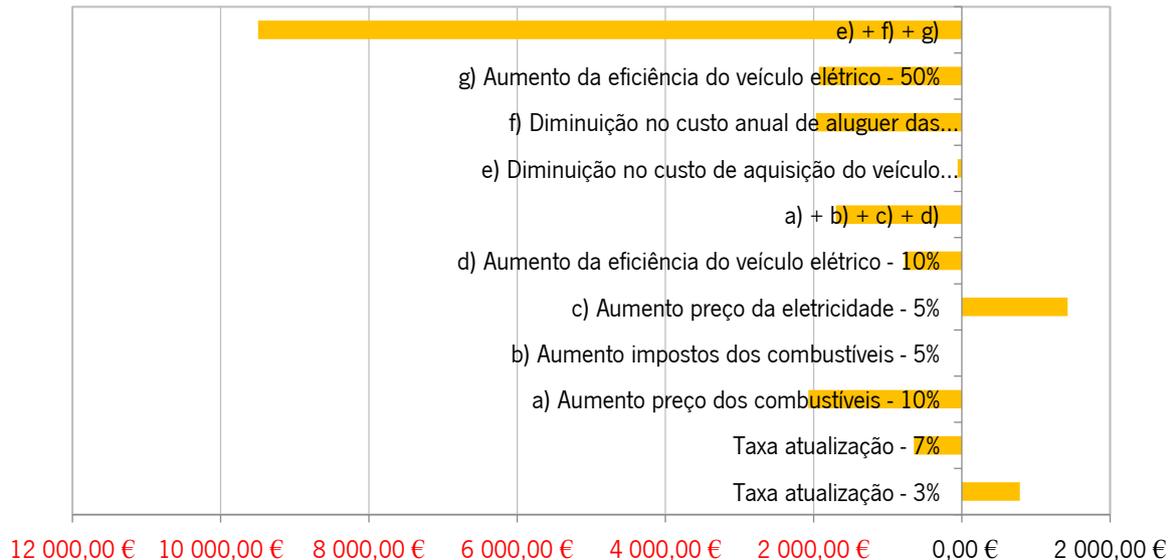


Gráfico 3 • Custo em excesso para a sociedade - 10000 km. (2)

4.2.3 Impostos sobre os combustíveis

Atualmente o aumento dos impostos sobre os combustíveis é uma opção que não é percebida como possível de ocorrer num futuro próximo, dada a atual carga fiscal que já se verifica hoje em dia. Naturalmente, na hipótese de esta eventualidade se verificar, foi considerado para análise um aumento de 5% no IVA sobre os combustíveis. Com este aumento, a redução no CC não é significativa, diminuindo, nos dois cenários, cerca de 3% (d=10.000) e 9% (d=25.000). De destacar apenas que esta alteração apenas teria impacto no custo para os consumidores, visto que, no que respeita a emissões de CO₂ e a eventuais custos para a sociedade, a alteração dos impostos não tem qualquer impacto.

2 Os valores que se encontram no gráfico 3 são o resultado da diferença entre o caso base e os resultados obtidos com as respetivas variações, sendo que os valores a vermelho representam as diferenças negativas.

4.2.4 Preço da eletricidade

Em Portugal, como já foi referido, existe a hipótese de cada consumidor escolher o seu fornecedor de eletricidade no domicílio. No entanto, para este exercício considerou-se o valor de 0,2063 €/kWh, já explicado anteriormente. Como é perceptível, o aumento deste parâmetro terá um impacto negativo nos custos para a sociedade e para o próprio consumidor. Caso os veículos percorressem 10.000km, o aumento nos custos rondaria os 1.500€. Já no caso de percorrerem 25.000km, acentuam-se as diferenças, aumentando o CS e CC cerca de 3.500€. Piorando a situação, o custo por cada tonelada de CO₂ iria também aumentar consideravelmente.

4.2.5 Eficiência do veículo elétrico

Os veículos elétricos têm uma eficiência conhecida bastante superior à de um veículo convencional. Para testar esta variável, consideramos um aumento de 10% na eficiência do veículo elétrico, que equivale a uma eficiência de 0,198 kWh/km. Assim, verifica-se uma subtil queda nos custos considerados, na ordem dos 10% para o primeiro cenário e 30% no segundo. Esta redução é acompanhada por um aumento nos ganhos nas emissões de CO₂ e conseqüente diminuição nos custos de cada tonelada de CO₂ não emitida.

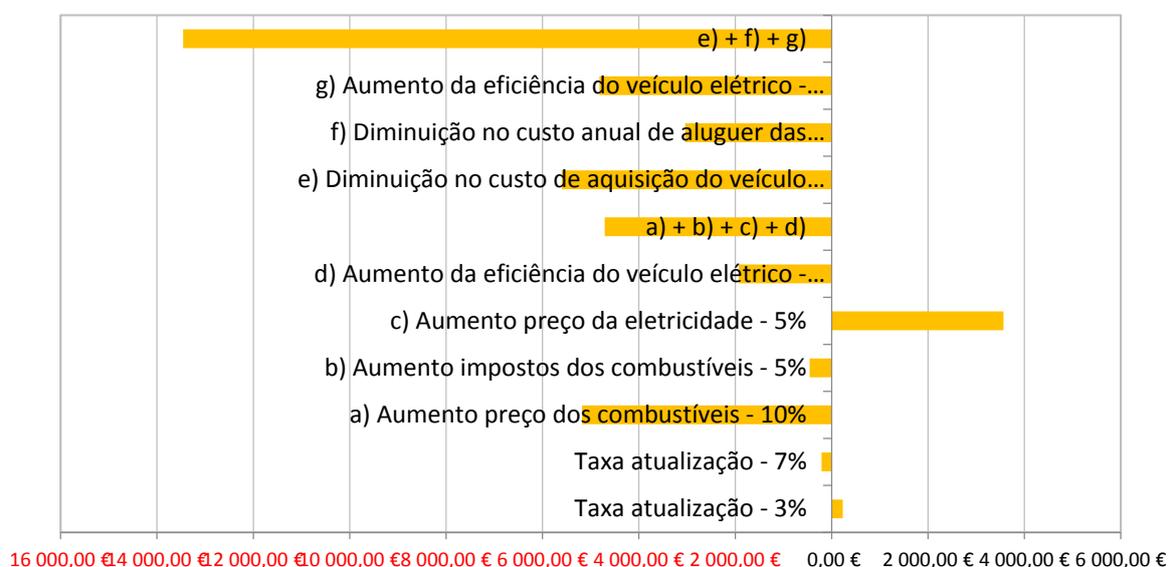


Gráfico 4 • Custo em excesso para o consumidor – 25000 km. (3)

3 Os valores que se encontram no gráfico 4 são o resultado da diferença entre o caso base e os resultados obtidos com as respetivas variações, sendo que os valores a vermelho representam as diferenças negativas.

4.2.6 Conjugação de alterações em vários parâmetros

Os parâmetros analisados até agora demonstraram que causam ligeiras variações no resultado final. No entanto, a ocorrência de apenas uma destas variações isoladamente é de uma probabilidade bastante reduzida. Como tal, torna-se importante prever o caso de todas as alterações supracitadas acontecerem em algum momento e se verificarem no curto prazo. Assim, foi posta em análise a possibilidade de ocorrer um aumento de 10% no preço dos combustíveis, um aumento dos impostos dos combustíveis de 3%, um aumento no preço da eletricidade de 5% e uma melhoria na eficiência do veículo elétrico em 10%. Ambas as variações foram testadas nos dois cenários em análise. No primeiro cenário, verifica-se que estas alterações não têm grande influência nos custos para o consumidor e economia. Registam-se alterações na ordem dos 20%, com exceção dos ganhos de CO₂ que aumentam quase 10%. No segundo cenário, verifica-se uma hipótese já antes mencionada. Aqui as diferenças percentuais são ainda mais significativas, chegando o CC a diminuir mais de 75%. Já o CS tem também uma enorme diminuição de 60,81%, para os 2.740,64€. Partindo dos resultados obtidos nestas simulações, é possível concluir que, num prazo mais curto, onde pequenos desenvolvimentos tecnológicos são possíveis e em que ligeiras alterações dos preços dos combustíveis se podem verificar, a viabilidade do veículo elétrico se começa a tornar numa realidade, dada a redução de custos que se verifica.

Baseado em tudo o que já foi referido em relação à aquisição de um veículo elétrico na atualidade, apercebemo-nos que, com as condições atuais (por exemplo preço dos combustíveis e eletricidade, carga fiscal, valor de aquisição dos veículos ou autonomia dos mesmos) existe uma grande discrepância entre os valores finais para o consumidor final e para a própria sociedade/economia. Do ponto de vista do cliente final, a solução mais simples e eficaz e que poderia incentivar à aquisição do veículo elétrico, seria a atribuição de um subsídio ou incentivo económico que suportasse essa diferença (ou ajudasse a suportar). No entanto, dada a conjuntura económica atual, essa situação aparenta ser algo inviável. Tendo este facto em conta, a alternativa passaria pelo desenvolvimento dos próprios veículos elétricos. Para isso, os custos de utilização do veículo elétrico terão de diminuir consideravelmente. Isto passará por diminuir o custo de aquisição, o custo de aluguer das baterias e aumentar a eficiência das mesmas. À semelhança do que Prud'homme e Koning (2012) consideraram, uma diminuição no custo de aquisição e do valor de aluguer das baterias em 20% associados a um

aumento de 50% da eficiência do veículo elétrico, resultam em reduções bastante consideráveis dos custos para o consumidor e para a sociedade.

