

Agradecimentos

À minha família direta, em especial à minha mulher, pela sua paciência, compreensão e amor no modo como demonstrou todo o seu apoio para que este estudo fosse concluído.

Aos representantes das marcas automóveis Citroen, Toyota e Renault, que se disponibilizaram em transmitir alguns dos seus conhecimentos.

A sua Ex.^a o General Pinheiro, Chefe de Estado Maior da Força Aérea, por permitir que os dados importantes para a realização deste estudo fossem utilizados.

Ao camarada e Amigo Comandante da Esquadra de Manutenção Base da BA6, Sr. Major José Valentim Rosa Figueiredo pela sua disponibilidade, esforço e impulsor para que este estudo fosse realizado.

Por último, um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Mendonça e Costa, pelos seus conselhos, acompanhamento e orientação no decurso deste trabalho.

Resumo

Tem-se assistido nos últimos tempos a um aumento do preço do crude e este facto tem levado a um decréscimo acentuado na procura de veículos movidos a combustível fóssil, como se verificou nos últimos anos no nosso país. Impõe-se deste modo, uma procura de alternativas à dependência crónica do crude por parte do setor dos transportes e do parque automóvel em geral.

O presente trabalho debruçou-se sobre o estudo económico-financeiro da conversão de veículos diesel em elétricos da frota da Base Aérea n.º6, no Montijo, sem comprometimento da sua atividade diária. Após conhecida a tipologia dos veículos passíveis de conversão para tração elétrica, o estudo centrou-se na existência de vantagens nessa conversão ao nível económico, comparando o investimento desta com os custos associados à manutenção com motorização diesel. Para o efeito recolheram-se os dados relativos a estes veículos, tais como os custos de aquisição, sustentação e percursos efetuados durante o período de janeiro a dezembro de 2012, dados esses que permitiram concluir sobre as vantagens económicas da referida conversão.

Palavras-chave: Veículo Elétrico, Veículo Elétrico Híbrido, Veículo Elétrico Híbrido

Abstract

In the last few years, we have witnessed in Portugal to a growth in the price of crude and this led to a decline in the demand for vehicles powered by fossil fuel. It is urgent to search new alternatives for the transport sector as there is a chronic reliance for petroleum and its derivatives.

This work focused on the economic and financial study of the conversion of diesel vehicles of Air Base nº6 in Montijo into electric vehicles, considering that all the daily activities performed by them were not compromised. After knowing the type of vehicle that can be converted to electric traction, the study will be to determine whether this is an advantageous process considering the initial investments and maintenance costs of both vehicles. To this purpose it was collected innumerous information, such as initial costs, maintenance expenses and their routes from January to December 2012, which will confirm whether it is economically advantageous to convert them.

Key-Words: Electric Vehicle, Hybrid Electric Vehicle, Plug-In Electric Vehicle.

Índice

Introdução	Página 1
1.Enquadramento histórico	Página 3
2.Veículos Elétricos e seus derivados	Página 6
a) Comercialização de VE, VEH e VEHP	Página12
3. As baterias de tração	Página 16
a) Baterias de Chumbo	Página 18
b) Baterias de hidreto metálico de Níquel.....	Página 20
c) Baterias de iões de Lítio.....	Página 21
d) Baterias de nano Titano.....	Página 24
4. Componentes elétricos	Página 26
a) Motor elétrico.....	Página 26
b) Conversores elétricos.....	Página 27
c) Sistema de carga.....	Página 28
5. Processo de conversão	Página 32
a) Homologação de um veículo.....	Página 32
b) Conversão de um veículo.....	Página 35
6. Análise económico-financeira da conversão de um Veiculo Elétrico.....	Página 38
a) Caracterização do Estudo.....	Página 38
b) Análise de Resultados.....	Página 40
a. Custos Fixos	Página 43
b. Custos de Sustentação.....	Página 43
Conclusões.....	Página 49
Bibliografia.....	Página 54

Anexo A - Veículos Elétricos e Híbridos no mercado	Página 60
Anexo B - Custos associados ao veículo diesel e ao veículo elétrico.....	Página 61
Anexo C - Amortização do veículo diesel e do veículo elétrico.....	Página 62

Lista de abreviaturas

AC – Corrente Alternada
APVE – Associação Portuguesa do Veículo Elétrico
BA6 – Base Aérea N.º 6
CMDT EMB – Comandante da Esquadra de Manutenção Base
CIBE – Cadastro de Inventário dos Bens do Estado
CLAF – Comando da Logística da Força Aérea
DMSA – Direção de Manutenção do Sistema de Armas
CTT – Correios Telégrafos e Telefones
DC – Corrente contínua
ET – Esquadilha de Transportes
EUA – Estados Unidos da América
FAP – Força Aérea Portuguesa
IMTT – Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres
MOBI-E – Rede para a Mobilidade Elétrica
SIGAUT – Sistema de Gestão Automóvel
TP – Transporte de Pessoal
VMCI – Viatura com motor de combustão interna
VEP – Veículo Elétrico Puro
VEEA – Veículo Elétrico com Extensão de Autonomia
VEH – Veículo Elétrico Híbrido
VEHP – Veículo Elétrico Híbrido Plug-in
VECC – Veículo elétrico com pilha ou célula de combustível

Lista de figuras

Figura 1 - Evolução do automóvel ao longo das décadas.....	Página 4
Figura 2 - Esquema de funcionamento simplificado de um VE	Página 6
Figura 3 - O melhor balanço entre autonomia e redução de CO ₂	Página 7
Figura 4 - Esquema de funcionamento simplificado de um VEH	Página 8
Figura 5 - Veículo Híbrido “Plug.in”.....	Página 9
Figura 6 - Esquema de funcionamento simplificado de um VEHP.....	Página 9
Figura 7 - Esquema do VHCC.....	Página 11
Figura 8 - Número de veículos híbridos vendidos nos Estados Unidos.....	Página 13
Figura 9 - Número de VE's em circulação	Página 13
Figura 10 - Número de VEH's em circulação.....	Página 14
Figura 11 - Visão da Toyota para a mobilidade sustentável.....	Página 15
Figura 12 - Evolução do custo das baterias Iões de Litio.....	Página 17
Figura 13 - Baterias usadas em VE.....	Página 18
Figura 14 - Tipos de Conversores	Página 28
Figura 15 - Desenvolvimento do processo de carregamento da volvo	Página 31
Figura 16 - Tipos de aprovação	Página 33
Figura 17 - Constituição do VE	Página 35
Figura 18 - Motor Elétrico.....	Página 36
Figura 19 - Processo de carregamento do VE	Página 37
Figura 20 - Viatura Diesel pretendida para converter em VE	Página 38

Lista de tabelas

Tabela 1	Características tecnológicas.....	Página 10
Tabela 2	Características tecnológicas.....	Página 10
Tabela 3	Características das baterias Ácido Chumbo.....	Página 19
Tabela 4	Vantagens e desvantagens das baterias Ácido Chumbo.....	Página 19
Tabela 5	Características da bateria Hidreto Metálico Níquel.....	Página 20
Tabela 6	Vantagens da Hidreto Metálico Níquel	Página 21
Tabela 7	Características da bateria de iões de lítio.....	Página 24
Tabela 8	Vantagens e desvantagens da bateria de iões de lítio.....	Página 24
Tabela 9	Características da bateria de nano titanato.....	Página 25
Tabela 10	Vantagens e desvantagens dos motores elétricos	Página 26
Tabela 11	Especificações e Performance do VE	Página 39
Tabela 12	Variáveis e Indicadores	Página 40
Tabela 13	Tipologia de Viaturas da frota da BA6 e seu quantitativo.....	Página 40
Tabela 14	Viaturas passíveis de substituição para VE.....	Página 42
Tabela 15	Custo com equipamento para a conversão em VE.....	Página 43
Tabela 16	Custos de aquisição da VMCI e transformação em VE.....	Página 43
Tabela 17	Despesas anuais Fixas.....	Página 43
Tabela 18	Custos de manutenção.....	Página 44
Tabela 19	Custos de Combustível.....	Página 44
Tabela 20	Custos de manutenção por veículo.....	Página 45
Tabela 21	Custos Totais Anuais (Fixos e Sustentação)	Página 45
Tabela 22	Total de km percorridos em 10 anos	Página 46
Tabela 23	Custo total por km, percorridos 10 km's diários	Página 47

Introdução

Tem-se verificado ao longo dos últimos anos, que o progresso socioeconómico pouco tem contribuído para a eficiência energética, muito por culpa dos consumos verificados principalmente nos setores da indústria dos transportes e dos serviços.

O anterior Governo impulsionou a comercialização destes veículos em território nacional, através de subsídios à sua aquisição e de alguns incentivos fiscais. A realidade é que com a mudança de política atual, esses incentivos terminaram fazendo com que o interesse na aquisição de VE se desvanecesse.

Este estudo baseia-se em perceber se a conversão de **veículos diesel** em **veículos elétricos na Base Aérea n.º6** será vantajosa ao nível económico em comparação com a manutenção dos mesmos veículos com motorização diesel. Neste sentido, este estudo, tem como objetivo responder à seguinte pergunta de partida:

“Em que medida é economicamente vantajosa a conversão de veículos diesel em veículos elétricos na Base Aérea n.º6?”

Desta questão central, e com o intuito de melhor estruturar o estudo derivam as seguintes perguntas:

P1 – “Quais os veículos da Base Aérea n.º6 passíveis de conversão em veículos elétricos?”

P2 – “Serão os custos associados à transformação economicamente vantajosos?”

Para compreender esta realidade utilizar-se-á um modelo de análise construído através da operacionalização e articulação dos conceitos veículos diesel, veículos elétricos, requisitos operacionais e racionalização de custos e da formulação das seguintes hipóteses:

H1 – “Existem na Base Aérea n.º6 veículos diesel passíveis de conversão em veículos elétricos sem que ponham em causa a autonomia”.

H2 – “A conversão das viaturas diesel em elétricas é financeiramente vantajosa”.

Deste modo o trabalho será estruturado em seis capítulos sendo que no primeiro capítulo, far-se-á um enquadramento histórico do automóvel, desde o seu aparecimento até à massificação, o aparecimento do VEP, o seu abandono e que motivos o motivaram. Irão ser referidos os problemas de sustentabilidade ligados à mobilidade nos grandes

centros populacionais, as suas desvantagens, bem como o elevado aumento dos preços dos produtos petrolíferos e os problemas económicos que surgem desses aumentos para um país como Portugal que se encontra totalmente dependente da importação dessa energia.

Seguidamente, no segundo capítulo, dar-se-ão a conhecer os diversos tipos de baterias de tração, as suas vantagens e desvantagens, a evolução destas e do seu custo, e o esforço das grandes marcas na procura de uma bateria mais leve, com maior capacidade permitindo uma maior autonomia.

No terceiro capítulo abordar-se-ão, os diversos tipos de veículos elétricos existentes no mercado, a sua constituição, funcionamento e a perspetiva dos grandes vendedores nacionais na evolução daqueles veículos para o futuro.

No quarto capítulo indicar-se-ão e caracterizar-se-ão os principais componentes elétricos adquiridos no mercado necessários para o processo de conversão.

No quinto capítulo analisar-se-á o processo de conversão de um veículo, nomeadamente a sua homologação e as diversas fases da sua conversão.

Por fim no sexto capítulo, toda a informação recolhida será analisada, comparada e empregada na verificação das hipóteses inicialmente formuladas. Testadas as hipóteses, e respondida a questão central, serão então extraídos os novos contributos para o conhecimento e efetuadas algumas recomendações.

1. Enquadramento histórico

O automóvel tem sido durante este século e o anterior um ícone de consumo em largas dimensões. Através dele, as pessoas adquiriram uma liberdade total, tanto no espaço como no tempo, revolucionando o seu quotidiano. Este surgiu inicialmente como um objeto de luxo e exclusivo das classes médias altas, mas rapidamente se massificou através de diversas versões mais baratas, tornando possível chegar a todas as classes sociais. (Electricospt, 2012a). No entanto, atualmente, o automóvel começa a revelar-se um problema tanto económico, mas principalmente ambiental. É do conhecimento geral que Portugal importa mais de 85% da energia primária que consome, acabando por se repercutir de forma negativa, sendo o setor dos transportes um dos principais responsáveis pelo consumo desta energia. (*Ibidem*)

O trânsito que se tem verificado ao longo dos anos em meio urbano, a poluição sonora e atmosférica, a sinistralidade e proliferação do automóvel em geral conduz a que este acabe, também, por ocupar o próprio espaço.