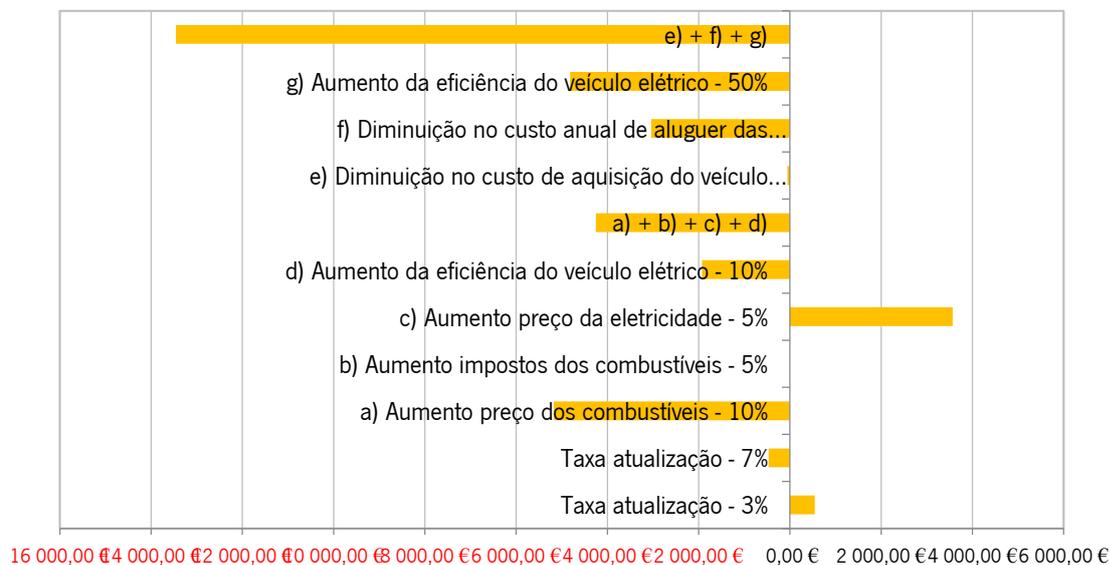


Gráfico 5 • Custo em excesso para a sociedade – 25000 km. (4)

4.2.7 Custo de aquisição do veículo elétrico

A tecnologia associada a veículos elétricos, em si, está bastante desenvolvida. No entanto, o seu principal componente, a bateria, apresenta ainda bastantes falhas. Como tal, o custo de aquisição de um veículo elétrico é, involuntariamente, mais alto do que o de um veículo convencional da mesma gama. Neste caso particular, o Renault Fluence Z.E. não apresenta um valor de aquisição muito mais elevado do que o Fluence com motor de combustão, visto que o custo de aluguer das baterias é considerado à parte. Uma redução de 20% no preço de aquisição deste permitiria que os CC diminuíssem quase 70%, tal como os CS. Este impacto verifica-se também no segundo cenário, onde as reduções do CS e do CC rondam os mesmos valores que no primeiro cenário. É então perceptível que, por si só, esta variação iria contribuir fortemente para o aumento pelo interesse do veículo elétrico.

4 Os valores que se encontram no gráfico 5 são o resultado da diferença entre o caso base e os resultados obtidos com as respetivas variações, sendo que os valores a vermelho representam as diferenças negativas.

4.2.8 Custo anual de aluguer das baterias

As baterias são, provavelmente, o maior problema relativo ao veículo elétrico atualmente. Para além de não serem muito eficientes, apresentam custos bastante elevados. Assim, considerando uma redução de 20% no custo de aluguer das mesmas, os custos no primeiro cenário reduzem cerca de 25%, tornando-se estes mais evidentes no segundo cenário, onde reduzem quase 50%, como podemos verificar nos gráficos 4 e 5.

4.2.9 Eficiência do veículo elétrico

A eficiência dos veículos elétricos deve-se essencialmente às baterias que os equipam. Como foi dito, são bastante mais eficientes que as de um veículo convencional. No entanto, estas ainda não evoluíram o suficiente para tornar os veículos elétricos competitivos. Aliás, a densidade energética de uma bateria está ainda bastante longe da densidade presente num litro de gasóleo, facto este que lhes retira atratividade. Ainda assim, tinha sido considerado, inicialmente, apenas um aumento de eficiência de 10%. No entanto, como é expectável que no longo prazo as baterias sejam cada vez mais eficientes, faz sentido tentar prever qual será o impacto destas se, neste caso, aumentarem em metade a sua eficiência. Em particular no segundo cenário, percebe-se que o veículo elétrico será mais rentável quanto maior for a sua utilização. Caso percorra apenas 10.000km num ano, o aumento da eficiência em 50% levará a uma redução de cerca de 25% nos CS e CC, o que é bastante razoável. No entanto, caso percorra 25.000km, estes valores reduzem quase 80%. É uma hipótese que, caso se verificasse no momento, iria aumentar em muito a probabilidade de se passarem a ver muitos mais veículos elétricos em circulação.

4.2.10 Conjugação de variáveis

Tal como havia sido feito anteriormente, faz sentido testar a possibilidade de estas três últimas variáveis serem avaliadas em conjunto. Como foi referido anteriormente, estas hipóteses são tidas como mais prováveis de acontecer no longo prazo, pelo que o teste à conjugação das três variáveis é algo arriscado. No entanto, acreditando que o veículo elétrico será mesmo o veículo do futuro e que dentro de alguns anos tomará conta das estradas, decidiu-se considerar a diminuição de 20% do custo

de aquisição do carro elétrico e no custo de aluguer das baterias e ainda o aumento da sua eficiência em 50%. Caso se verifiquem estas condições, poder-se-á afirmar que o veículo elétrico é um investimento seguro e que suplantou o veículo convencional. Neste caso, os custos associados ao veículo elétrico seriam sempre inferiores aos de um veículo convencional, colocando, nos 10.000km, o custo por cada tonelada de CO₂ não emitida no valor de 8,61€. Esta é uma situação que, apesar de para já não ser possível de prever quando, ou se, irá acontecer, trará grandes benefícios.

A tabela 13 resume os resultados obtidos na análise de sensibilidade realizada ao modelo económico.

Tabela 13 • Resultados.

	10000 km				25000 km			
	CC (€)	CS (€)	G (ton)	CT (€/ton)	CC (€)	CS (€)	G (ton)	CT (€/ton)
Caso base	8 048,73	8 358,68	13,62	613,56	6 217,87	6 992,74	34,06	205,32
Taxa atualização - 3%	8 705,31	9 141,06	13,62	670,99	6 447,50	7 536,87	34,06	221,30
Taxa atualização - 7%	7 503,98	7 711,27	13,62	566,04	6 008,19	6 526,39	34,06	191,63
Aumento preço dos combustíveis - 10%	5 977,54	6 287,49	13,62	461,53	1 039,88	1 814,75	34,06	53,28
Aumento impostos dos combustíveis - 5%	7 866,57	8 358,68	13,62	613,56	5 762,46	6 992,74	34,06	205,32
Aumento preço da eletricidade - 5%	9 475,28	9 785,23	13,62	718,28	9 784,22	10 559,09	34,06	310,03
Aumento da eficiência do veículo elétrico - 10%	7 277,86	7 587,81	14,95	507,39	4 290,68	5 065,55	37,39	135,49
a) + b) + c) + d)	6 165,73	6 657,85	14,95	445,21	1 510,36	2 740,64	37,39	73,31
Diferença Total	1 883,00	1 700,84	1,33	168,36	4 707,50	4 252,10	3,33	132,01
Diferença Percentual	-23,40%	-20,35%	9,77%	-27,44%	-75,71%	-60,81%	9,77%	-64,30%
Diminuição no custo de aquisição do veículo elétrico - 20%	2 448,73	2 758,68	13,62	202,50	617,87	1 392,74	34,06	40,89
Diminuição no custo anual de aluguer das baterias - 20%	6 080,75	6 390,70	13,62	469,11	3 178,70	3 953,58	34,06	116,08
Aumento da eficiência do	6 121,54	6 431,49	16,95	379,40	1 399,89	2 174,76	42,38	51,32

	10000 km				25000 km			
veículo elétrico - 50%								
e) + f) + g)	1 446,44	1 136,49	16,95	67,04	7 239,28	6 464,40	42,38	152,54
Diferença Total	9 495,17	9 495,17	3,33	680,61	13 457,14	13 457,14	8,32	357,86
Diferença Percentual	-117,97%	-113,60%	24,43%	110,93%	-216,43%	-192,44%	24,43%	174,29%

4.3 Análise do Risco

A construção de um modelo económico e posterior análise de sensibilidade baseiam-se, essencialmente, numa abordagem determinística, pelo que a forma como lidam com o risco é algo limitada. Dos parâmetros estudados consegue-se perceber qual o impacto que cada um tem no resultado final obtido em cada um dos critérios. No entanto, estes valores são considerados estáticos. Por serem considerados com base em pressupostos e por serem obtidos num dado momento, poderão não refletir o real valor do mesmo. Imagine-se que o valor do preço dos combustíveis utilizado no modelo representava um momento em que este estava cotado a preços anormalmente elevados. Este facto poderá influenciar erradamente os resultados finais. Como tal, é de extrema relevância avaliar a probabilidade que estes valores têm de se alterar, com base em dados históricos.

A utilidade desta análise prende-se com o intuito de tentar prever, com base em valores históricos e pressupostos assumidos, qual evolução da diferença de preços entre o veículo elétrico e o veículo com motor de combustão, determinando também a probabilidade correspondente

Para este modelo em particular, decidiu-se analisar dois dos parâmetros que mais impacto causam nos resultados finais. Com base nos gráficos previamente apresentados, os parâmetros que foram escolhidos para análise e que influenciam com bastante relevância o CC e o CS são o aumento do preço da eletricidade e aumento do preço dos combustíveis. Existem variáveis como o aumento da eficiência do veículo elétrico em 50% ou a diminuição dos custos de aluguer das baterias que também influenciam consideravelmente os resultados finais. No entanto, por uma questão de simplicidade foi decidido trabalhar apenas os primeiros parâmetros referidos.

Para esta análise, foi utilizado o software @RISK. É um software que utiliza a simulação de Monte Carlo para mostrar quais são os possíveis resultados que se poderão obter com base no modelo utilizado e qual a probabilidade de estes ocorrerem.

4.3.1 Análise à variação do preço da eletricidade

A determinação do preço da eletricidade utilizada foi, como se referiu na apresentação do modelo económico, obtido através da Direção Geral de Energia e Geologia. Este valor (0,206€/kWh) contempla os impostos e outras taxas relativas à utilização e transporte da energia. Para a utilização do @RISK neste parâmetro, foi considerada uma distribuição normal. A utilização desta deve-se ao facto de se ter feito uma análise aos valores diários recolhidos nos últimos anos no Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL). Após a análise destes dados e de se testar qual a distribuição que melhor corresponde às variações dos preços, concluiu-se que seria a distribuição normal. Através destes valores, foi também possível determinar o desvio-padrão a considerar. Verificou-se que no MIBEL o desvio-padrão era de 14,79 €/MWh, o que corresponde a cerca de 31,5% do valor médio. Tendo isto em conta, assume-se que o desvio-padrão a utilizar para o nosso modelo seria idêntico, apresentando este o valor de 0,064927 €/kWh. A média a considerar foi a do valor de eletricidade utilizado, 0,206€/kWh. Estas variações foram testadas para ambos os cenários, 10.000km e 25.000km.

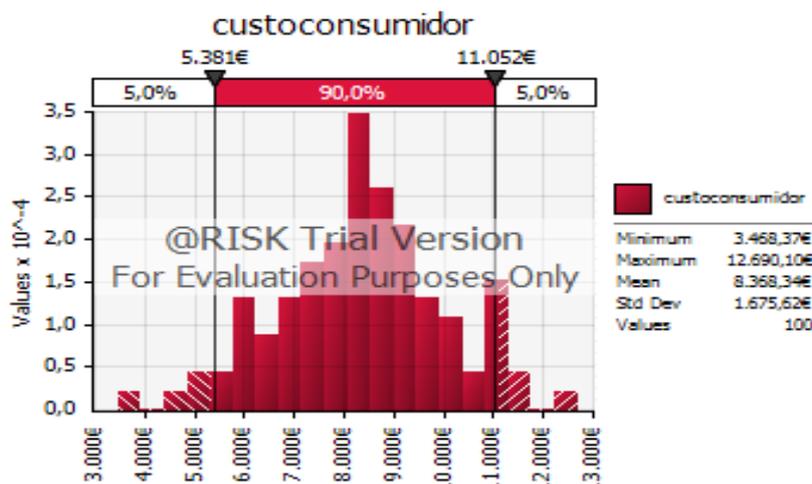


Gráfico 6 • Distribuição de probabilidades para o custo em excesso do consumidor no cenário dos 10.000km.

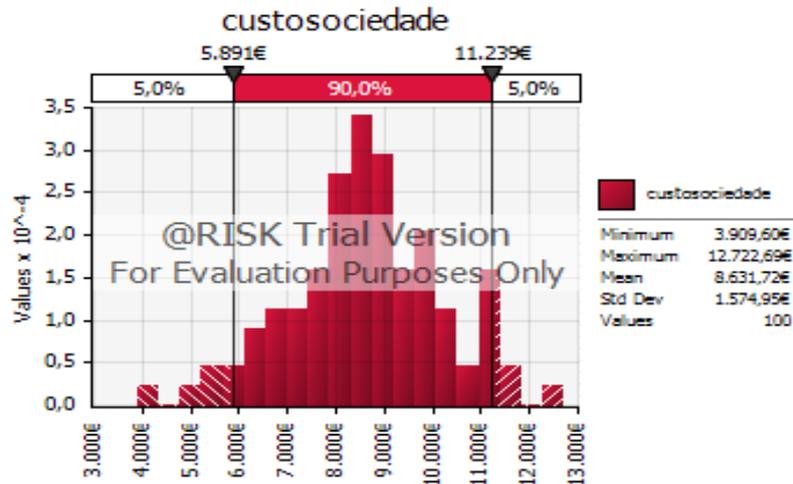


Gráfico 7 • Distribuição de probabilidades para o custo em excesso para a sociedade no cenário dos 10.000km.

4.3.2 Análise à variação do preço do combustível

O preço base dos combustíveis considerados no modelo provém de informação obtida na APETRO, que indicava o valor do gasóleo rodoviário como sendo 0,675 €/l, não incluindo este valor impostos nem outros encargos. Para aplicar uma distribuição a este parâmetro e poder avaliar o risco inerente ao mesmo, foi utilizada a evolução do preço do barril de Brent, entre Janeiro de 2009 e Agosto de 2013. Daqui, concluiu-se que, com os valores, não existia uma distribuição evidente que pudesse ser utilizada com garantias que representasse a evolução dos preços ao longo dos meses. Como tal, para simplificar, utilizou-se uma distribuição triangular, que necessita apenas dos valores mínimos, máximos e médios da série. Neste caso, o valor mínimo era de 32,8161 €/barril e o máximo de 95,0338 €/barril. Estes valores correspondem, respetivamente, a 47,08% e 136,35% do valor médio de 69,6979 €/barril. Extrapolando estes resultados para o modelo em estudo, e para um valor médio de 0,675€/l, conclui-se que o máximo que um litro de gasolina poderá custar será 0,9293€/l e no mínimo 0,3178 €/l, tendo também sido testado em ambos os cenários.

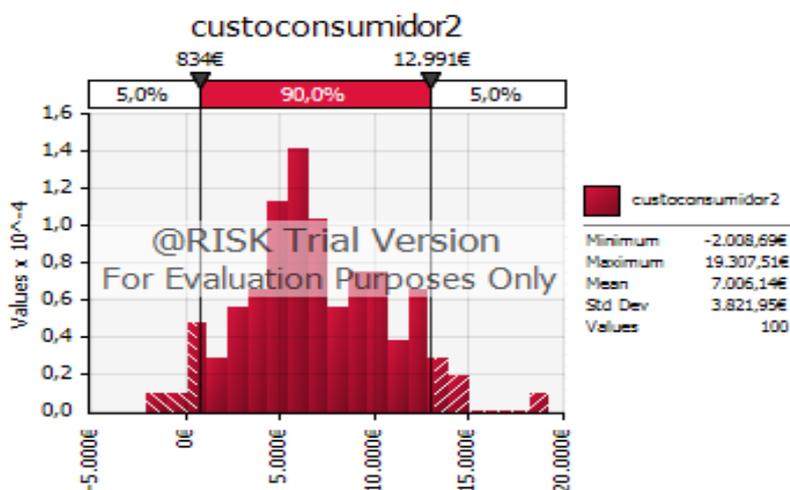


Gráfico 8 • Distribuição de probabilidades para o custo em excesso do consumidor no cenário dos 25.000 km.

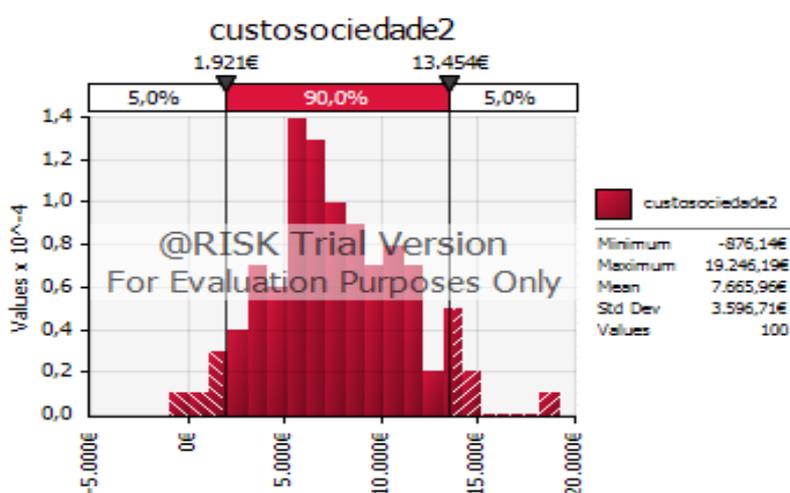


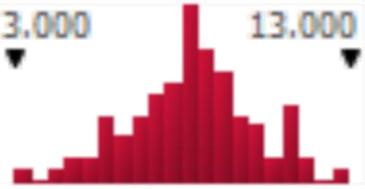
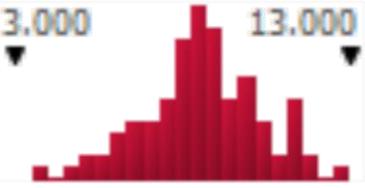
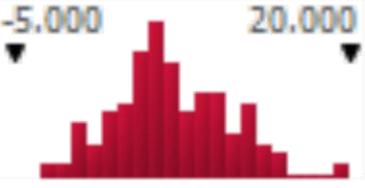
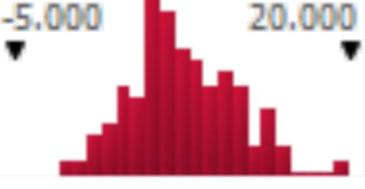
Gráfico 9 • Distribuição de probabilidades para o custo em excesso para a sociedade no cenário dos 25.000km.

4.3.3 Análise dos resultados

Estes testes permitem verificar, com base em alguns pressupostos que se acredita estarem corretos, quais os resultados possíveis de se obter e qual a probabilidade adjacente. Assim, analisando em conjunto o impacto das variações sugeridas anteriormente, conclui-se que no cenário dos 10.000km, como podemos verificar nos gráficos 6 e 7, não existe a possibilidade de o veículo elétrico, em termos de custo para o consumidor e para a sociedade, se tornar mais económico do que o veículo com motor de combustão. Os valores mínimos que poderão ser obtidos são 3.468,37€ e 3.909,60€, respetivamente, e têm ambos uma probabilidade de ocorrerem inferior a 5%. Já no cenário dos 25.000km anuais, e de acordo com os gráficos 8 e 9, verifica-se que o veículo elétrico poderá vir a

justificar a aquisição. Tal deve-se ao facto de existir uma hipótese, embora, tal como no cenário anterior, remota. Considera-se que o carro elétrico poderá, no seu total, vir a custar menos 2.000€, para o consumidor final, e cerca de 870€, para a sociedade, quando comparado com o veículo com motor de combustão. Esta representa uma visão otimista da possível evolução da situação atual, baseada apenas em dois fatores e que em tudo favorece o veículo elétrico. No entanto, do mesmo modo que a variação dos preços afeta positivamente o veículo elétrico, também pode ter repercussões negativas. Embora pouco provável, estes valores poderão subir, para o primeiro cenário, acima dos 12.500€ de diferença, sendo a probabilidade de tal acontecer inferior a 5%. Já no segundo cenário, estes valores poderão ultrapassar a barreira dos 19.000€, tornando a aquisição do veículo elétrico incomportável. Na Tabela 12, é possível encontrar um resumo da análise de risco efectuada.

Tabela 14 • Resumo da análise de risco.