Apesar da atualidade do tema, os automóveis eléctricos já haviam circulado nas estradas há mais de cem anos. Robert Anderson foi o inventor do primeiro veículo eléctrico, no final da década do séc. XIX, mais concretamente de uma carruagem eléctrica. Foi a partir desta invenção que a indústria automóvel progrediu o que levou a que no início do séc. XX houvessem mais carros eléctricos nas estradas do que carros a gasolina. Para muitos, o carro eléctrico era o carro de eleição. Eram silenciosos e suaves de movimentos, podiam repor a carga das baterias em casa, apresentavam diminutas vibrações e ausência de ruído proveniente da caixa de velocidades e respetivas mudanças, que em comparação com os veículos a gasolina precisavam de uma manivela para iniciar marcha. (*Ibidem*)

Enquanto o séc. XX avançava, o VE perdeu o seu ímpeto (Figura 1). O petróleo mais barato e o fabrico em série deram vantagem aos carros a gasolina. Com Henry Ford a iniciar a produção em massa de veículos com motor de combustão interna e estes a serem comercializados com um preço compreendido entre 500 e os 1000 USD, e os VE com preços a disparar vertiginosamente, acabou, por condenar os VE a funções de transporte específico. (*Ibidem*)

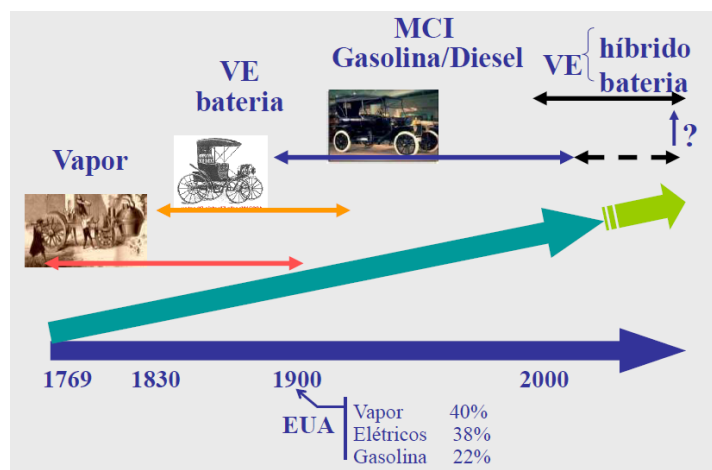


Figura 1 – Evolução do automóvel ao longo das décadas [Fonte:Associação brasileira do veículo elétrico, 2012]

Apesar do desinteresse pelos veículos elétricos, a eletricidade ainda fazia parte dos grandes meios de transportes, nomeadamente dos comboios nas minas de carvão e dos metropolitanos, locais onde o fumo teria de ser inexistente. Nos anos 40 do século XX, os comboios de tracção *diesel* são introduzidos no mercado com o intuito de substituir a tracção a vapor, de tal forma que nos anos 50 do mesmo século, grande parte das linhas principais dos EUA já se encontravam a trabalhar com este tipo de comboio. (Mendonça, 2008)

Com o desenvolvimento tecnológico, os comboios elétricos apresentaram-se como uma alternativa bem aceite para a substituição dos comboios *diesel*, de modo que as principais linhas ferroviárias começaram a ser dotadas de fornecimento elétrico a partir dos anos 60 do século XX. Com a crise do petróleo nos anos 70, o veículo elétrico recebeu um novo impulso muito devido aos avanços tecnológicos na área das baterias, das novas ideias de proteção ambiental e ecológica e ao aparecimento de novos dispositivos eletrónicos. Consequentemente algumas empresas decidiram atualizar as suas frotas com veículos elétricos, como foi o caso dos CTT (Correio Telégrafos e Telefones). (Ibidem)

Apesar de tudo, os veículos com motor de combustão interna continuaram a ser o modelo preferido do consumidor e a sua evolução que foi gradualmente crescendo até aos dias de hoje, procurando-se motorizações mais amigas do ambiente, mais económicas e eficientes. (Electricospt, 2012a)

Essa evolução tem sido fundamentada em grande parte pelos tratados e medidas internacionais, tendo em vista a redução de emissões prejudiciais para o ambiente e atualmente pela implementação de políticas de desenvolvimento sustentável.

Cada vez mais os consumidores estão melhor instruídos e consciencializados para os problemas de sustentabilidade ambiental, pelo que as grandes marcas automóveis têm unido esforços no desenvolvimento de tecnologias alternativas, proporcionando ao mercado veículos mais ecológicos. Deste modo, apareceram como alternativa imediata os veículos híbridos, pois o seu consumo é mais baixo e mantêm a autonomia dos veículos com motor de combustão interna, conjugando um motor térmico com um elétrico.

O primeiro veículo híbrido, Toyota Prius, apareceu no Japão no ano de 1997, iniciando-se a sua comercialização mundial em 2001. Para o utilizador diário, o funcionamento do veículo híbrido é muito semelhante aos veículos com motor de combustão interna, tornando-os atualmente os veículos providos de baterias mais vendidos no mundo. (Lopes, 2010)

Com o elevado investimento em energias renováveis a nível mundial e pelo facto do custo por quilómetro de um veículo com motor de combustão interna ser três vezes superior ao custo por quilómetro de um veículo elétrico, este surge como uma alternativa sustentável. (Ibidem)

Estamos assim perante uma mudança de paradigma, pois com o desenvolvimento contínuo da tecnologia de produção de baterias, reduzindo-se os seus custos e aumentando a capacidade de armazenamento de energia, ocorrerá certamente a introdução no mercado de novas gerações de veículos elétricos.

2. Veículos Elétricos e seus derivados

Os VEP são atualmente, apesar de alguma resistência, considerados como uma opção viável e vantajosa.

De forma a melhor compreensão e contextualização, é necessário definir e classificar os vários tipos de VEP.

São assim chamados de VEP todos os veículos que são movidos parcialmente ou exclusivamente através de energia elétrica, seja ela provenientes de baterias, obtida a partir do sol através de painéis foto voltaicos, células de combustível ou até mesmo de uma rede exterior de energia. Estes últimos tratam-se dos transportes coletivos que são alimentados diretamente da rede, como por exemplo o metro, os comboios e os já velhinhos elétricos.

Os veículos elétricos puros (VEP) são aqueles que usam como fonte de tração a energia armazenada na bateria que transportam (Figura 2).

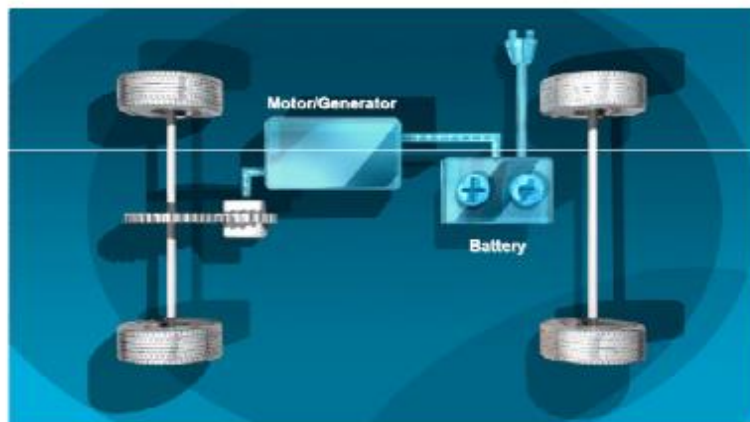


Figura 2. - Esquema de funcionamento simplificado de um VE (Fonte: Toyota 2011)

Os VEP são constituídos por um conjunto de baterias carregadas com energia oriunda da rede elétrica, encontrando-se armazenada e disponível para consumo por parte dos motores elétricos. Estes motores têm como função principal a transformação de energia elétrica em energia mecânica transmitida às rodas, dando movimento ao veículo. Existem atualmente em funcionamento alguns exemplos deste tipo de viatura, como os carros de apoio em aeroportos, os carros de golfe, empilhadores, elétricos e os comboios.

O grande desafio que o VEP tem de enfrentar além da sua autonomia é o seu elevado custo de aquisição. De acordo com Engenheiro Madeira Pires¹ “O veículo elétrico é um carro político, e só existindo benefícios fiscais é que se torna apetecível mas mesmo assim é bastante dispendioso. Trata-se de um veículo direcionado para as empresas que conheçam os seus pequenos percursos urbanos, como por exemplo os CTT (Correios Telégrafos e Telefone). Este só terá futuro dependendo da política Nacional”.

Segundo Carlos Ghosn “...o futuro dos carros elétricos, depende da não recuperação dos preços do petróleo impulsionando dessa forma a procura de automóveis elétricos. Se o preço for menos de 70 dólares, vamos ter um problema, ...se, por outro lado, estiver a 200 dólares a equação económica é muito simples e se for acima de 200 dólares, ainda mais fácil”. (Electricospt, 2012d) Existem no mercado, outros veículos que utilizam o motor elétrico como órgão de propulsão mas aos quais estão associados novas tecnologias. Esses veículos são os seguintes: os veículos elétricos híbridos (VEH), os veículos elétricos híbridos “Plug-in” (VEHP), também conhecidos por veículos elétricos com extensão de autonomia (VEEA), os veículos com células ou pilhas de combustível (VHCC).

Os veículos híbridos têm surgido como alternativa aos VE, pois nada melhor do que ter um carro que permita realizar pequenos percursos urbanos, com um custo muito baixo, mas que também possibilite viagens mais longas, sem que a autonomia seja uma preocupação (Figura 3).

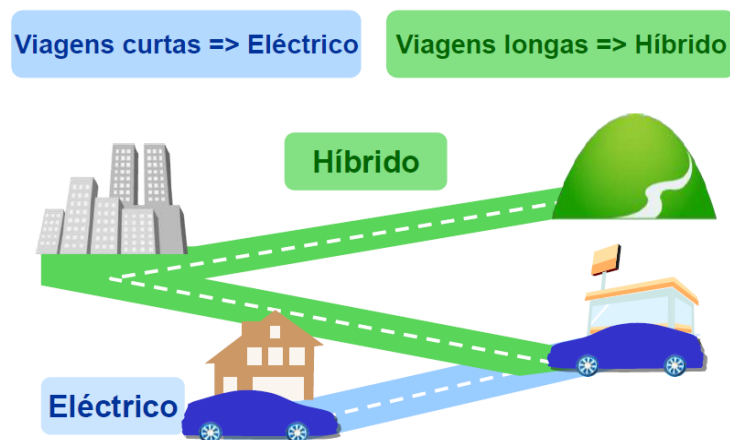


Figura 3 - O melhor balanço entre autonomia e redução de CO₂ (Fonte: Toyota 2011)

¹ Representante do Grupo Citroen, em tópico de entrevista

Os veículos híbridos utilizam em determinados regimes de funcionamento apenas motores elétricos, alternando com os motores de combustão interna que podem ser a gasolina, gasóleo e etanol. Noutros casos estão ambos os motores em funcionamento, tendo o motor elétrico a função de auxiliar o motor de combustão interna na tração. Estes geralmente permitem a recuperação da energia proveniente das travagens e acelerações, utilizando-a de seguida para mover o veículo de forma autónoma. (Figura 4)

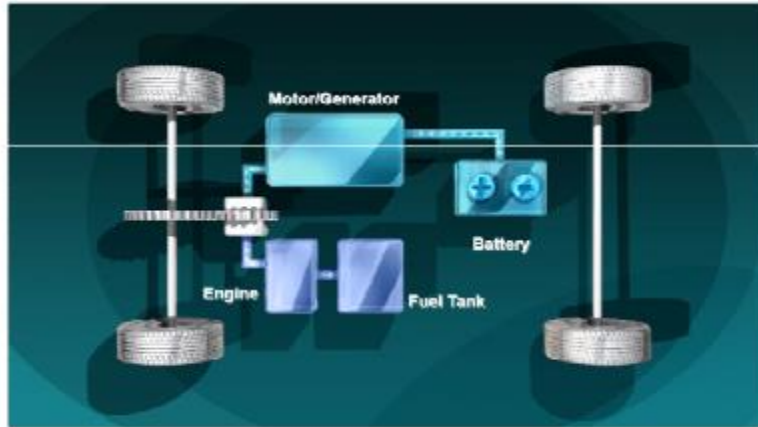


Figura 4. - Esquema de funcionamento simplificado de um VEH “convencional” (Fonte: Toyota 2011)

O automóvel híbrido apresenta-se como uma boa alternativa pois, “*Um exemplo de sucesso nas vendas de automóveis nos Estados Unidos da América (EUA) é o Toyota Prius. Com um consumo de 26 km/l em cidade, consome sensivelmente metade do combustível comparativamente ao mesmo modelo daquela marca, equipado apenas com o motor térmico a gasolina (Pacca, 2008). Apresenta também vantagens na sua sustentação, pois ainda de acordo com Bruno Galante² “...assumidamente as viaturas elétricas recorrem a menos componentes mecânicos, os quais acusam desgaste ou impõe manutenção. Em acréscimo, alguns componentes de elevado desgaste e com grande rotação na manutenção de viaturas, como as pastilhas de travão, têm menor desgaste em viaturas elétricas ou híbridas por via da travagem regenerativa, que, atuando primeiro de forma proactiva, permitem registar pastilhas de travão que duram 100.000 km. Por fim, temos registado que as viaturas híbridas ou elétricas tendem a impor uma forma de*

² Representante do Grupo Salvador Caetano, em tópico de entrevista

condução mais serena e segura, que motiva uma maior proteção e menor desgaste do carro, diminuindo a necessidade de substituição de peças”.