PARÂMETRO	CENÁRIO	GRÁFICO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	5%	95%
CC	10000 km		3468,37€	8368,34 €	12690,1 €	5380,75 €	11051,6 €
CS			3909,6 €	8631,72 €	12722,69 €	5890,74 €	11239,23 €
CC	25000 km		-2008,69 €	7006,14 €	19307,51 €	834,19 €	12991,04 €
CS			-876,14 €	7665,96 €	19246,19 €	1920,57 €	13454,07 €

5 CONCLUSÃO

O veículo elétrico, ao longo de toda a sua história, teve períodos mais e menos positivos, tendo sempre sido preterido em relação aos veículos convencionais. Apesar de todos os benefícios que apresenta, estes não conseguem suplantar as barreiras que surgem em conjunto. A relevância deste tema prende-se com a necessidade de encontrar soluções que ajudem a pôr termo ao exacerbado nível de emissões de CO₂ em todo o mundo. Por exemplo, no caso do Reino Unido, de 1970 a 2004, as emissões anuais de CO₂ relativos aos diferentes meios de transporte aumentaram 17 milhões de toneladas (Harris, Naim, Palmer, Potter, & Mumford, 2010). A tecnologia inerente ao veículo elétrico está ainda num nível relativamente incipiente de maturidade. Os preços altos associados às baterias e à aquisição dos próprios veículos, bem como as autonomias reduzidas das primeiras, são prova de que existe um longo caminho a percorrer. No entanto, dado todo o investimento que está a ser feito pelas principais marcas automóveis em todo o mundo, e visto que as entidades governamentais já reconheceram a importância desta tecnologia e se encontram a apostar ativamente na mesma, existe uma forte possibilidade de que este seja, de verdade, o veículo do futuro. Neste caso em particular, Portugal apostou agressivamente nesta tecnologia, através da instalação de mais de 1.000 postos de carregamento por todo o país. No entanto, fruto da forte crise que se abateu sobre o país, parte dos incentivos financeiros que estavam previstos como medidas de apoio à disseminação desta tecnologia cessaram, levando ao quase total abandono dos postos de carregamento e a um número muito reduzido de veículos elétricos em circulação no país.

Como foi possível verificar, nas condições atuais, a aquisição de um veículo elétrico representa ainda um elevado custo para o consumidor e para a própria sociedade, quando em comparação com a aquisição de um veículo convencional. Para isto pesam, essencialmente, os factos já referidos anteriormente: preço do veículo e preço das baterias. Analisando todas as variações efetuadas nos modelos, é possível verificar que apenas as variações nos critérios relativos ao veículo elétrico (Custo de aquisição do veículo e das baterias e aumento da eficiência do veículo) demonstram ter efeitos significativos. Apesar das reduções consideradas nos testes serem já relevantes, não tornam ainda a aquisição do mesmo viável. Apenas uma combinação possível, mas para já pouco provável, em que o custo de aquisição do veículo elétrico diminuiria 20%, tal como o custo de aluguer das baterias, estando ainda associado um aumento da eficiência do mesmo em 50%, colocaria o veículo elétrico a competir com qualquer outro veículo.

Uma das principais conclusões que se pode retirar da construção deste modelo é que no curto prazo a probabilidade de a aquisição do veículo elétrico ser viável é algo reduzida. A tecnologia existente nas baterias não é, de momento, a mais desenvolvida, apresentando vários problemas que condicionam a performance destes veículos. No entanto, dada a constante mutação do mundo tecnológico, prevê-se e acredita-se que esta situação se modifique num futuro próximo. Conclui-se também que a utilização mais intensa do veículo elétrico atenua os custos fixos de aluguer das baterias, resultando em custos menores para maiores distâncias.

No que concerne a possível trabalho futuro, destaca-se a possibilidade de se fazer uma análise mais exaustiva às emissões de CO₂ resultantes da produção de energia elétrica. Cada país produz a sua energia recorrendo a diferentes *mix's* de fontes, desde a nuclear à hídrica, facto este que poderá ter mais ou menos impacto nos resultados finais. Também com a constante mutação das tecnologias relativas ao veículo elétrico, torna-se essencial uma análise com valores e dados cada vez mais recentes, no intuito de não cair em desatualização. Poderá também ser importante uma análise global sobre o real impacto do carro elétrico nas emissões de CO₂ para a atmosfera, testando, por exemplo, o que aconteceria se toda a frota de automóveis ligeiros no mundo passasse a ser unicamente constituída por veículos elétricos. Este estudo permitiria determinar se, de acordo com os *mix's* de produção de energia de cada país, a adoção generalizada do carro elétrico seria ou não vantajosa para o planeta.

Portugal tem ainda um longo caminho pela frente. Apesar da crise que se abate pelo país e de não existir investimento público nesta área, o veículo elétrico não poderá ser esquecido. Foram investidos alguns milhões de euros na construção de infraestruturas por todo o país, o que prepara, de certo modo, o país para a chegada do veículo do futuro. Este investimento terá de ter continuidade, assim que possível, visto que a construção de uma infraestrutura bem disseminada e que permita aos veículos elétricos percorrer grandes distâncias em tempos reduzidos, é essencial para que qualquer português perceba que é possível viajar grandes distâncias num veículo elétrico.

Resumindo, percebe-se que o veículo elétrico tem a capacidade para ser o veículo do futuro. Apesar de apresentar algumas desvantagens em relação ao veículo convencional, este tem tudo para suplantar estas barreiras e se tornar um carro de eleição. No entanto, é impossível prever quando será viável a aquisição de um destes veículos em Portugal e um pouco por todo o mundo. É, todavia, de extrema

importância que sejam tomadas novas medidas de incentivo ao mesmo. Dado que este veículo tem como objetivo terminar com a dependência de combustíveis fósseis nos veículos ligeiros, a adopção do carro elétrico é urgente e bastante relevante. Num recente relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas, constam novas evidências de que as atividades do ser humano estão a provocar consequências nunca antes vistas. Desde a alteração de correntes marítimas e do próprio ciclo da água, ao aumento do nível das águas do mar e ao aumento considerável da temperatura na Terra, tudo isto é resultado das emissões excessivas de gases de efeito de estufa (IPCC, 2013). Como tal, urge a necessidade de se tomarem medidas num muito curto prazo, visto que as consequências que se preveem terão efeitos devastadores para a vida no planeta. Neste sentido, acredita-se que o veículo elétrico poderá ter um papel preponderante. Não só através da redução do nível de emissões de CO₂ e outros gases, mas também através da sensibilização da população, entidades governamentais e indústria para este tema que a todos diz respeito.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia

- (USA), T. E. D. (2013). *Moniz: Tesla Repayment Shows the Strength of Energy Department's Overall Loan Portfolio*. Retirado de <http://energy.gov/articles/moniz-tesla-repayment-shows-strength-energy-department-s-overall-loan-portfolio>
- A4, A. (s.d.). Audi A4 - base. Retirado de <http://configurator.audi.pt/entry?carline=a4limo&context=accx-pt%3Apt>.
- A6, A. (s.d.). Audi A6 - base. Retirado de <http://configurator.audi.pt/entry?carline=a6limo&context=accx-pt%3Apt>.
- Anair, D., & Mahmassani, A. (2012). State of Charge - Electric Vehicles' Global Warming Emissions and Fuel-Cost Savings across the United States - Union of Concerned Scientists.
- APA, Associação Portuguesa do Ambiente (2013). Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (INERPA).
- APETRO, Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas (2011). Evolução ISP Portugal e UE.
- APETRO, Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas (2013a). Estrutura dos Preços Médios Anuais de Venda ao Público In F. O. Bulletin, R. n. I. d. Galp & D. d. a. a. o. 18-02-2013 (Eds.).
- APETRO, Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas (2013b). Gasóleo Rodoviário - ISP em vigor na UE em Setembro 2013. In F. O. Bulletin & D. d. a. 10-09-2013 (Eds.).
- AutomotiveIT. (2011). Germany opposes incentives for electric vehicles. Retirado de <http://www.automotiveit.com/germany-opposes-incentives-for-electric-vehicles/news/id-002805>
- BBC. (2013). Electric car charging points in garages and driveways get 75% subsidy. Retirado de <http://www.bbc.co.uk/news/uk-politics-21503532>
- BCG, Boston Consulting Group (2009). *The comeback of the Electric car? How real, how soon, and what must happen next*. BCG.
- Becker, T. A. (2009). *Electric Vehicles in the United States - A New Model with Forecasts to 2030*. Center for Entrepreneurship & Technology - University of California, Berkeley.
- BMVBS, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. (2010). National Platform for Electric Mobility (NPE).
- Boiteux, M. (2001). *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*.

- Canis, B. (2013). Battery Manufacturing for Hybrid and Electric Vehicles: Policy Issues
- CEM, Clean Energy Ministerial, EVI, Electric Vehicle Initiative, & IEA, International Energy Agency (2013). *Global EV Outlook - Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020*.
- CGT, Centre for Green Transport (2009). *Centre for Green transport – promoting sustainable transport*
- Chan, C. C. (2013). The Rise & Fall of Electric Vehicles in 1828-1930: Lessons Learned. *Proceedings of the IEEE, 101*(1).
- Chatel, L., & Jouanno, C. (2009). *Lancement de la stratégie nationale de déploiement des infrastructures de recharge pour les véhicules électriques et hybrides*
- Christensen, J. S. (2009). Edison Project. Retirado de <http://www.edison-net.dk/>
- Cowan, R., & Hultén, S. (1996). Escaping lock-in: The case of the electric vehicle. *Technological Forecasting and Social Change, 53*(1), 61-79.
- DGEG, Direcção Geral da Energia e Geologia (2013). *Preços Médios Ponderados de Energia Elétrica no Setor Doméstico, nos países UE27*.
- DPE, Divisão de Planeamento e Estatística (1994-2011). *Produção e consumo de eletricidade*.
- Diário Económico (2013). Noruega ultrapassa Portugal e é líder nos carros eléctricos. Retirado de http://economico.sapo.pt/noticias/noruega-ultrapassa-portugal-e-e-lider-nos-carros-electricos_167251.html.
- EDP, Energias de Portugal (s.d.-a). Postos de carregamento de veiculos eléctricos, Portugal. Retirado de <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/veiculos-electricos/rede-de-pontos-de-carregamento-edp>
- EDP, Energias de Portugal (s.d.-b). Veículos Elétricos. Retirado de <http://www.eco.edp.pt/pt/veiculos-eletricos>
- EDTA, Electric Drive Transport Agency (2013) - Electric drive vehicle sales figures (U.S. Market) - EV sales 2013 Retirado de <http://www.electricdrive.org/index.php?ht=d/sp/i/20952/pid/20952>.
- EEA, European Environment Agency (2013). *Monitoring CO2 emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2012*. Retirado de <http://www.eea.europa.eu/publications/monitoring-co2-emissions-from-new-cars>.
- ENS, Environment News Service (2012). France Invests 50 Million Euros in Electro-mobility. Retirado de <http://ens-newswire.com/2012/10/05/france-invests-50-million-euros-in-electro-mobility/>
- Ernst, C.-S., Hackbarth, A., Madlener, R., Lunz, B., Sauer, D. U., & Eckstein, L. (2011). Battery sizing for serial plug-in hybrid electric vehicles: A model-based economic analysis for Germany. *Energy Policy, 39* (10), 5871-5882 .

- ERSE, Empresa Reguladora de Serviços Energéticos (2006). Informação sobre o Mercado Liberalizado. Retirado de <http://www.erse.pt/pt/electricidade/liberalizacaoosector/informacaosobreomercadoliberalizado/Paginas/default.aspx>.
- ERSE, Empresa Reguladora de Serviços Energéticos (2013). Composição dos Preços de Electricidade, incluindo os Custos de Interesse Económico Geral - Estrutura dos Preços de Electricidade Fixados para 2013. Retirado de [http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/precosdeelectricidade/Documents/ApresComposi%C3%A7%C3%A3oPre%C3%A7osElectricidade\(CIEG\).pdf](http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/precosdeelectricidade/Documents/ApresComposi%C3%A7%C3%A3oPre%C3%A7osElectricidade(CIEG).pdf).
- Fuel Prices in Europe (2013). Fuel Prices in Europe. Retirado de <http://www.fuel-prices-europe.info/>
- Exame. (2013). Consumidor europeu já aposta no carro elétrico. Retirado de <http://exame.abril.com.br/meio-ambiente-e-energia/noticias/consumidor-europeu-ja-aposta-no-carro-eletrico>
- Expresso. (2012a). Estacionamento gratuito para carros elétricos. *Expresso*. Retirado de <http://expresso.sapo.pt/estacionamento-gratuito-para-carros-eletricos=f720260>
- Expresso. (2012b). Postos de carregamento para carros elétricos sem uso. Retirado de <http://expresso.sapo.pt/postos-de-carregamento-para-carros-eletricos-sem-uso=f715862>
- Fischetti, M. (2012). Electric Car Owners All Plug In at Once. Retirado de <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=electric-car-owners-charge-at-once>
- Forbes. (2013). Why The EV Industry Is Better Off Without Better Place. Retirado de <http://www.forbes.com/sites/pikeresearch/2013/05/28/why-the-ev-industry-is-better-off-without-better-place/>.
- France, Gouvernement de la (2012). De nouvelles mesures en faveur des véhicules électriques. Retirado de <http://www.gouvernement.fr/gouvernement/de-nouvelles-mesures-en-faveur-des-vehicules-electriques>
- Fulton, L., Cazzola, P., & Cuenot, F. (2009). IEA Mobility Model (MoMo) and its use in the ETP 2008. *Energy Policy*, 37(10), 3758 - 3768
- García, I., & Miguel, L. J. (2012). Is the Electric Vehicle an Attractive Option for Customers? *Energies — Open Access Journal*, 5(1), 71-91.
- Gigaom. (2013). Better Place bought out of bankruptcy for \$12M by group led by solar entrepreneur. Retirado de <http://gigaom.com/2013/07/12/better-place-bought-out-of-bankruptcy-for-12m-by-group-led-by-solar-entrepreneur/>.
- GP, Governo Português (2012). *Orçamento do Estado para 2012 - Revogação dos incentivos financeiros na aquisição de veículos eléctricos*.

- Graham, I. (2010). *Automotive Industry: Trends and reflections* - International Labour Organization
- Hacker, F., Harthan, R., Matthes, F., & Zimmer, W. (2009). *Environmental impacts and impact on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe - Critical Review of Literature*.
- Hanson, R. (Ed.). (1984). *Perspectives on Urban Infrastructure*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Harris, I., Naim, M., Palmer, A., Potter, A., & Mumford, C. (2010). Assessing the impact of cost optimization based on infrastructure modelling on CO2 emissions - International Journal of Production Economics, 131(1), 313-321.
- Hauch, B. R. d. C., & Ferreira, T. T. (2010). Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. *Veículos*.
- Heins, W. (2013). UT Researchers Find China's Pollution Related to E-Cars May Be More Harmful than Gasoline Cars': The University of Tennessee-Knoxville. Retirado de <http://tntoday.utk.edu/2012/02/13/researchers-find-ecar-emissions-harmful/>
- HMG, Her Majesty Government (2011). *The Carbon Plan: Delivering our low carbon future*.
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011). *Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-20*.
- IEA, International Energy Agency - Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement (s.d.-a). Denmark. Retirado de <http://www.ieahev.org/by-country/denmark/>
- IEA, International Energy Agency - Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement (s.d.-b). Electric Vehicles (EVs). Retirado de <http://www.ieahev.org/about-the-technologies/electric-vehicles/>
- IEA, International Energy Agency - Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement (s.d.-c). Germany - Policies and Legislation. Retirado de <http://www.ieahev.org/by-country/germany-policy-and-legislation/>
- IEA, International Energy Agency - Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement (s.d.-d). How EV's Work. Retirado de <http://www.ieahev.org/about-the-technologies/electric-vehicles/>
- IEA, International Energy Agency - Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement (s.d.-e). Policies and Legislation. Retirado de <http://www.ieahev.org/by-country/france-policy-and-legislation/>
- Inteli. (2010). Mobe-e: Pesquisa de Postos de Abastecimento. Retirado de <http://www.mobie.pt/postos-de-carregamento>

- IPCC, Intergovernmental Panel of Climate Changes (2013). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report - Climate Change 2013: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers.
- Martins, J., Brito, F. P., Pedrosa, D., Monteiro, V., & Afonso, J. L. (2013). Real-life comparison between Diesel and Electric Car energy consumption. Retirado de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/26392>
- McKinsey. (2009). *Roads toward a low-carbon future: Reducing CO₂ emissions from passenger vehicles in the global road transportation system*. New York.
- MCPRC, Ministry of Commerce People's Republic of China (2012). *More subsidies for electric vehicles in Shanghai*.
- MEID, Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. (2010). *Decreto-Lei n.º 39/2010 de 26 de Abril*.
- METI, Ministry of Economic, Trade and Industry of Japan. (2010). *Announcement of the Next-Generation Vehicle Strategy 2010*.
- Nichols, W. (2013). Electric car sales accelerating through 2013. Retirado de <http://www.businessgreen.com/bg/news/2287095/electric-car-sales-accelerating-through-2013>
- Nissan-Leaf. (s.d.). Nissan Leaf Acenta. Retirado de <http://www.nissan.pt/PT/pt/vehicle/electric-vehicles/leaf/prices-and-equipment/prices-and-specifications.html>.
- NPE, German National Platform for Electric Mobility (2011). *Second Report of the National Platform for Electromobility* Berlin: Federal Government Joint Unit for Electromobility.
- NPE, German National Platform for Electric Mobility (2012). *Progress Report of the German National Platform for Electric Mobility (Third Report)* German Federal Government Joint Unit for Electric Mobility (GGEMO).
- NPR. (2011). Timeline: The 100-Year History Of The Electric Car. Retirado de <http://www.npr.org/2011/11/21/142365346/timeline-the-100-year-history-of-the-electric-car>
- Nussbaumer, Y. (2012). France: Consumer bonuses for electric and hybrid cars. Retirado de <http://www.cleancarjournal.com/france-consumer-bonuses-for-electric-and-hybrid-cars/>
- OLEV, Office for Low Emission Vehicles (2011). *Making the Connection - The Plug-In Vehicle Infrastructure Strategy*.
- Perkowski, J. (2013). The Reality Of Electric Cars In China. *Forbes*. Retirado de <http://www.forbes.com/sites/jackperkowski/2013/06/24/the-reality-of-electric-cars-in-china/>

- Perujo, A., Thiel, C., & Nemry, F. o. (2011). Electric Vehicles in an Urban Context: Environmental Benefits and Techno-Economic Barriers. *Electric Vehicles - The Benefits and Barriers*.
- Patterson, J., Alexander, M., & Gurr, A. (2011). Preparing for a Lifecicle of CO₂ Measure.
- PORDATA, Base de Dados de Portugal Contemporâneo (2011). Emissão de gases com efeito de estufa (potencial de aquecimento global): por alguns sectores de emissão de gases (%) - Europa. Retirado de [http://www.pordata.pt/Europa/Emissao+de+gases+com+efeito+de+estufa+\(potencial+de+aquecimento+global\)+total+e+por+alguns+sectores+de+emissao+de+gases-1481-55011](http://www.pordata.pt/Europa/Emissao+de+gases+com+efeito+de+estufa+(potencial+de+aquecimento+global)+total+e+por+alguns+sectores+de+emissao+de+gases-1481-55011)
- The Washington Post (31 de Outubro 1915). *The Washington Post*.
- Prud'homme, R., & Koning, M. (2012). Electric vehicles: A tentative economic and environmental evaluation. *Transport Policy*, 23, 60-69.
- Reuters. (2013). Germany ends tax disadvantage for corporate electric cars.
- RMRCFF, Rogério Manuel R. C. Fernandes Ferreira - Sociedade de Advogados, RL. (2013). A Tributação dos Produtos Petrolíferos, da Electricidade e do Gás Natural em 2013. Retirado de http://www.rffadvogados.com/xms/files/KNOW_HOW/Newsletters/A_tributacao_dos_produtos_petroliferos_da_eletricidade_e_do_gas_natural_em_2013.pdf
- Rose, M. (2013). France's electric car push presents power grid challenge. Retirado de <http://www.reuters.com/article/2013/03/26/france-cars-electricity-idUSL6NOCDFWX20130326>
- RTP. (2013). Rede de carregadores de carros elétricos em Portugal degradada e praticamente parada. RTP, Rádio e Televisão Portuguesa. Retirado de <http://www.rtp.pt/noticias/index.php?article=654233&tm=6&layout=122&visual=61>.
- Seaton, K. (2013). The push for electric cars. Retirado de <http://www.connexionfrance.com/Electric-cars-rent-buy-drive-in-France-news-article.html>
- Smith, R. C., Meeker, M., & Sharma, P. (2011). *Slaying the Dragon of Debt: 1973-74 Oil Crisis*. Regional Oral History Office - The Bancroft Library - University of California, Berkeley. Retirado de <http://bancroft.berkeley.edu/ROHO/projects/debt/oilcrisis.html>
- SMMT, Society of Motor Manufacturers and Traders (2013). Automotive industry raises 2013 new car forecast as July posts 17th consecutive monthly rise. Retirado de <http://www.smmmt.co.uk/2013/08/automotive-industry-raises-2013-new-car-forecast-as-july-posts-17th-consecutive-monthly-rise/>.
- Techcrunch. (2013). A New Place For Better Place, As Bankrupt \$800M+ Backed Electric Car Startup Sold For \$12M. Retirado de <http://techcrunch.com/2013/07/12/a-new-place-for-better-place-as-bankrupt-800m-backed-electric-car-startup-sold-for-12m/>.
- Tesla-S. (s.d.). Tesla Model S. Retirado de <http://www.teslamotors.com/models>.