Com uma experiência acumulada em mais de 15 anos de comercialização de viaturas híbridas a Toyota ensaia a venda de novos veículos elétricos híbridos “Plug-in” (VEHP), como é o caso do Prius Plug-in, que de modo simples pode carregar a sua bateria a partir de uma tomada elétrica doméstica em apenas uma hora e meia. (Figura 5)

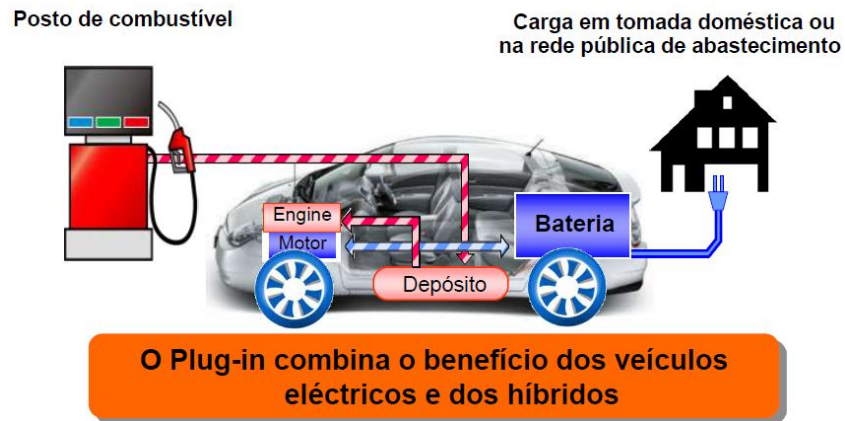


Figura 5. – Veículo Híbrido “Plug.in” (Fonte: Toyota 2011)

Ainda de acordo com Bruno Galante, “os VEHP, vêm permitir uma condução alargada em autonomia, superior em cerca de 20 km e alcançar em modo elétrico a velocidade máxima de 100 km/h. Atingido este limite, o veículo passa a funcionar como um híbrido convencional, recorrendo ao motor de combustão interna. A grande vantagem deste híbrido de tecnologia melhorada é a de funcionar como um VE puro, não sendo deste modo necessário recorrer ao motor combustão interna, se as distâncias percorridas forem curtas.” (Figura 6)

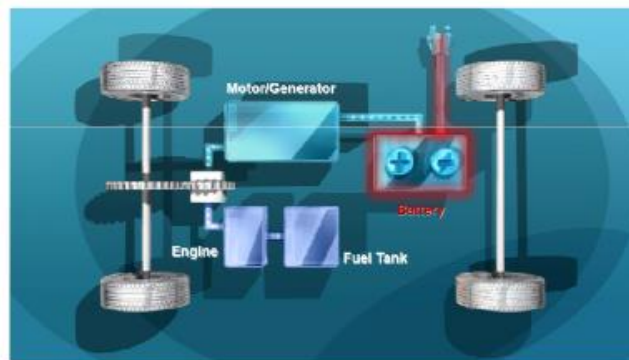


Figura 6. - Esquema de funcionamento simplificado de um VEHP (Fonte: Toyota 2011)

Certamente o futuro passará por estes veículos pese embora as opiniões que apontam para o uso do híbrido gasóleo, como já apareceram alguns modelos no mercado, e como preconizado pelo Engenheiro Madeira Pires “*Só faz sentido existirem no futuro veículos híbridos se estes forem a gasóleo e não a gasolina*”. De facto, a utilização do veículo movido a gasóleo será mais rentável não só do ponto de vista do menor desgaste do motor bem como do menor preço deste combustível.

Nas seguintes tabelas, apresenta-se um comparativo de algumas características tecnológicas entre os VEP, VEH e os VEHP.

Tabela 1 – Características tecnológicas (Fonte: Toyota 2011)

	VEP	VEH	VEHP
Depósito de combustível	Não	Sim	Sim
Motor de combustão	Não	Sim	Sim
Bateria	Sim	Sim	Sim
Motor elétrico	Sim	Sim	Sim
Carrega da tomada	Sim	Não	Sim

Tabela 2 – Características tecnológicas (Fonte: Toyota 2011)

	VEP	VEH	VEHP
Fonte de energia	Eletricidade	Gasolina, gasóleo	Gasolina/gasóleo + Eletricidade
Autonomia	☹	☺	☺
Eficiência	☺	☹	☹/☺
Emissão CO2	? (fonte)	☹ (local)	☹/? (Local+fonte)
Emissão de poluentes locais	☺	☹	☹/☺
Emissão de poluentes na fonte	☹	☺	☺/☹

No que concerne aos veículos com células de combustível, estas utilizam apenas um motor elétrico como órgão propulsor. No entanto a produção de energia é conseguida através da reação controlada do hidrogénio com o oxigénio. *“A energia é armazenada sob a forma de hidrogénio e transformada em eletricidade na célula de combustível. A eletricidade é então consumida pelo motor elétrico que propulsiona o carro”*. (Demirdoven, et al., 2004) De facto, *“tanto o hidrogénio (combustível) como o oxigénio (oxidante) são armazenados externamente, possibilitando que a célula de combustível se mantenha em operação, assim existam estes dois componentes. (Ibidem)*

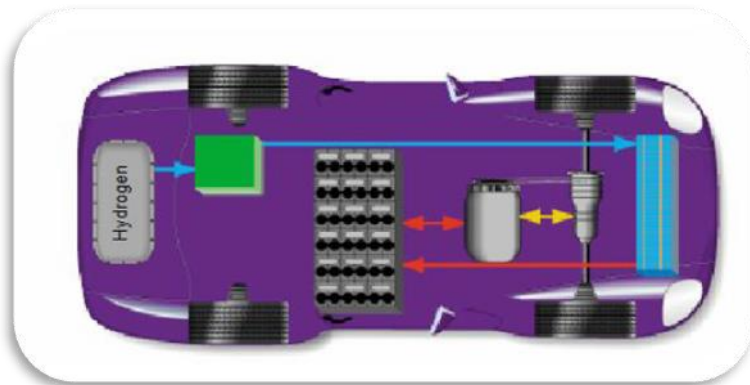


Figura 7 - Esquema do VHCC (Wipke, et al., 1999)

Este tipo de veículo é uma aposta da Toyota, que encontra-se a desenvolver uma produção em série de modelos de veículos movidos a células de combustível, prevendo que entrem no mercado em 2015. A marca nipónica acredita que esta tecnologia pode *“ser a melhor solução para desafiar as atuais fontes de energia e emissões”*. Basicamente, este estudo consiste numa versão modificada do sistema híbrido do Prius, onde o motor a gasolina é substituído por uma célula de combustível auxiliados por depósitos cheios de hidrogénio de alta pressão no lugar do convencional depósito de combustível, mantendo ainda os componentes elétricos, como por exemplo a bateria de 21 kW, armazenando a energia resultante do sistema de travagem regenerativa. Deste modo, este sistema poderá percorrer até uma distância de 676 quilómetros, sem emissões de CO₂ ou de qualquer outro tipo de partículas nocivas ao ambiente. A Toyota acredita que esta tecnologia será uma realidade bem presente na próxima década. (Hoje, 2013a)

A BMW, também, reforçou o compromisso com esta nova tecnologia, acreditando que a mesma segundo Norbert Reithofer³ “...abrem novas perspectivas e oportunidades de crescimento...opções como esta permitirão curtos períodos de reabastecimento e permitirão viagens longas sem emissões de gases poluentes...acreditamos que a criação de uma arquitetura específica para este veículo será a melhor abordagem quando este chegar à produção em série, no futuro”. (Hoje, 2013b)

a) Comercialização de VE, VEH e VEHP

As grande marcas de automóveis investem milhões de euros nesta tecnologia de modo a aperfeiçoá-la indo ao encontro das necessidades dos consumidores.

A Salvador Caetano em parceria com a Siemens apresentaram um novo autocarro 100% elétrico, o Ecobus, que resulta basicamente da conversão de “autocarros de aeroporto Cobus Diesel”, com um sistema de tração elétrica. (Hoje, 2013c) Trata-se de uma solução que assenta na reciclagem e reutilização de autocarros, permitindo estender o ciclo de vida deste tipo de veículos por mais 10 anos. “O objetivo é que, “em breve”, as cerca de três mil unidades Cobus movidas a gasóleo, que atualmente circulam em aeroportos do mundo, sejam reconvertidas em unidades elétricas. O eCobus permite ainda reduzir em aproximadamente 75% a fatura energética face aos autocarros movidos a gasóleo ou a gás, diminuindo as emissões de CO₂”. (Ibidem)

A GM (General Motors) encontra-se a desenvolver veículos elétricos 15% mais leves e com uma autonomia até 322 quilómetros. De acordo com Dan Akerson⁴ “A regra de ouro é que uma redução de 10% do peso possa contribuir para uma redução nos consumos de combustível de até 6,5%”, esta solução passará pela inclusão de fibras de carbono e magnésio em novos modelos, permitindo reduzir até 15% do peso bruto deste até 2016. (auto hoje d)

Os VEP, como referido anteriormente, iniciaram a sua comercialização antes do início do milénio, o mesmo não se verifica para os híbridos, que apenas começaram a entrar no mercado no início do mesmo. (Mendonça, 2008)

³ Norbert Reithofer Chairman da marca alemã BMW

⁴ CEO do grupo norte-americano General Motors

Atualmente existem diversos tipos de VEP e veículos híbridos no mercado (Anexo A). Os gráficos das figuras 8,9 e 10 demonstram a implementação progressiva de veículos híbridos e elétricos no mercado norte-americano e europeu.

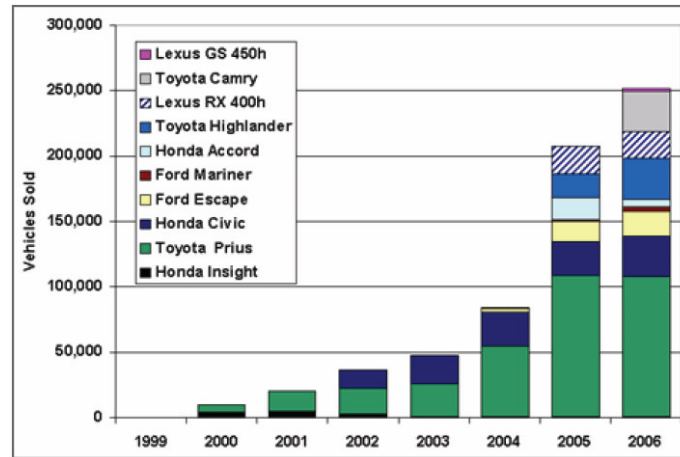


Figura 8 - Número de veículos híbridos vendidos nos Estados Unidos [Fonte: Conferência sobre “PHEV: towards energy independence”, IEEE, 2007]

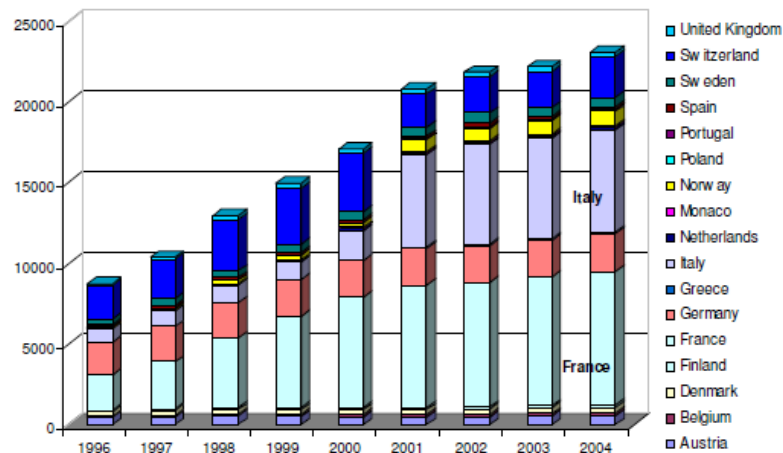


Figura 9 - Número de VE's em circulação [Fonte: The European Association for Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicles]

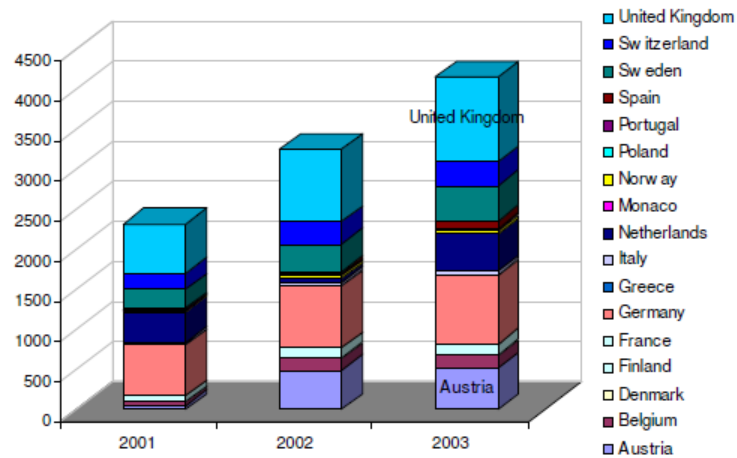


Figura 10 - Número de VEH's em circulação [Fonte: The European Association for Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicles]

Várias organizações têm realizado estudos, no sentido de obter informação relativamente à entrada no mercado deste tipo de veículos, nomeadamente a Direção-Geral para a energia da Comissão Europeia (DGTREN) que prevê um aumento da construção de VEH em detrimento dos VE para os próximos 20 anos na Europa.