The New York Times. (2 de Novembro de 1911).

Thiel, C., Perujo, A., & Mercier, A. (2010). Cost and CO2 aspects of future vehicle options in Europe under new energy policy scenarios. *Energy Policy*, 38(11), 7142-7151

URA-DGPRCE, Unidade Responsável pela Avaliação DG Política Regional Comissão Europeia (2003). Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento.

USEPA, United States Environment Protection Agency (2011). Sources of Greenhouse Gas Emissions. Retirado de <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/usinventoryreport.html>

Walsh, B. (2007). The World's Most Polluted Places. TIME.. Retirado de http://content.time.com/time/specials/2007/article/0,28804,1661031_1661028_1661016_00.html.

Watson, L. (2013). Electric car drivers could overload power grid, admits French energy chief. Retirado de <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2299396/Rise-electric-car-ownership-leave-France-facing-power-cuts-drivers-recharge-batteries-dinnertime.html>.

Zheng, J., & Guo, J. (2011). *Strategic Policies and Demonstration Program of Electric Vehicle in China* University of Wisconsin-Madison.

Zheng, J., Mehndiratta, S., Guo, J. Y., & Liu, Z. (2011). Strategic policies and demonstration program of electric vehicle in China. *Transport Policy*, 19 (1), 17-25.

ANEXOS

ANEXO A Modelo Económico

Tabela A.1 Modelo Económico – cenário 10000 km (5)

VALOR DOS PARÂMETROS	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3
Número de anos (t)	15			
Taxa de desconto (r)	5%			
Distância percorrida (d/yr)	10000			
Preço Litro Gasóleo (PC)	0,675			

VEÍCULO COM MOTOR DE COMBUSTÃO				
Custo de aquisição (PVM) em €	26 000,00			
Eficiência do automóvel (yVM) em litro/km	0,052			
Preço combustível sem outros encargos (€/litro)	0,675			
Alteração no preço do combustível (%)	5%	0,71 €	0,74 €	0,78 €
IVA (23%)	0,15525 €			
Alteração no IVA(%)	0%	0,15525	0,15525	0,15525
Imposto sobre Produtos petrolíferos (ISP)	0,36753			
Outros custos do combustível (T)	0,15 €			
Alteração nos Custos de poluição local (%/ano)	-4,50%			
Custos de poluição local (CPL) (€/km)	0,0055	0,0052525	0,005005	0,0047575
Emissões de CO ₂ (evm), in kg/lit	2,6			

VEÍCULO ELÉTRICO				
Custo de aquisição (PVE) em €	28 000,00 €			
Custo do carregador no domicílio em €	1 000,00 €			
Aluguer da Bateria (B) em €/ano	948			
Eficiência do automóvel (yVE) em kWh/km	0,18			
Preço da electricidade (PE) €/kWh	0,2063	0,2063	0,2063	0,2063
Alteração no preço da electricidade (%)	0%			
Quantidade de CO ₂ na electricidade (c) em g/kWh	246,55			

CUSTOS DE UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO COM MOTOR DE COMBUSTÃO				
Custo de aquisição	26 000,00 €			
Custo do combustível	5 014,29 €	351,00 €	368,55 €	386,98 €
IVA combustível	837,95 €	80,73 €	80,73 €	80,73 €
Imposto sobre combustíveis	1 983,71 €	191,12 €	191,12 €	191,12 €

5 No modelo foi considerada uma linha temporal de 15 anos. Neste caso, apenas são representados os valores durante os três primeiros anos.

VALOR DOS PARÂMETROS	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3
Outros custos relacionados com combustíveis	809,61 €	78,00 €	78,00 €	78,00 €
(Subtotal: custos de combustíveis)	8 645,56 €			
Total	34 645,56 €			
Custos de poluição local	528,00 €	52,53 €	50,05 €	47,58 €

CUSTOS DE UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO ELÉTRICO				
Custo de aquisição	28 000,00 €			
Custo do carregador no domicílio	1 000,00 €			
Custo da Bateria	9 839,92 €	948,00 €	948,00 €	948,00 €
Custo da Electricidade	3 854,38 €	371,34 €	371,34 €	371,34 €
Total	42 694,30 €			

RESULTADOS				
Custo em excesso para consumidor (CC) em €	8 048,73 €			
Custo em excesso para sociedade (CS) em €	8 358,68 €			
Ganho de CO ₂ (G) em toneladas	13,62315 ton			
Custo/tonelada de CO ₂ em €/t (CT)	613,56 €			

Tabela A.2 Modelo Económico – cenário 25000 km (6)

VALOR DOS PARÂMETROS	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3
Número de anos (t)	15			
Taxa de desconto (r)	5%			
Distância percorrida (d/yr)	25000			
Preço Litro Gasóleo (PC)	0,675			

VEÍCULO COM MOTOR DE COMBUSTÃO				
Custo de aquisição (PVM) em €	26 000,00 €			
Eficiência do automóvel (yVM) em litro/km	0,052			
Preço combustível sem outros encargos (€/litro)	0,675 €			
Alteração no preço do combustível (%)	5%	0,71 €	0,74 €	0,78 €
IVA (23%)	0,15525 €			
Alteração no IVA(%)	0%	0,15525	0,15525	0,15525
Imposto sobre Produtos petrolíferos (ISP)	0,36753			

6 No modelo foi considerada uma linha temporal de 15 anos. Neste caso, apenas são representados os valores durante os três primeiros anos.

VALOR DOS PARÂMETROS	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3
Outros custos do combustível (T)	0,15 €			
Alteração nos Custos de poluição local (%/ano)	-4,50%			
Custos de poluição local (CPL) (€/km)	0,0055	0,0052525	0,005005	0,0047575
Emissões de CO ₂ (emv), in kg/lit	2,6			

VEÍCULO ELÉTRICO				
Custo de aquisição (PVE) em €	28 000,00 €			
Custo do carregador no domicílio em €	1 000,00 €			
Aluguer da Bateria (B) em €/ano	1464			
Eficiência do automóvel (yVE) em kWh/km	0,18			
Preço da electricidade (PE) €/kWh	0,2063	0,2063	0,2063	0,2063
Alteração no preço da electricidade (%)	0%			
Quantidade de CO ₂ na electricidade (c) em g/kWh	246,55			

CUSTOS DE UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO COM MOTOR DE COMBUSTÃO				
Custo de aquisição	26 000,00 €			
Custo do combustível	12 535,71 €	877,50 €	921,38 €	967,44 €
IVA combustível	2 094,87 €	201,83 €	201,83 €	201,83 €
Imposto sobre combustíveis	4 959,29 €	477,79 €	477,79 €	477,79 €
Outros custos relacionados com combustíveis	2 024,03 €	195,00 €	195,00 €	195,00 €
(Subtotal: custos de combustíveis)	21 613,91 €			
Total	47 613,91 €			
Custos de poluição local	1 320,00 €	131,31 €	125,13 €	118,94 €

CUSTOS DE UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO ELÉTRICO				
Custo de aquisição	28 000,00 €			
Custo do carregador no domicílio	1 000,00 €			
Custo da Bateria	15 195,82 €	1464	1464	1464
Custo da Electricidade	9 635,96 €	928,35	928,35	928,35
Total	53 831,77 €			

RESULTADOS				
Custo em excesso para consumidor (CC) em €	6 217,87 €			
Custo em excesso para sociedade (CS) em €	6 992,74 €			
Ganho de CO ₂ (G) em toneladas	34,06			
Custo/tonelada de CO ₂ em €/t (CT)	205,32 €			

Gráfico A.1 Ganhos de CO₂ – 10000 km

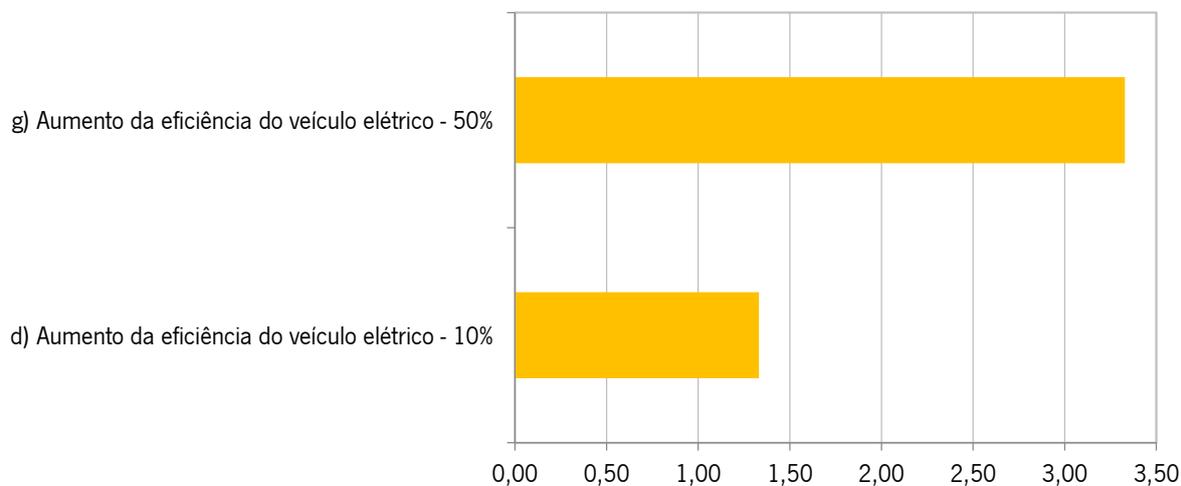
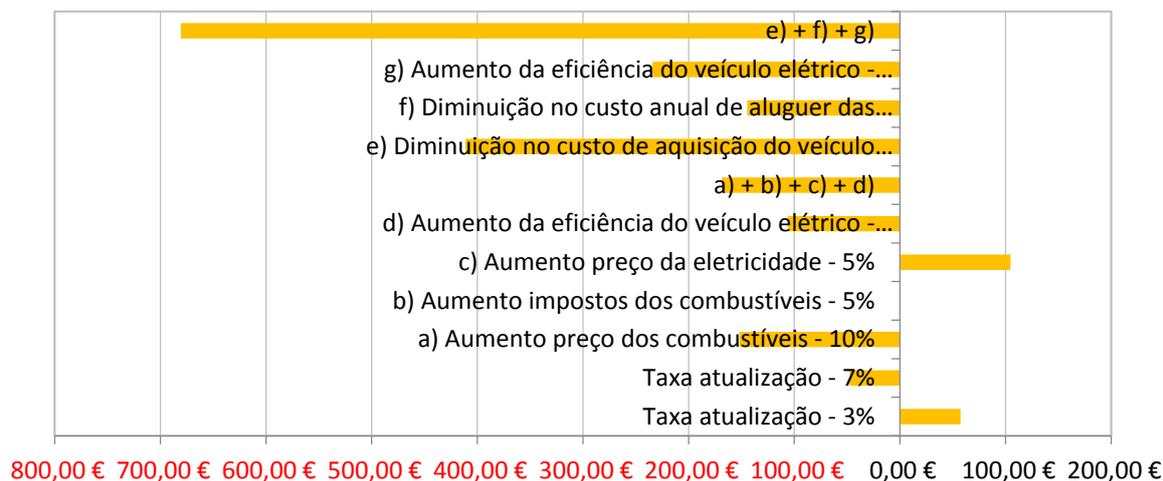


Gráfico A.2 Custo de CO₂ ganho – 10000 km (7)



7 Os valores que se encontram no gráficos 5 são o resultado da diferença entre o caso base e os resultados obtidos com as respetivas variações, sendo que os valores a vermelho representam as diferenças negativas.

Gráfico A.3 Ganhos de CO₂ – 25000 km

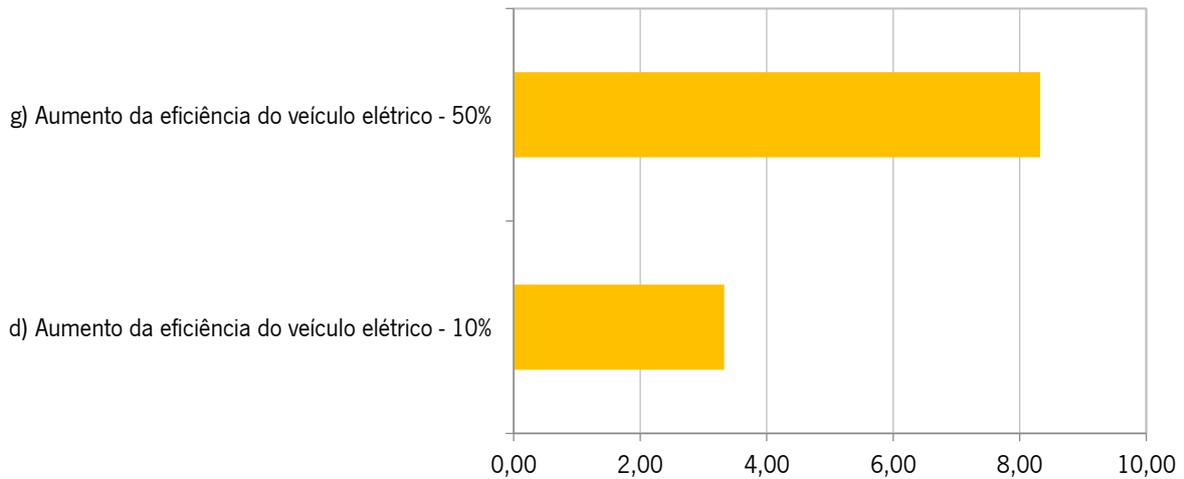
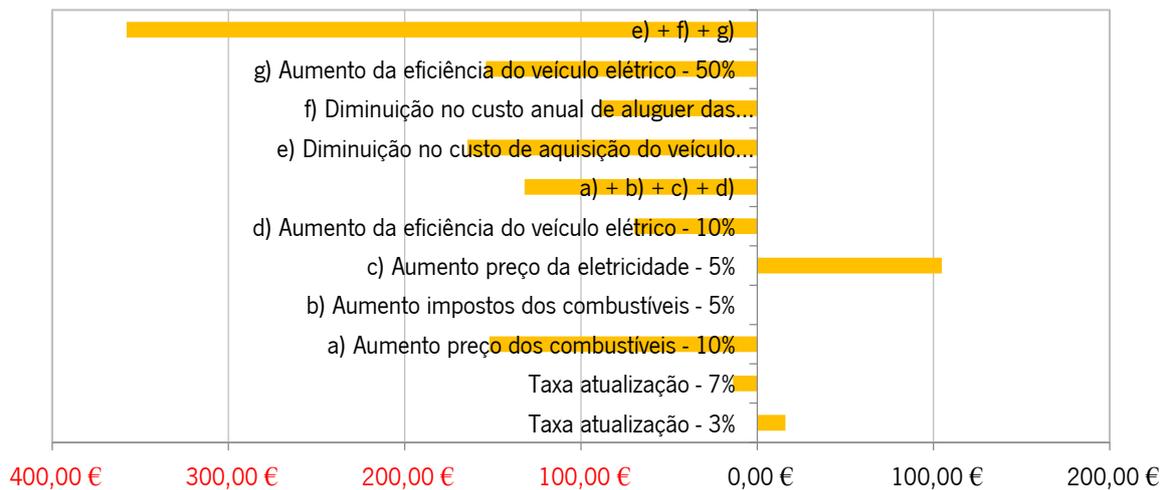


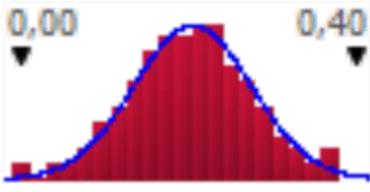
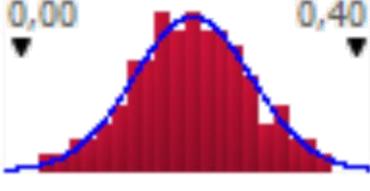
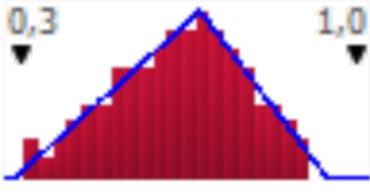
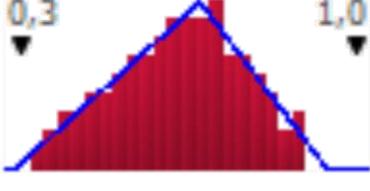
Gráfico A.4 Custo de CO₂ ganho – 25000 km (8)



8 Os valores que se encontram no gráficos 5 são o resultado da diferença entre o caso base e os resultados obtidos com as respetivas variações, sendo que os valores a vermelho representam as diferenças negativas.

ANEXO B Análise de Risco - @RISK

INPUTS

NAME	WORKSHEET	CELL	GRAPH	MIN	MEAN	MAX	5%	95%	ERRORS
Preço da electricidade (PE) €/kWh	teste 10000	D32		0,01021617	0,205997	0,3681948	0,09325942	0,3120049	0
Preço da electricidade (PE) €/kWh	teste 25000	D32		0,03841193	0,2059732	0,3615105	0,09311589	0,3078612	0
Preço Litro Gasóleo (PC) / 0	teste 10000	F10		0,3401783	0,6374838	0,8911191	0,4211973	0,8278089	0
Preço Litro Gasóleo (PC) / 0	teste 25000	F10		0,3490812	0,6379279	0,8829529	0,4213528	0,8286179	0

OUTPUTS ANÁLISE DO RISCO 10000KM

Gráfico B.1 Gráfico frequência acumulada para o custo em excesso do consumidor

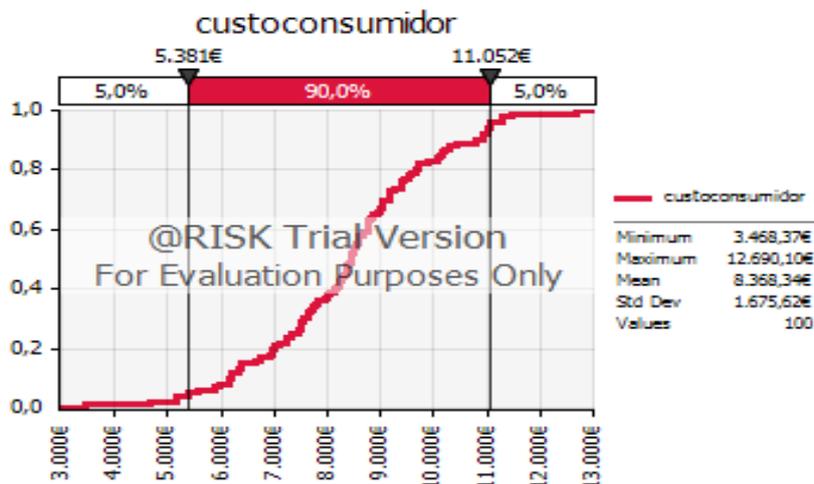


Gráfico B.2 Influência dos inputs na média do output para o custo em excesso do consumidor

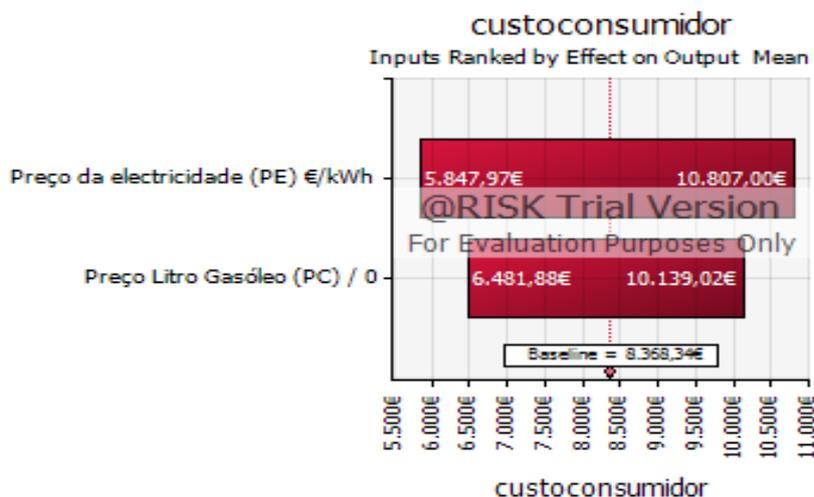


Tabela B.1 Resumo das estatísticas para o custo em excesso do consumidor

SUMMARY STATISTICS FOR CUSTO CONSUMIDOR			
Statistics		Percentile	
Minimum	3 468,37 €	5%	5 380,75 €
Maximum	12 690,10 €	10%	6 160,24 €
Mean	8 368,34 €	15%	6 397,47 €
Std Dev	1 675,62 €	20%	6 953,80 €
Variance	2807698,648	25%	7 343,99 €
Skewness	-0,145205809	30%	7 545,09 €
Kurtosis	3,162899686	35%	7 795,88 €
Median	8 431,72 €	40%	8 128,57 €