Este organismo prevê ainda que em 2030 a percentagem de VE será de tal forma insignificante que é considerado como desprezável.

De acordo com uma previsão da Agência Internacional da Energia, esta prevê um aumento da procura de VEH até 2035, assim também como alguma penetração do VEP, mas a uma escala bastante reduzida.

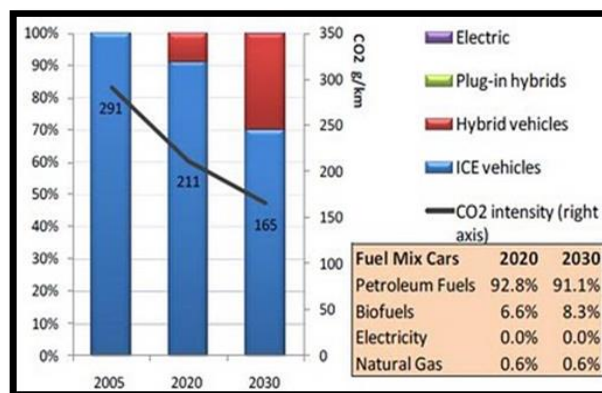


Gráfico 5 - EU EnergyBaseline (2009) andReferenceScenario - Previsões para o crescimento do tipo de tecnologia automóvel nas próximas décadas

De acordo com o gráfico 5, verifica-se a que a percentagem de VEP em 2030, é tão exígua que quase se pode considerar desprezável.

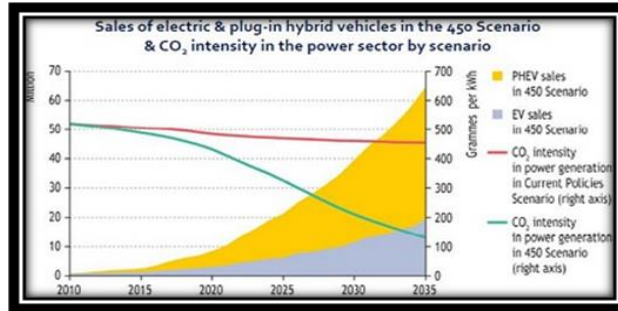


Gráfico 6- WorldEnergy Outlook 2010

O gráfico 6, da Agência Internacional da Energia, é bem mais otimista, indicando a proliferação do VEP até 2035. No entanto verificando-se que é irrisório e que o futuro passará pelo VEH.

Inferese assim que não serão os veículos puramente elétricos a dominar o mercado no futuro próximo, mas sim os veículos com extensão de autonomia, os híbridos.

Do ponto de vista da Toyota, o futuro passará pelos veículos movidos a hidrogénio (FCHVS), como demonstrado na Figura 8, embora a Carbon Trust, num relatório, indica que para que esta tecnologia se torne atrativa aos consumidores terá que existir uma diminuição do seu custo de produção dos atuais 37 euros para 27 euros, quando fabricado em larga escala, prevendo que o veículos a hidrogénio apenas serão competitivos face aos seus homónimos a combustão interna dentro de quatro décadas. (Auto Hoje e)



Figura 11. - Visão da Toyota para a Mobilidade Sustentável (Fonte: Toyota 2011)

3. As baterias de tração

As baterias de tração são equipamentos que servem de armazenamento de energia química transformando-as em energia elétrica. Têm como principal característica a observância de dois aspetos: o armazenamento e transporte autónomo de energia. São constituídas por grupos de células ligadas em série, paralelo ou em ambos, dependendo da capacidade ou da tensão de saída que se pretende.

Atualmente a Ford considera que as baterias que usualmente são instaladas em veículos elétricos e híbridos são de terceira geração comparadas com as baterias que foram instaladas nos veículos elétricos e híbridos de 2004, consideradas estas sim de primeira geração. Isto porque nos oito anos que separam estas gerações, as baterias sofreram várias modificações, nomeadamente no seu peso, tornando-se 50% mais leves e apresentando um relação de volume/potencia aperfeiçoada em cerca de 40%. Isto é sem dúvida uma evolução enorme, que permitirá antever um futuro mais vantajoso para a mobilidade elétrica. No entanto as baterias têm que apresentar uma boa fiabilidade. (Electricospt, 2012e)

Das diversas soluções que o mercado oferece, as baterias de íões de lítio são as que demonstram um desenvolvimento mais atrativo pelo facto de terem uma densidade de energia elevada, ausência do efeito memória, baixa manutenção, baixo tempo de carga e descarrega quando carregadas e armazenadas. Estas qualidades conduzem a uma maior leveza, desempenho, segurança e longevidade. (Linden, et al., 2002)

Devido ao seu elevado preço, as baterias têm gerado elevadas dificuldades na sua utilização e aquisição. Na realidade, têm ocorrido enormes progressos na sua evolução, nomeadamente no custo do kWh, como demonstrado figura 12.

No entanto, está a ser desenvolvida, por investigadores alemães, uma nova bateria para veículos elétricos que podem apresentar uma durabilidade superior a 25 anos, permitindo manter até 85% da sua capacidade inicial durante 10 000 ciclos de recarga. Desenvolvida pelo Centre for Solar Energy and Hydrogen Research Badenwuttemberg, esta nova tecnologia mostra-se como um grande passo para a viabilidade mobilidade elétrica. Atualmente, estas baterias têm uma duração, em média, de 10 anos, dependendo da sua utilização. Esta bateria ainda se encontra numa fase de estudo, sendo que o próximo será criar protótipos de maiores dimensões em parceria com outras indústrias. (Electricospt, 2012f)

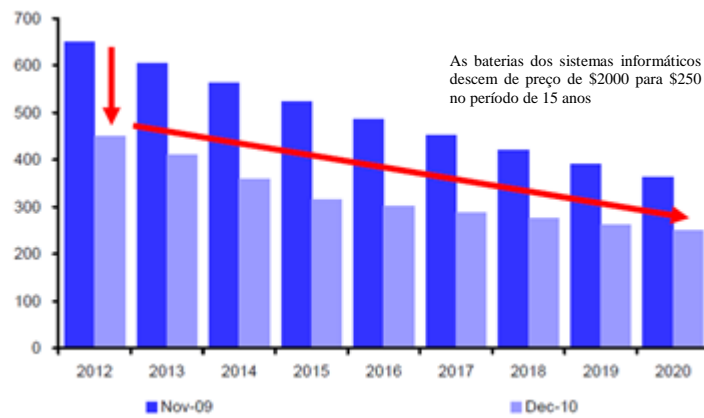


Figura 12. – Evolução do custo das baterias iões de lítio (Fonte: DB Auto Team, Industry discussions and private interviews. Deutsche bank)

A bateria apresenta-se como o “reservatório de combustível” do veículo elétrico, pois é nesta estrutura que se encontra acumulada a energia necessária para dar movimento ao motor e este, por sua vez, às rodas. É também o componente mais problemático, pois face ao tempo necessário às constantes cargas e recargas o seu ciclo de vida diminui rapidamente. (Lampton, 2010)

As baterias classificam-se em dois grupos: Primárias e Secundárias. As baterias primárias não são recarregáveis e por isso quando os eletrólitos estiverem completamente saturados esta é desativada, dado que esta reação química é irreversível. No caso das secundárias, esta reação é reversível podendo ser possível o aumento da quantidade de energia armazenada na bateria sob a forma química, após a descarga parcial ou total. (Mendonça, 2008)

Atualmente as baterias mais utilizadas nos veículos elétricos são: Ácido chumbo, Hidreto metálico de Níquel, Iões de lítio e nano titanato (Figura 13).

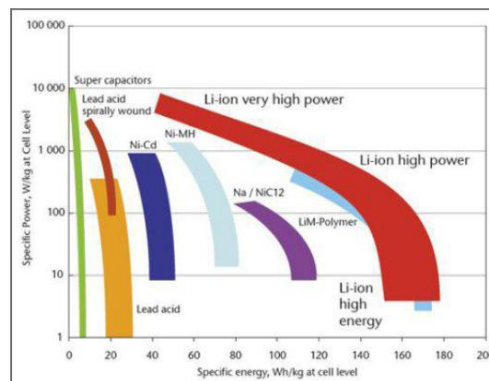


Figura 13 – Baterias usadas em VE. Fonte:International Energy Agency, Technology Roadmaps: Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles, 2009, p. 12. (Original source: Johnson Control – SAFT 2005 and 2007.).

a) Baterias de Chumbo

As baterias de chumbo são as mais utilizadas e são preponderantes nas viaturas de combustão interna, datando a sua invenção de 1859. Na década 70, vários cientistas desenvolveram uma bateria chumbo-ácido livre de manutenção e que poderia operar em qualquer posição. Apesar de se tratar das baterias recarregáveis mais antigas, estas possuem ainda uma utilização largamente difundida na engenharia automóvel, onde estão incluídos os VEP. (Mendonça, 2008)

Estas baterias são compostas por placas de chumbo mergulhadas numa solução de ácido sulfúrico e da combinação entre os elétrodos de chumbo e o ácido, resulta a geração da eletricidade. São baterias com um custo de produção baixa, mas se receberem carga em excesso tornam-se perigosas, existindo a possibilidade de explosão. (Ibidem)

Dentro deste tipo de baterias, existem dois tipos de construção mais divulgados que são: Flooded /wet cell battery e VLRA (Valve Regulated Acid Battery). Nesta última tecnologia ainda se distinguem dois tipos: AGM (Absorbed Glass Mat Batteries) e Gel cell batteries. (Ibidem)

As baterias Flooded/wetcell têm um eletrólito líquido, que evapora e necessita de ser repostado. Estas foram as primeiras baterias de ácido chumbo a aparecer no mercado. As baterias VLRA, são baterias que não necessitam de manutenção, usam muito menos eletrólito e encontram-se seladas tendo uma válvula de proteção, que as protege de sobrepressões e sobrecargas. Dos dois tipos de VLRA's a bateria de gel é a mais usada para tração, contendo um eletrólito gelificado e apresentam as vantagens de serem seguras e não necessitarem de manutenção. (Ibidem)

As características técnicas desta bateria são as seguintes:

Tabela 3 – Características da bateria de ácido chumbo

Características técnicas gerais da bateria ácido chumbo	
Densidade de energia	30-40 Wh/kg
Energia/volume	60-75 Wh/l
Densidade de potência	180 W/kg
Rendimento de carga/descarga	70% - 92%
Energia/custo – Módulo	64,58 €/kWh
Taxa de auto descarga	3% - 20% /mês
Número de ciclos de carga	500 – 800
Tensão nominal da célula	2.0V

A tabela seguinte mostra as vantagens e desvantagens desta bateria:

Tabela 4 – Vantagens e desvantagens da bateria de ácido chumbo

Vantagens	Desvantagens
Baixo custo	Muito pesada e volumosa
Fiável – 140 anos de desenvolvimento	Perigo de sobreaquecer durante a carga
Robusta – tolerante a abusos	Não é adequada para carregamento rápido
Tolerante a sobrecargas	Deve ser armazenada carregada para evitar a deterioração do eletrólito
Impedância interna baixa	Criação de bolhas dentro do eletrólito durante a carga
Pode fornecer grandes correntes	Uma taxa de descarga elevada provoca a perda de material nos elétrodos
Pode ser deixada a carregar por períodos prolongados usando um carregamento do tipo <i>trickle</i> ou <i>float</i>	Tendência para a decomposição do eletrólito
Grande variedade de tamanhos e capacidades	Químicos tóxicos
Muitos fornecedores por todo o mundo	
A bateria mais reciclada do mundo	

b) Baterias hidreto metálico de níquel

As baterias de hidreto metálico de níquel estão à cerca de 30 anos no mercado (desde os anos 80 do século XX), tendo sido inventadas posteriormente às baterias de ácido-chumbo. Estas apresentam-se com uma enorme quantidade de energia que podem armazenar e pelo facto de não possuírem metais tóxicos, facilitando a sua reciclagem. Estas baterias são do tipo recarregável e têm elevado interesse para a tração, tendo elevada densidade de energia. Apresentam uma relação de energia peso maior do que as de ácido chumbo, não obstante uma relação potência peso por vezes igual ou tendencialmente inferior. (Mendonça, 2008)

A sua utilização é bastante utilizada em VEHP's, como afirmado por Bruno Galante “... a Toyota opta genericamente por baterias de níquel em toda a gama, por uma questão favorável de prestação, durabilidade, fiabilidade e compromisso com a autonomia e utilização desejada para os sistemas híbridos. Contudo, sempre que por questões de maior autonomia ou de espaço/peso seja menos favorável recorrer às baterias de níquel...”.