SUMMARY STATISTICS FOR CUSTO CONSUMIDOR			
Mode	8 784,60 €	45%	8 295,10 €
Left X	5 380,75 €	50%	8 431,72 €
Left P	5%	55%	8 538,28 €
Right X	11 051,60 €	60%	8 776,73 €
Right P	95%	65%	8 843,99 €
Diff X	5 670,86 €	70%	9 050,49 €
Diff P	90%	75%	9 387,21 €
#Errors	0	80%	9 670,49 €
Filter Min	Off	85%	10 101,82 €
Filter Max	Off	90%	10 787,43 €
#Filtered	0	95%	11 051,60 €

Gráfico B.3 Gráfico frequência acumulada para o custo em excesso para a sociedade

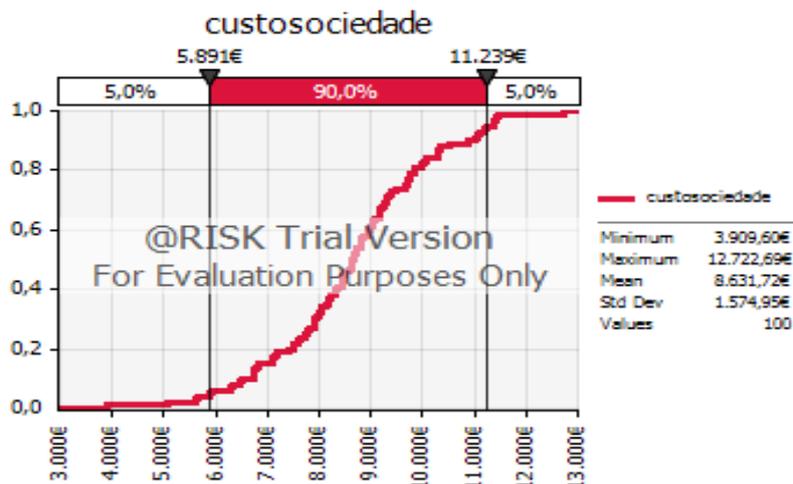


Gráfico B.4 Influência dos inputs na média do output para o custo em excesso para a sociedade

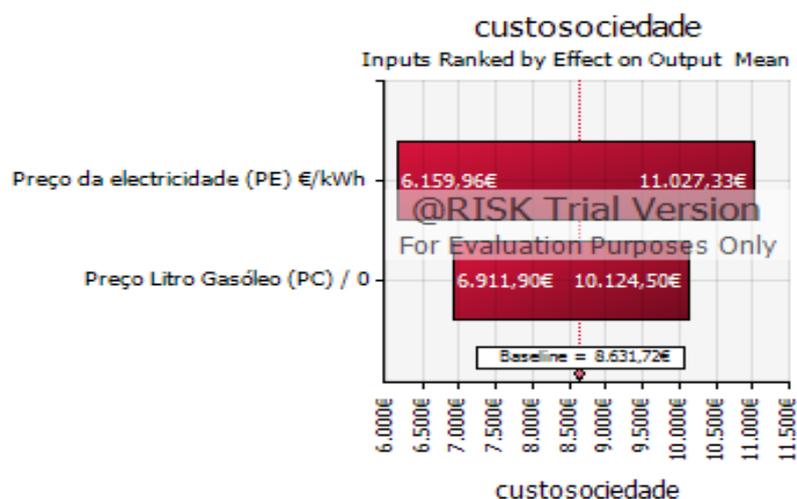


Tabela B.2 Resumo das estatísticas para o Custo em excesso para a sociedade

SUMMARY STATISTICS FOR CUSTOSOCIEDADE			
Statistics		Percentile	
Minimum	3 909,60 €	5%	5 890,74 €
Maximum	12 722,69 €	10%	6 534,16 €
Mean	8 631,72 €	15%	6 817,83 €
Std Dev	1 574,95 €	20%	7 420,49 €
Variance	2480469,93	25%	7 729,26 €
Skewness	-0,151224799	30%	7 928,54 €
Kurtosis	3,278127015	35%	8 114,61 €
Median	8 651,45 €	40%	8 325,02 €
Mode	10 281,18 €	45%	8 456,03 €
Left X	5 890,74 €	50%	8 651,45 €
Left P	5%	55%	8 799,77 €
Right X	11 239,23 €	60%	8 966,73 €
Right P	95%	65%	9 148,90 €
Diff X	5 348,50 €	70%	9 296,33 €
Diff P	90%	75%	9 649,67 €
#Errors	0	80%	9 828,92 €
Filter Min	Off	85%	10 275,07 €
Filter Max	Off	90%	10 898,02 €
#Filtered	0	95%	11 239,23 €

Outputs análise do risco 25000km

Gráfico B.5 Gráfico frequência acumulada para o custo em excesso do consumidor

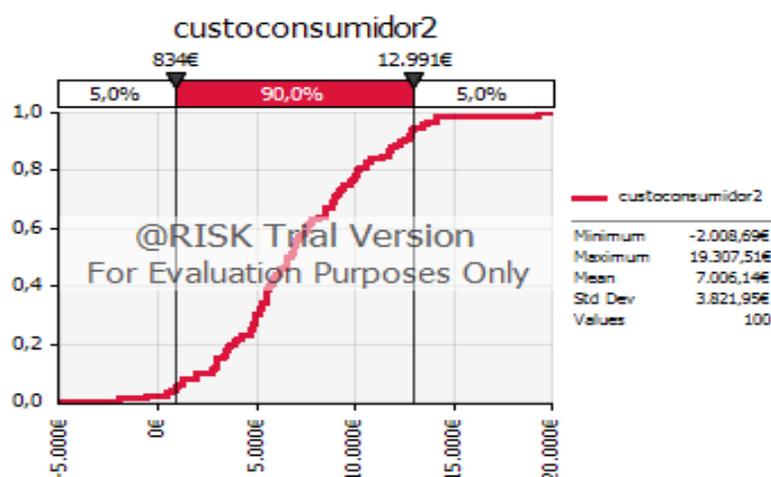


Gráfico B.6 Influência dos inputs na média do output para o custo em excesso do consumidor

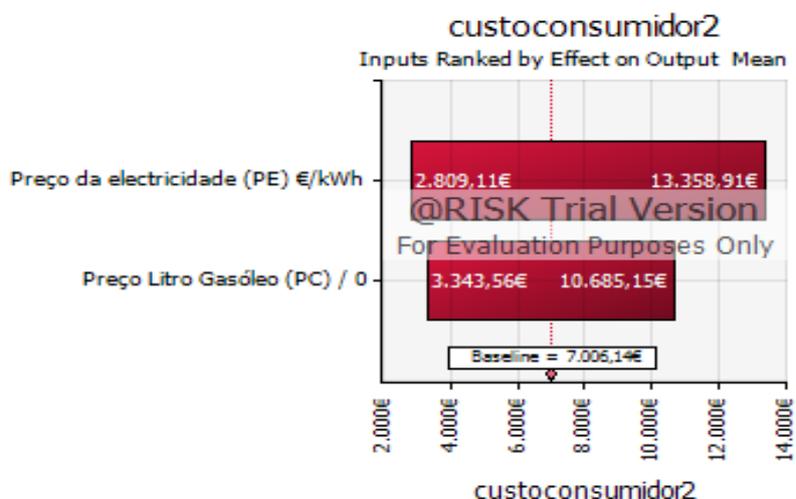


Tabela B.3 Resumo das estatísticas para o custo em excesso do consumidor

SUMMARY STATISTICS FOR CUSTOCONSUMIDOR2			
Statistics		Percentile	
Minimum	2 008,69 €	5%	834,19 €
Maximum	19 307,51 €	10%	1 921,90 €
Mean	7 006,14 €	15%	2 954,95 €
Std Dev	3 821,95 €	20%	3 611,19 €
Variance	14607286,23	25%	4 637,16 €
Skewness	0,296122308	30%	4 942,17 €
Kurtosis	3,157778696	35%	5 440,35 €
Median	6 502,21 €	40%	5 596,31 €
Mode	5 528,03 €	45%	6 129,32 €
Left X	834,19 €	50%	6 502,21 €
Left P	5%	55%	6 955,74 €
Right X	12 991,04 €	60%	7 538,62 €
Right P	95%	65%	8 442,92 €
Diff X	12 156,85 €	70%	8 897,37 €
Diff P	90%	75%	9 428,53 €
#Errors	0	80%	10 122,23 €
Filter Min	Off	85%	11 413,21 €
Filter Max	Off	90%	12 235,44 €
#Filtered	0	95%	12 991,04 €

Gráfico B.7 Gráfico frequência acumulada para o custo em excesso para a sociedade

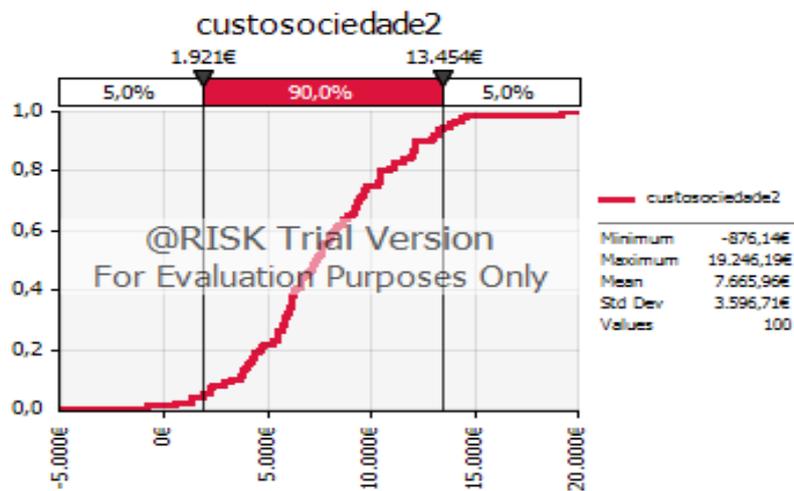


Gráfico B.8 Influência dos inputs na média do output para o custo em excesso para a sociedade