As características técnicas desta bateria são as seguintes:

Tabela 5 – Características da bateria de hidreto metálico de níquel

Características técnicas gerais da bateria hidreto metálico de níquel	
Densidade de energia	30-80 Wh/kg
Energia/volume	140-300 Wh/l
Densidade de potência	250 - 1000 W/kg
Rendimento de carga/descarga	66%
Energia/custo – Módulo	322,94 €/kWh
Taxa de auto descarga	30% /mês
Número de ciclos de carga	500 – 1000
Tensão nominal da célula	1.2V

A tabela seguinte mostra as vantagens e desvantagens desta bateria:

Tabela 6 – Vantagens e desvantagens da bateria de hidreto metálico de níquel

Vantagens	Desvantagens
Grande densidade de energia	Sobrecargas causam a deterioração da bateria
Pode funcionar em carregamento/descarregamento total	Taxa de auto descarga muito elevada
Robustez – Tolerantes a sobrecargas e sobredescargas	Sofre de “memory effect”
Impedância interna reduzida	Deteriora-se durante um armazenamento muito longo
Característica de descarga lisa	A tensão das células é muito baixo
Opera numa grande gama de temperaturas	
Carrega rapidamente - -pode demorar uma hora	
Amiga do ambiente – Não possui cádmio, mercúrio ou chumbo	

c) Baterias de iões de lítio

As primeiras baterias de iões de lítio surgiram inicialmente em 1991, e foram lançadas pela Sony. (Mendonça, 2008)

Esta bateria é outro tipo de acumulador cuja característica essencial reside no facto de só se perder carga quando esta se encontra em utilização. Face ao baixo peso e parca manutenção, é comum encontrarem-se em diversos aparelhos eletrónicos, como computadores portáteis e telemóveis. Isto porque as baterias de iões lítio apresentam uma das melhores relações energia peso, com um “memory effect” quase nulo, i.e., com as sucessivas cargas e descargas, esta não perde a sua capacidade de armazenamento de energia, com uma auto descarga muito lenta e longa longevidade. Acaba por se tratar de uma bateria de elevado custo, em comparação com as anteriormente referidas.

⁵(Mendonça, 2008) “O valor usual de densidade é de 150 Wh/kg, o que para uma bateria comum de 30 kWh, corresponderá um peso aproximado de 200 kg”. (Sá, 2010).

De acordo com Engenheiro Madeira Pires “*Hoje em dia, se utilizarmos baterias iões de lítio mais recentes, estas apresentam 1500 ciclos de carga completa, ou 8 anos. Será extremamente difícil realizar um ciclo de carga completo, diariamente. No máximo, provavelmente, e com uma utilização intensa, realizam-se dois ciclos de carga em três dias. O que vai conduzir aos 8 anos*”. Se considerarmos baterias iões de lítio mais antigas essas apresentam cerca de 1000 ciclos de carga completa. Regra geral, estas baterias possuem uma perda de capacidade a rondar os 25% ao ano, dependendo naturalmente dos ciclos de carga e descarga completa a que estão sujeitas. Se a condução praticada for agressiva, para uma autonomia espetável de 100 quilómetros, no máximo realizará 50 quilómetros, para uma condução suave conseguirá atingir os 100 quilómetros pretendidos”. Atualmente o custo destas baterias é elevado, de acordo com Ricardo Oliveira⁵ “*O custo real de uma bateria é um segredo bem guardado. Mas 500 € por kWh é um valor bastante real*”.

A grande evolução dos veículos elétricos residirá basicamente nas baterias, no seu custo e a na sua capacidade.

De acordo com as particularidades acima enunciadas, estas baterias são as que atualmente se apresentam como as mais apropriadas para os novos VE, sendo por isso as que estão a ter maior aplicação.

O governo alemão tem apoiado um projeto entre a “Lekker Energie” e a “DBM Energie”, que teve como base “*um Audi A2, equipado com uma inovadora motorização elétrica, alcançou um novo recorde mundial para automóveis elétricos, ao percorrer nada menos que 600 km com uma só carga*”, e que leva “*apenas seis minutos numa tomada de alta voltagem*”. Segundo Mirko Hannemann, “*a sua empresa está pronta a produzir em massa baterias com esta tecnologia*” e estas “*serão mais baratas e eficientes do que as atuais de iões de Lítio*”. (AutOportal, 2010)

De facto, estas baterias têm-se desenvolvido de forma “alucinante”, tendo como meta uma melhor confirmação dos VEP. Refira-se, por exemplo, que os cientistas da IBM prometem um protótipo de baterias de lítio-ar que poderá “*permitir que os veículos elétricos consigam percorrer até 800 quilómetros com uma única carga*”. Estas baterias

⁵ Representante do Grupo Renault, em tópico de entrevista

utilizam o carbono e o oxigênio para a produção de energia elétrica e ostentam uma densidade teórica de energia muito mais elevada, até mil vezes mais do que as baterias de íons de lítio. Espera-se que estas entrem no mercado em 2020. (Electricospt, 2012b)

“As melhores baterias disponíveis atualmente são do tipo de íons de lítio, ..., mas ainda consideradas insuficientes para veículos elétricos, uma vez que não conseguem superar os 200 quilômetros de autonomia” (Ibidem)

Temos ainda o exemplo da Volvo, que atualmente se encontra a desenvolver o modo de utilização dos próprios painéis da carroçaria para armazenarem energia, como também o desenvolvimento, por cientistas do Laboratório Nacional Sandia, nos EUA, *“da bateria recarregável mais pequena alguma vez conhecida, em que um fio com apenas sete milésimos da espessura de um fio de cabelo, constitui o seu ânodo”*. (Tecnológica, 2010)

Também a Empresa A123 Systems encontra-se a desenvolver uma nova tecnologia de baterias de íons de lítio para veículos que sejam capazes de trabalhar a extremas temperaturas, sem que seja necessário a existência de uma gestão térmica especial, permitindo que um dos grandes obstáculos do rendimento das baterias, as variações térmicas, possam ser controlados. Graças a esta tecnologia, as baterias que se encontram instaladas nos veículos elétricos poderão sofrer uma redução no seu custo e no seu peso. (Hoje, 2012e)

Investigadores nos EUA, desenvolveram um algoritmo que permitirá aumentar a eficiência das baterias de íons de lítio. Segundo com Miroslav Krstic e Scott Moura *“... aplicação dos logaritmos reduzirá os custos de produção em 25% e ajudará a que o tempo de carregamento seja «cortado» para metade.”* (Hoje, 2012f)

As características técnicas desta bateria são as seguintes:

Tabela 7 – Características da bateria de íões de lítio

Características técnicas gerais da bateria íões de lítio	
Densidade de energia	160 Wh/kg
Energia/volume	270 Wh/l
Densidade de potência	1800 W/kg
Rendimento de carga/descarga	99%
Energia/custo – Módulo	452 €/kWh
Taxa de auto descarga	5% - 10% /mês
Número de ciclos de carga	1200
Tensão nominal da célula	3.6V/3.7V

A tabela seguinte mostra as vantagens e desvantagens desta bateria:

Tabela 8 – Vantagens e desvantagens da bateria de íões de lítio

Vantagens	Desvantagens
Células seladas	Custo Inicial elevado
Longo ciclo de vida	Degrada-se com temperaturas elevadas
Longa vida Útil	Necessita de circuito de protecção
Baixa taxa de descarga	Tem aumentos de temperatura que podem induzir perdas de capacidade quando sobrecarregada
Capacidade de recarga rápida	Pode ter aumentos de temperatura quando partida
Grande capacidade de descarga de potência	
Grande eficiência energética	
Sem efeitos de memória	

d) Baterias de nano titanato

Este tipo de baterias, em comparação com todas as outras anteriormente referidas, é a que se apresenta tecnologicamente mais avançada e a que saiu para o mercado mais recentemente.

Através da nanotecnologia, tem-se expandido novos materiais de nano titanato que comutam a grafite ou o carvão, nas baterias de íons de lítio. Sendo uma bateria com tecnologia de ponta, coerentemente trata-se da mais cara de todas, apresentando a vantagem de apresentarem uma longevidade superior de 20 anos e de ter um recarregamento muito rápido e de não ser perigosa. (Mendonça, 2008)

As características técnicas conhecidas desta bateria são as seguintes:

Tabela 9 – Características da bateria de nano titanato

Características técnicas gerais da bateria nano titanato	
Densidade de energia	90 Wh/kg
Energia/volume	5000 Wh/l
Densidade de potência	4000 W/kg
Rendimento de carga/descarga	Desconhecido
Energia/custo – Módulo	Desconhecido
Taxa de auto descarga	Isento
Número de ciclos de carga	9000
Tensão nominal da célula	Desconhecido

A evolução das baterias tem sido sem dúvida a grande preocupação por parte dos grandes fornecedores, tentar criar uma bateria com uma boa autonomia com um preço muito acessível a qualquer cliente. Nos EUA cientistas trabalham num projeto “*com o objetivo de aumentar em 1000 vezes a potência das baterias e 10 vezes a sua resistência...prometendo para os veículos elétricos um carregamento de baterias mais rápido, maior vida útil, melhores acelerações, maior autonomia e maior segurança*”. (Electricospt, 2012c)

4. Componentes Eléctricos

A conversão de um veículo diesel em eléctrico, requer um leque de equipamentos necessários para o seu funcionamento. Existem diversos tipos de tecnologias que devem ser consideradas neste processo, tais como o motor eléctrico, o conversor eléctrico e o sistema de carga, onde se inclui os diversos tipos de carregadores. De seguida ir-se-á abordar cada um deles.

a) Motores eléctricos

O mercado oferece diversos tipos de motores que podem ser utilizados em VEP. Estes podem ser divididos em dois tipos de motores eléctricos: motores de corrente contínua (DC) e motores de corrente alternada (AC), dividindo-se estes ainda em síncronos, assíncronos e de relutância.

Os motores eléctricos podem ser montados nos veículos de inúmeras formas: tração dianteira, traseira, às quatro rodas e ainda acopladas directamente nas rodas. (Chambel, 2008) Ambos os motores têm as suas vantagens e desvantagens, tudo depende do tipo de veículo em que estes irão ser aplicados.

Na tabela abaixo encontram-se vantagens e desvantagens dos vários tipos de motores.

Tabela 10 – Vantagens e desvantagens dos motores eléctricos

	Vantagens	Desvantagens
Motores assíncronos	<ul style="list-style-type: none">- Construção simples, robusto, de baixo custo e pouca manutenção.- Velocidade máxima de rotação.- Permite obter cadeias de tração compactas e de elevado rendimento.- Os conversores electrónicos (tensão e frequência variáveis) que lhe estão associados são eficientes.	<ul style="list-style-type: none">- Controlo de velocidade complexo (nomeadamente a baixa velocidade).- Custo dos sistemas de controlo.- Funcionam com fluxo constante (o que impede o enfraquecimento de campo para que possam operar a potência constante).- O conjunto motor + controlador é uma solução dispendiosa.
Motores síncronos	<ul style="list-style-type: none">- Rendimento elevado.- Comportamento térmico (induzido no estator facilita a evacuação de calor).- Inércia menor do que a de outros motores (menos peso, nomeadamente devido ao uso de ímanes).- Ausência de contactos eléctricos móveis.- Velocidade máxima de rotação.	<ul style="list-style-type: none">- Ímanes caros e que perdem as características magnéticas com o aumento da temperatura.- O motor + controlador constitui uma solução dispendiosa- Operam a fluxo constante

Motores Corrente Contínua	- Compacta.	- Desgaste e manutenção das escovas e coletor.
	- Bom desempenho para binários elevados.	- A estrutura do rotor limita a velocidade máxima.
Motores de relutância	- Gama de variação de velocidade	- Perdas elevadas no rotor (dificulta a evacuação de calor influenciando o comportamento térmico).
	- Sistemas de controlo relativamente simples.	- São ruidosos.
Motores de relutância	- Estrutura simples e compacta.	- Não existem (ainda) em grande número.
	- Gama de controlo de binário ampla e velocidade máxima elevada.	
	- Robusto e não requer praticamente manutenção.	
	- Produz binários elevados a velocidades baixas (ideal na tração elétrica).	
	- Inércia baixa e com densidade de binário elevado (o que permite acelerar e travar o veículo de forma rápida).	
	- Permite eliminar a caixa de velocidades.	
	- Custo e eficiência	

b) Conversores elétricos

Os conversores elétricos têm como principal finalidade o fornecimento de energia necessária para que o motor elétrico entre em funcionamento a partir do circuito de alimentação das baterias em corrente contínua (Figura 14). O conversor é composto por um circuito constituído por um conjunto de semicondutores que através da abertura e fecho do seu sistema fornecem a potência induzida pelo motor elétrico em cada instante. (Faias, 2006) Estes recebem a corrente oriunda das baterias e produzem o tipo de voltagem necessária para que seja iniciada a rotação do motor, esta alimentação dependerá do sinal que é transmitido pelo acelerador e então com estas distintas frequências e correntes de alimentação o motor impulsiona gradualmente o veículo.

Os conversores existentes no mercado são: conversores AC/DC (normalmente utilizados no carregamento de baterias), conversores DC/DC (usados para a alimentação de motores de corrente contínua) e conversores AC/DC/AC (empregados na alimentação de motores de corrente alternada, síncronos e assíncronos). (Sousa, 2012)



Figura 14 – Tipos de conversores [Fonte: Auto Libre conversiones 2013]

A utilização dos conversores elétricos dependem do motor elétrico a implementar. No caso dos motores de corrente contínua (DC) o conversor a implementar deve ser do tipo Chopper, também conhecido como conversor contínuo/contínuo. Para motores de corrente alterna (AC), deverá ser empregue um inversor ou ondulator que mesmo alterando a frequência e amplitude da corrente elétrica, permita a regulação da velocidade de rotação do motor. (Palma,1999)

c) Os sistemas de carga

A principal função do sistema de carga é realizar a transformação da corrente alterna da rede elétrica ou do alternador em corrente contínua, tendo sempre em foco a tensão correta necessária para carregar as baterias.

Os sistemas de carga de baterias podem-se dividir em várias tipologias, podendo apresentar diversos modos de funcionamento, de monitorização e de finalização do carregamento. Basicamente o que se pretende é que o sistema de carga desempenhe as seguintes funções: carregar a bateria, otimizar a taxa de carga e saber quando parar (finalização do carregamento). Este último processo é extremamente importante, pois se este continuar ativo após a bateria ter atingido a sua carga máxima, esta pode mesmo chegar a ser destruída. Um carregador não deve permitir que a bateria ultrapasse um determinado limite de temperatura, de modo a que a esta e quem circule por perto, monitorizando e controlando o carregamento, não seja colocado em risco. Um dos métodos mais utilizados neste controlo consiste em imobilizar o processo de carga assim que é atingida uma determinada tensão (tensão de terminação). (Mendonça, 2008)

Atualmente existem os seguintes tipos de carregadores:

Os principais tipos de carregadores que existem presentemente são os seguintes:

- a. Switch Mode Regulator (Switcher) – Trata-se de carregadores que trabalham através de um retificador que converte a tensão de AC para DC, sendo

esta controlada por um conversor DCDC utilizando o PWM (Pulse-width modulation) para controlar a tensão da bateria. Estes apresentam um elevado rendimento, mas necessita de filtros de grandes dimensões para quando a utilização de baixas frequências de comutação. Para elevadas frequências o tamanho do filtro diminui aumentando o ruído elétrico e o EMI (*electromagnetic interference*). (Ibidem)

b. Carregador paralelo – Tem como principal característica controlar a corrente de carga através de um semiconductor disposto em paralelo entre a carga e a fonte. Existindo um excesso de tensão, o tiristor é fechado provocando um curto-circuito, criando deste modo um caminho para a corrente em excesso, protegendo assim tanto a bateria como a fonte. (Ibidem)

c. Carregador Série – Também conhecido como carregadores lineares, pois utilizam um componente com comportamento linear de modo a controlar a corrente de carga, como por exemplo uma resistência. Este carregador não é aconselhado para o uso em potência por apresentar um rendimento muito baixo recorrendo usualmente a resistências. (Ibidem)

d. Pulsed Charger ou SCR Charger – Este carregador, como o nome indica, é um carregador que funciona basicamente através de impulsos. O SCR é encarado com um caso particular do *Pulsed Charger*, pois usa um semiconductor do tipo tiristor. De uma forma geral onde o SCR se encontra a comutar, este semiconductor é percorrido por correntes elevadas que aumentam o nível de carga da bateria, na fase final do carregamento existe um controlo da corrente com o intuito de manter um determinado nível de tensão. (Ibidem)

e. Carregador em ponte – Consiste num retificador a diodos montados em ponte. Este carregador encontra-se ligado a uma fonte AC fornecendo uma tensão contínua na saída. (Ibidem)

f. Inductive Charging (Carregamento Indutivo) – Este carregador é constituído por um transformador que isola galvanicamente a rede do carregador da bateria a baixa tensão. Este sistema de carga é o mais utilizado no processo de carregamento de baterias de VEP. (Ibidem)

g. Ferroresonant charges – Trata-se de um sistema onde é utilizado um transformador com dois enrolamentos, estando um destes ligado em ressonância

aos seus terminais através de um condensador. À medida que vão controlando a corrente de carga, estes transformadores possibilitam a diminuição da tensão que provém da rede. De seguida um retificador a díodos converte a tensão de AC para DC. (Ibidem)

Como já referido, as baterias mais vantajosas para os VEP, são as de íões de lítio, mas de acordo com Bruno Galante “...a Toyota opta genericamente por baterias de níquel em toda a gama, por uma questão favorável de prestação, durabilidade, fiabilidade e compromisso com a autonomia... Contudo, sempre que por questões de maior autonomia ou de espaço/peso seja menos favorável recorrer às baterias de níquel, a Toyota opta pelas baterias de íões de lítio.” Mas devido à sua autonomia limitada é necessário proceder-se às recargas destas diariamente, com recurso a cabos de ligação pouco práticos em locais específicos para o efeito, e onde o tempo de carga poderá ir de 2 a 16 horas. (Fernandes, 2007)

Estão em estudo e desenvolvimento sistemas de recarregamento por indução que permitem recarregar as baterias sem necessidade dos referidos cabos de ligação. “Estes sistemas tornar-se-ão mais práticos se for possível recarregar o veículo durante a sua permanência num parque de estacionamento, não existindo assim a necessidade de tomadas elétricas às quais tenhamos de ligar o VE, ou deslocá-lo a um local específico de recarregamento rápido”(Chambel, 2008)

A Renault tem trabalhado de forma a diminuir o tempo necessário para o recarregamento das baterias, propondo para o efeito o sistema “Quickdrop”. Segundo Ricardo Oliveira “este sistema foi desenvolvido para se adaptar a diversas configurações, tamanhos e mesmo localizações da bateria no automóvel. Ou seja, a substituição de baterias de maiores ou menores dimensões (e logo proporcionando maior ou menor autonomia) não terá impacto nos custos da estação Quickdrop”. Espera-se que o serviço esteja disponível em determinados locais específicos, como por exemplo estações de serviço, e para que seja prático, as baterias das diversas marcas automóveis deverão ser standardizadas permitindo assim a sua intermutabilidade.

A Volvo desenvolveu um sistema de carregamento mais rápido para os veículos elétricos permitindo a carga dos mesmo em apenas hora e meia. Este sistema com um carregador trifásico, permite oferecer ao modelo C30 Eletric cerca de 80 quilómetros de autonomia com uma carga completa de hora e meia (Figura 15). Este sistema será

instalado no C30 Elétrico, permitindo carregar o mesmo a partir de uma fonte de 32 amperes em apenas hora e meia ao invés de uma tomada europeia normal de 230V, que demoraria entre 8 a 10 horas para carregamento completo. (Hoje, 2012g)

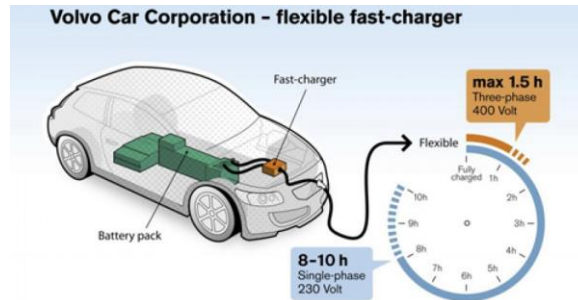


Figura 15 – Desenvolvimento do processo de carregamento da Volvo [Auto Hoje, 2012]

d) Arrefecimento/Aquecimento das baterias

Tendo presente que a temperatura ambiente influencia diretamente a eficiência das baterias, a GM (General Motor), foi capaz de desenvolver um sistema que permitisse o aquecimento ou arrefecimento destas, mediante as condições climáticas, permitindo que as mesmas fossem capazes de trabalhar nas melhores temperaturas. (Revista)

Este sistema consiste num “circuito fechado de líquido, que passa por um conjunto de radiadores colocados dentro da bateria, fornecendo ou retirando calor”. Permitindo que a bateria seja pré-aquecida durante a carga, quando se verifica uma temperatura ambiente baixa e que a bateria seja arrefecida quando a temperatura ambiente é mais elevada. (Ibidem)

5. Processo de conversão

O processo de conversão é complexo, sendo habitualmente realizado por empresas especializadas no ramo. A conversão de qualquer veículo obedece a procedimentos previamente estabelecidos por entidades certificadas.

a) Homologação de um veículo

O processo de homologação de um veículo atualmente é regulado pela Diretiva 2007/46/EC, sendo aplicada desde 29 de abril de 2009. Esta Diretiva é também designada por Diretiva Quadro, pois define de uma forma geral os mecanismos necessários para se proceder à conversão de veículos, sendo aplicáveis a qualquer veículo independentemente do seu meio de propulsão. Este processo tem que respeitar a homologação europeia de veículos, que define através do qual um estado-membro, que em Portugal é o IMTT (Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres), é responsável pela certificação de um modelo de veículo e se este respeita as exigências administrativas relevantes e os requisitos técnicos relativos aos seguintes aspetos:

- a. Segurança ativa e passiva
- b. Proteção do meio ambiente
- c. Desempenho e outros requisitos

Os VE não se encontravam sob a alçada da antiga Diretiva Quadro (Diretiva 70/156/CEE), permitindo que pudessem ser alvo de aprovações a nível nacional, permitindo deste modo que os requisitos definidos pela UE (União Europeia) não fossem cumpridos. Este procedimento caiu por terra, com a entrada em vigor da nova Diretiva, visto que esta já permite a aprovação de VEP. No entanto a UE ainda não definiu quais os requisitos específicos obrigatórios para esta tipologia de veículos.

O processo de conversão de um veículo obrigatoriamente tem que ser aprovado por parte de uma entidade certificada, segundo o artigo 115.º do Código da Estrada, as alterações das características técnicas de um veículo está sujeita à aprovação por parte do IMTT nos termos a fixar em regulamento.

Atualmente encontra-se para aprovação um regulamento genérico das transformações onde é estabelecido os seguintes princípios gerais:

- a. A alteração das características de um veículo não pode diminuir os níveis de segurança e o impacto ambiental já definidos nos veículos antes da conversão;
- b. Alterações técnicas dos veículos não necessitam da avaliação técnica do IMTT, como por exemplo os pneus a cor, etc.
- c. Existem características de veículos que podem ser alteradas, mas requerem de aprovação prévia por parte do IMTT, como por exemplo a lotação de passageiros, o número de eixos, tipo de cabine

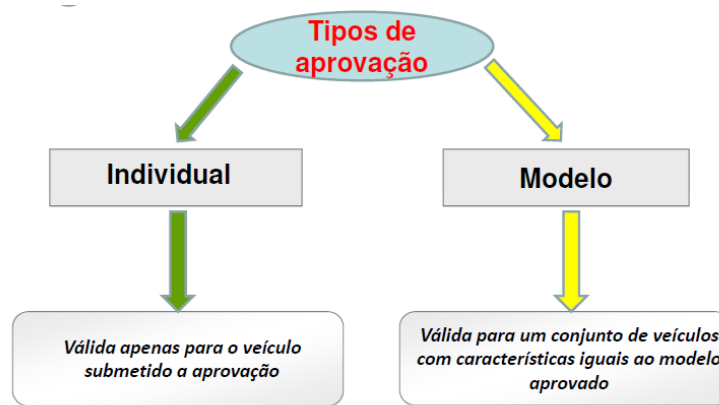


Figura 16 – Tipos de aprovação [Fonte: IMTT 2013]

Independentemente do tipo de aprovação (Figura 16), esta depende de vários fatores, nomeadamente da aprovação do IMTT, de uma avaliação processual da viabilidade da conversão, na eventualidade de existirem dúvidas na viabilidade da conversão o IMTT pode exigir um parecer técnico favorável do fabricante, nos projetos onde a conversão apresente impactos ao nível da segurança, este deve ser certificado por um engenheiro mecânico, deve ainda ser aprovado num Centro de Inspeção Técnica de Veículos de categoria B.

A segurança é um aspeto muito importante e que deve estar sempre presente em qualquer projeto, seja ele de que natureza for. Posto isto, a conversão de veículos apresenta inúmeros aspetos regulamentares a ter em consideração, sendo eles os seguintes:

- a. A conversão deve ser realizada por uma entidade técnica certificada;
- b. Todos os sistemas que sofrerem modificações com a conversão têm que ser comprovados como mantêm os seus requisitos técnicos, como por

exemplo o sistema de travagem, direção, emissões de CO₂, ruído, fixação dos bancos e cintos de segurança, todo o sistema de alimentação elétrico.

Para se proceder à conversão de um veículo elétrico, este assenta em alguns requisitos fundamentais, que devem ser respeitados. Sendo eles os seguintes:

1. Proteção contra choques elétricos

- i. A corrente elétrica considerada perigosa para o ser humano encontra-se entre os 60V (DC) ou 25V (CA), sendo que os valores encontrados nos VEP's são mais elevados);
- ii. Deve-se evitar o contacto direto com os componentes do sistema elétrico que apresentem tensões superiores às mencionadas no ponto anterior.
- iii. Todas as partes sob tensão devem estar sinalizadas.
- iv. Todo o equipamento elétrico deve ser instalado de modo a que as deficiências do isolamento sejam evitadas. O sistema de tração elétrico deve estar isolado do chassis de modo a que as correntes de fuga sejam minimizadas.
- v. Os condutores elétricos devem estar dimensionados de modo a suportarem a intensidade de corrente prevista, picos de corrente e protegidos contra poeiras e humidade. Sempre que possível devem-se encontrar fixados no exterior do veículo e afastados de fontes de calor.
- vi. Deve ser impossível o acionamento do controlador do motor sem que o pedal do acelerador esteja a ser acionado evitando assim o arranque do veículo durante o arranque.
- vii. Face à grande quantidade de calor libertado pelo controlador, este necessita de sistema de arrefecimento.

2. Baterias:

- i. As baterias devem estar devidamente fixas a um elemento da estrutura do veículo de forma a evitar derrames e deslocamentos da mesma.
- ii. A bateria deve estar isolada eletricamente do chassis.
- iii. Devem ser colocadas em compartimentos fechados e equipadas com um sistema de ventilação.
- iv. A bateria deve ter toda a sinalização indicada.

3. Ligação do veículo à rede de distribuição

- i. O veículo deve estar desligado enquanto o sistema de carga estiver a ser carregado.
- ii. Os elementos do sistema de carregamento que possam estar sob tensão, devem ser protegidos contra o contacto direto.

b) Conversão de um veículo

Reunidas todas especificações elementares para a conversão, é necessário ter em conta 3 fases: o planeamento, a ação e a verificação. (Leitman, et al., 2009)

No planeamento, há que estruturar todo o processo de conversão, quando, onde e o que fazer para que a esta seja realizada. Selecionar os equipamentos que irão ser empregues na conversão, como por exemplo as baterias, o motor, conversores, etc. (Figura 17). Sendo este um processo extremamente complexo e de modo a que seja exequível e realizado com sucesso, será pertinente que os intervenientes sejam profissionais da área (por exemplo: mecânicos, eletricistas, etc.). (Ibidem)

Na ação, basicamente trata-se do processo de conversão da viatura, onde se identificam 4 fases de conversão. A primeira fase, está relacionada com o chassis, mais concretamente com a remoção de todo o equipamento que esteja relacionado com a parte mecânica do veículo, como por exemplo o motor e outros equipamentos relacionados com este. (Ibidem)

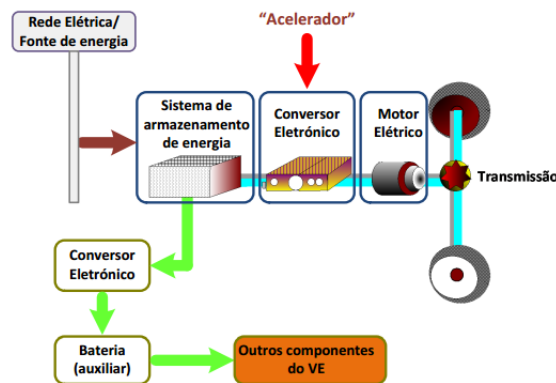


Figura. 17 – Constituição do VEP

A segunda fase incide com a montagem do motor, sendo este o componente principal do VEP e o primeiro a ser montado. O tipo de motor a utilizar irá determinar quais os componentes a usar e a performance que se irá adquirir. O motor escolhido para esta conversão é um motor AC (Figura 18). Trata-se de um motor eficiente, fiável estando disponível em qualquer distribuidor e o mais importante são motores desenhados para VEP. (Ibidem)



Figura. 18 –Motor eléctrico AC

Uma vez escolhido o motor, é necessário proceder-se à montagem deste. O primeiro passo é acoplá-lo à transmissão através de um adaptador. Existem duas secções onde o acoplar. A primeira na placa que é acoplada ao motor montada na periferia da transmissão e o cubo que liga o veio do motor ao volante e fisicamente transmite a potência. Existe também a necessidade da montagem da bomba para a direção assistida e a bomba de vácuo para o servofreio. (Ibidem)

Tendo sido removidos todos os componentes relacionados com o motor de combustão e montado todo o novo sistema eléctrico, é necessário proceder-se à montagem do sistema de carregamento de modo a que o veículo possa ser carregado dentro de um Hangar da Unidade com uma amperagem de 14A, pois de acordo com o Engenheiro Madeira Pires “o conjunto ficha-tomada de 14A é mais segura do que de 16A”. As tomadas utilizadas para o processo serão tomadas industriais, pois citando Engenheiro Madeira Pires “...sem dúvida que as melhores tomadas a utilizar para o processo de carregamento, são as tomadas industriais e facilmente se encontram à venda no mercado nacional”. O veículo eléctrico é ligado indiretamente à rede de alimentação através de um carregador externo em CC que fornece energia diretamente ao veículo eléctrico (Figura 19).

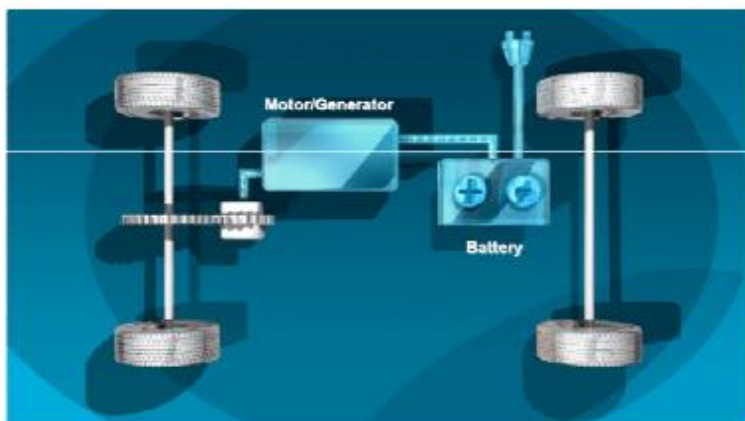


Figura. 19 – Processo de carregamento do VEP

Por fim temos a instalação das baterias. Como referido anteriormente, o facto de se tratar de uma viatura com uma caixa de carga, essa será utilizada para armazenar o KIT de baterias definido para o processo de conversão, tendo sempre em conta a estabilidade da mesma.

A forma mais rápida para se proceder à conversão de um veículo elétrico, será através da aquisição dos componentes principais em conjunto tipo “KIT” ou através de empresas especializadas que asseguram todo o processo de conversão.

Por fim, temos a verificação, que basicamente é testar todo o conjunto e verificar se este se encontra em segurança e se cumpre com os requisitos propostos.

6. Análise económico-financeira da conversão de um Veículo Elétrico

a) Caracterização do estudo

O estudo iniciou-se escolhendo a tipologia da viatura passível de conversão em VE, tendo em conta uma avaliação criteriosa das viaturas que desempenham serviços menos exigentes em termos de requisitos operacionais. De forma a suportar a escolha foram fornecidos, pela Base Aérea n.º6 através do Sistema de Gestão automóvel (SIGAUT), os registos associados à aquisição e sustentação das viaturas referentes ao ano 2012 e foram ainda reunidos os requisitos operacionais, apresentados pelo CMDT EMB, consultado o mercado nacional e internacional, permitindo deste modo apresentar-se na figura 20 a VEMI (Viatura com motor de combustão interna) pretendida para se proceder à conversão e na tabela 11 as especificações elementares para a conclusão desta.



Figura. 20 – Viatura Diesel pretendida para converter em VEP

Tabela 11 – Especificações e Performance do VEP

Características gerais	
Tipo	VE
Velocidade máxima	70 km/h
Autonomia	80-100 km
Motor eléctrico	
Potência máxima	27 kW
Binário	200 N.m
Tipo	Propulsão eléctrica, assíncrona
Tensão	80V
Baterias	
Tipo	Iões de Lítio
Tempo de carga (completo)	6 – 8 Horas
Durabilidade	1500 Ciclos
Tensão	19,2 kW

As VMCI pick-ups são os veículos mais conhecidos no transporte de carga. Estas podem ser excelentes plataformas para conversão em VEP, pois conseguem-se isolar as baterias do habitáculo de forma bastante fácil, colocando-as entre este e a caixa de carga. (Leitman, et al., 2009)

Realizada a escolha da viatura a converter, efetuou-se uma pesquisa de mercado dos equipamentos necessários à conversão. Para tal foram efetuados contactos pessoais com representantes de diversas marcas automóveis e pesquisas através das páginas eletrónicas. Identificados os equipamentos necessários e tendo-se recolhido todos os dados como o custo de aquisição do material para a conversão, consumos de combustível, eletricidade, percentagens e montantes de desvalorização e ainda tendo em conta os custos e tempo de vida útil das baterias de tração, verificou-se em que medida seria vantajosa a conversão dos veículos diesel para veículos eléctricos, na Base Aérea n.º6.

Na presença de toda a informação necessária recolhida também através de entrevistas e com o intuito de testar as hipóteses formuladas passou-se à análise dos resultados.

b) Análise de Resultados

De forma a verificar a primeira hipótese, **“Existem na Base Aérea n.º6 veículos diesel passíveis de conversão em veículos eléctricos sem que ponham em causa a autonomia”**, tomou-se como base de estudo o lote de viaturas da frota da Base Aérea n.º6 disponíveis para o efeito e as variáveis e indicadores definidos pelo CMDT EMB

como indicados na tabela 12. Deste modo escolheu-se a tipologia da VMCI mais adequada a converter.

Tabela 12 – Variáveis e Indicadores

Conceito	Variável	Indicador
Veículos diesel	Consumos	Quantidade (litros gasóleo)
	Percursos	km percorridos
Veículos elétricos	Consumos	Energia consumida (kW/h)
	Percursos	km percorridos
Requisitos operacionais	Prontidão	Autonomia (km)
	Capacidade de carga	Lotação/Tonelagem/Volumetria
Custos racionáveis	Custo de Aquisição	Montante em euros (€)
	Custo de Sustentação	Montante em euros (€)

A Unidade possui uma vasta área de trabalho e conseqüentemente uma elevada dispersão de meios operacionais, o que leva a que os veículos percorram diariamente distâncias consideráveis que se traduzem num elevado consumo de combustível. Os veículos da frota, encontram-se distribuídas nas diversas subunidades com o propósito de transportar as equipas de manutenção e respetivos equipamentos para o cumprimento das tarefas que são realizadas diariamente.

Tendo a Base Aérea n.º6 ao seu dispor um vasto lote de tipologia de VMCI, apenas serão passíveis de análise as VMCI apresentadas na tabela 13, pois estas permitem que a sua conversão não comprometa as missões diárias da Unidade.

Tabela 13 - Tipologia de Viaturas da frota da BA6 e seu quantitativo

Tipologia	Nº de viaturas (DEZ 2012)	km percorridos em 2012
TP5	7	110256
Tp9	11	197540
PICK-UPS	10	176952
FURGÃO	2	16717
TOTAL	30	

Dos vários critérios para a escolha dos VMCI suscetíveis para a conversão, os principais recaíram em VMCI que circulassem exclusivamente dentro da Unidade, pois permitiria que a carga das baterias fosse efectuada dentro desta, VMCI que realizassem no mínimo cerca de 75 quilómetros diários e que permitisse ainda a possibilidade de transportar carga.

Deste modo, efetuou-se uma análise ao número de quilómetros realizados dentro da Unidade, pelas tipologias em estudo, durante o ano transato e assim com base nos critérios, variáveis e indicadores escolheu-se a tipologia da VMCI a converter em VEP.

Com base no gráfico 1, a tipologia de VMCI escolhida foram as PICK-UPS, pois estas, foram as que dentro dos requisitos exigidos, mais quilómetros realizaram dentro da Unidade, com cerca de 171345 quilómetros correspondendo a 56% dos quilómetros efetuados pelos VMCI.

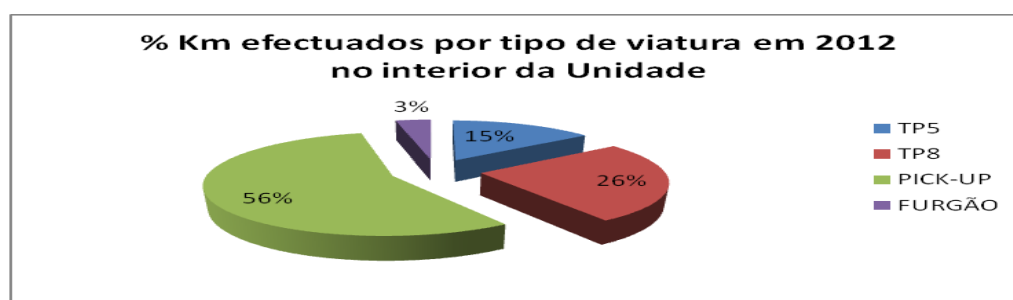


Gráfico 1 – Percentagem de quilómetros percorridos por tipologia de viaturas durante o ano de 2012 no interior da Unidade

Selecionada a tipologia escolheu-se uma viatura do lote em que esta conversão seria efetuada, pois facilmente se poderia extrapolar para as restantes.

Na tabela 14 são apresentadas 6 viaturas da tipologia PICK-UP, passíveis de conversão em VEP tendo em consideração os requisitos operacionais exigidos. Nela verifica-se que as viaturas apresentam alguma idade o que origina um natural desgaste dos seus componentes. Estas viaturas encontram-se atribuídas a inúmeras subunidades, realizando cerca de 90% dos seus movimentos dentro da Unidade.

Tabela 14 – Viaturas passíveis de conversão para VE

Matricula	Mod/Tipo	Ano	Custos Aquisição (€)	Km Totais Anuais	Km médios diários	Consumo Total em 2012 Lt	Despesa combustível (anual)	Custo por km	Despesa anual com manutenção	Média Mês L/100(anual)
AM-24-33	Nissan	1994	12.626,21 €	9700	37	866	1.211,36 €	0,08 €	30,55 €	9,08
AM-24-38	Nissan	1995	16.827,64 €	10728	41	1.203	1.682,76 €	0,09 €	344,75 €	10,28
AM-94-15	Toyota Hilux	2010	15.000,00 €	19103	72	1.893	2.647,93 €	0,08 €	1.359,39 €	9,52
AM-24-83	Toyota Hilux	1999	16.570,64 €	17208	65	1.532	2.142,96 €	0,07 €	831,10 €	8,69
AM-94-61	Toyota Hilux	2004	20.069,12 €	11652	44	964	1.348,44 €	0,07 €	1.033,63 €	8,52
AM-63-79	Toyota Hilux	2001	23.959,82 €	9230	35	881	1.232,34 €	0,08 €	808,40 €	9,77

Foram considerados 22 dias de trabalho mensais

km médios diários = km totais anuais/12 meses x 22 dias

Preço médio do litro de gasóleo em 2012 = 1,3988€

Como verificado na tabela 14, a VMCI que mais se adequa para se proceder à conversão em VE é a viatura AM-94-15 pois foi a que apresentou o maior número de quilómetros percorridos no final do ano 2012 e conseqüentemente um maior consumo de combustível no valor de 2.647,93 €, de salientar que foi a VMCI que mais custos incorreu no ano transato no valor de 1.359,39 € o que nos permite comprovar a primeira hipótese e assim responder à primeira pergunta de partida **“Quais os veículos da Base Aérea n.º6 passíveis de conversão em veículos elétricos?”** .

De forma a testar a segunda hipótese **“A conversão das viaturas diesel em elétricas é financeiramente vantajosa”**, relacionaram-se os custos de sustentação e de conversão do VEP, com os custos de sustentação da mesma viatura mas com motorização diesel (Anexo B) e calculou-se ao fim de quanto tempo essa conversão estaria amortizada.

A tabela 15 apresenta os equipamentos necessários à conversão e preço associado a cada uma deles.

Tabela 15 - Custo com equipamento para a conversão em VE

Componente	Custo
Motor	1500 €*
Baterias c/ carregador	7.387,59 €*
Controlador	1500 €*
Bomba vácuo para servo-freio	333,80 €*
Contactores , reles e outros equipamentos	400 €
Motor para direção assistida	350 €*
Total	11.471,39 €

*Valor fornecido por Hélder Febra (representante da empresa Futi - Indústria de Veículos Automóveis, Lda).

Para melhor se entender que custos são estes separou-se em custos fixos, constantes e que não se alteram fruto da inatividade do veículo, como é o caso do preço de aquisição, conversão e da sua desvalorização de acordo com a tabela do CIBE, e em custos de sustentação que são resultado da maior ou menor atividade do veículo, como o é o consumo de combustível/energia e a manutenção.

(a) Custos fixos

Tabela 16 - Custos de aquisição da VMCI e transformação em VE

Veículo	Preço Aquisição (€)	Preço Conversão (€)	Preço Baterias (€)
Toyota Hilux	14.770,48 €	-----	Veiculo diesel
Toyota Hiace Convertida	-----	11.471,39 €	7387,59 €

Tabela 17 - Despesas anuais Fixas

Veículo	Amortização anual (€)	Seguros	Imposto de circulação	Encargo anual com baterias (€)	Total
Toyota hilux	1.846,31 €	Isento	Isento	N/A	1.846,31 €
Toyota hilux VE	2.070,29 €	Isento	Isento	1.477,52 €	3.547,81 €

(b) Custos de sustentação

Estes custos estão relacionados com a maior ou menor intensidade de utilização dos veículos e proporcionais às distâncias por eles percorridas, considerando-se para esse efeito as despesas suportadas com a manutenção, com o consumo de combustível/energia, com seguros e imposto de circulação.

Tabela 18 - Custos de manutenção

Veículo	Custos de Manutenção (€/km)
Toyota hilux	0,07
Toyota hilux VE	0,04

Os VEH e os VEHP requerem de uma forma geral dos mesmos custos de manutenção que um VMCI. Ao que os VEP têm menos custos de manutenção que os VEH e os VEHP, isto porque, o sistema elétrico (bateria, motor e electrónica associada) vai exigir um mínimo de manutenção programada. Devido aos efeitos de travagem regenerativa, sistemas de travagem sobre estes veículos geralmente

duram mais do que aqueles em veículos convencionais. (Department of Energy, U.S, 2013)

A manutenção dos VEP em termos de componentes mecânicos é menos complexa quando comparada com os VMCI, tornando-os mais vantajosos, porque:

- As baterias, motor e componentes elétricos associados exigem pouca ou nenhuma manutenção regular ;
- Há menos fluidos para a mudança;
- Desgaste de travagem é significativamente reduzido, devido à travagem regenerativa;
- Há muito menos partes móveis, em relação a um motor a gasolina convencional. (Ibidem)

Em termos de percentagem a comparação entre os VEP e os VMCI de acordo com o Engenheiro Madeira Pires “*poderemos considerar que os custos da manutenção dos VEP seja aproximadamente 50% dos custos da manutenção das viaturas a gasóleo*”.

De forma a obter os custos relativos à manutenção das VMCI, relacionaram-se os custos médios de manutenção e dos quilómetros médios percorridos pela mesma durante o ano de 2012, como verificado na tabela 18.

Para o cálculo do preço do combustível, utilizou-se o preço médio anual do gasóleo fornecido à FAP, durante o ano de 2012 e de igual modo o preço anual médio da energia elétrica de baixa tensão, fornecida à BA6.

Tabela 19 – Despesas com Combustível

Veículo	Consumo (100 km)	Preço Combustível	Custo (€/km)
Toyota hilux	9,52 l	1,3988€/l	0,14 €
Toyota hilux VE	19,2 kW	0,1300 kW/h	0,02 €

Obtidos os valores dos custos relativos ao combustível/energia e com a manutenção, obtiveram-se os custos de sustentação.

Tabela 20 - Custos de sustentação por veículo

Veículo	Custos de manutenção (€/km)	Custo Combustível (€/km)	Total de custos sustentação (€/km)
Toyota hilux	0,07 €	0,14 €	0,21 €
Toyota hilux VE	0,04 €	0,02 €	0,06 €

Na presença de todos os indicadores como os custos de aquisição, de sustentação, encargos anuais com as baterias e amortizações anuais, reuniram-se todos os dados necessários para se obterem os custos totais anuais das viaturas, como verificado na Tabela 21.

Tabela 21 - Custos Totais Anuais (Fixos e Sustentação)

Veículo	Custos de aquisição (€) (1)	Custos de sustentação (€) (2)	Encargo anual com baterias (€) (4)	*Amortização anual (€) (5)	Total de custos (€) (6) = (2)+(4)+(5)
Toyota hilux	11.471 €	0,21 €	-----	1.434 €	12.905,52 €
Toyota hilux VE	20.703 €	0,06 €	1477,52 €	2.070 €	24.250,81 €

*A taxa de amortização anual é de 12,5% para os automóveis a gasóleo e de 10% para os Veículos elétricos, de acordo com o Cadastro do Inventário dos Bens do Estado (CIBE).** Valor atual da viatura Toyota Hylux

Apesar do investimento inicial elevado na conversão do VEP, constata-se que este se apresenta vantajoso desde que o veículo percorra mais de 25 quilómetros diários, de acordo com o gráfico 2.

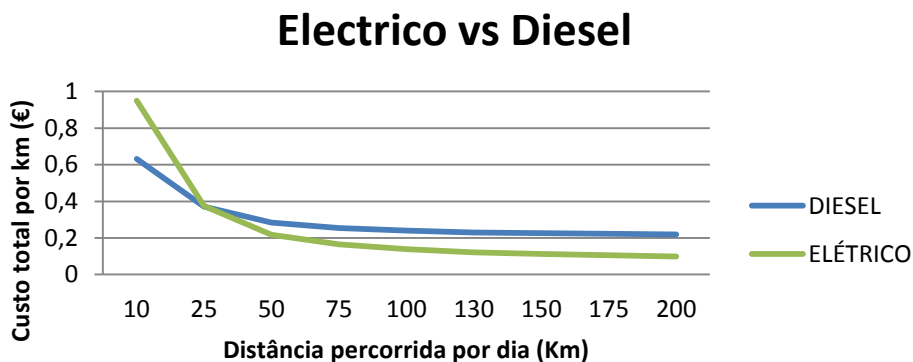


Gráfico 2. – Custos por quilómetros em viaturas elétrica e a gasóleo

Este facto constata-se através da análise de diferentes fatores, nomeadamente o custo de manutenção anual (Tabela 18), o custo por quilómetro, (Tabela 19), o valor comercial atual, que no VMCI é de 11.471€ e no VEP é de 20.703€ (este é o valor comercial do veículo mais o valor da sua transformação) e os quilómetros diários percorridos em 22 dias úteis de operação num mês, considerando-se 10 anos de vida de serviço de cada um dos veículos, como apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 – Total de quilómetros percorridos em 10 anos

Km diários	10	25	50	75	100	130	150
Dias de operação/mês	22	22	22	22	22	22	22
vida de serviço (anos)	10	10	10	10	10	10	10
Total Km vida serviço (km)	26400	66000	132000	198000	264000	343200	396000

Na tabela anterior, é possível observar o número total de quilómetros realizados ao fim de dez anos, tendo como variável principal o número de quilómetros realizados diariamente. No caso de ambas as viaturas percorrerem diariamente 10 quilómetros, estamos assim perante um cenário de um total de quilómetros de vida de serviço de 26400 quilómetros acarretando assim um custo total de 0,63€/km para o VMCI e 0,95€/km para o VEP, como verificado na Tabela 23. No entanto verifica-se que quanto maior for o número de quilómetros percorridos diariamente menor será a diferença no valor do custo por quilómetro, como demonstrado no gráfico 2.

Tabela 23 – Custo total por quilómetros percorrendo 10 quilómetros diários

Veículo	Custos de manutenção (€/km)(1)	Custo Combustível (€/km)(2)	Custos de aquisição (€)(3)	Total Km vida serviço para 10 Km diários (km)(4)	Total de custos (€/km) $((3)+((1)*(4))+((1)*(2)))/(4)$
Toyota hilux	0,07 €	0,13 €	11.471,39 €	26400 Km	0,63 €/km
Toyota hilux VEP	0,04 €	0,02 €	20.702,94 €	26400 Km	0,95 €/km

Foi realizado o mesmo processo para diversas distâncias diárias percorridas (Tabela 22). Como os quilómetros mínimos diários da viatura a converter serão de 75 quilómetros, claramente o investimento torna-se vantajoso a partir dos 25 quilómetros diários, como verificado no gráfico 2.

Quanto maior o percurso efetuado pelo VEP, mais viável este se torna. Para se obter esta curva foram considerados os custos de manutenção, custo de combustível por quilómetro, custos de aquisição e custo de conversão da viatura. Relativamente ao custo de aquisição da VMCI, como se trata de uma VMCI com 3 anos e de acordo com a tabela de amortização definida no CIBE, presentemente o seu valor é de 11.471 €, considerado para efeito no estudo.

De modo a verificar-se ao final de quanto tempo este investimento se encontrará amortizado/rentável (Anexo C), realizou-se uma comparação entre o VMCI e o VEP como demonstrado no gráfico 3.

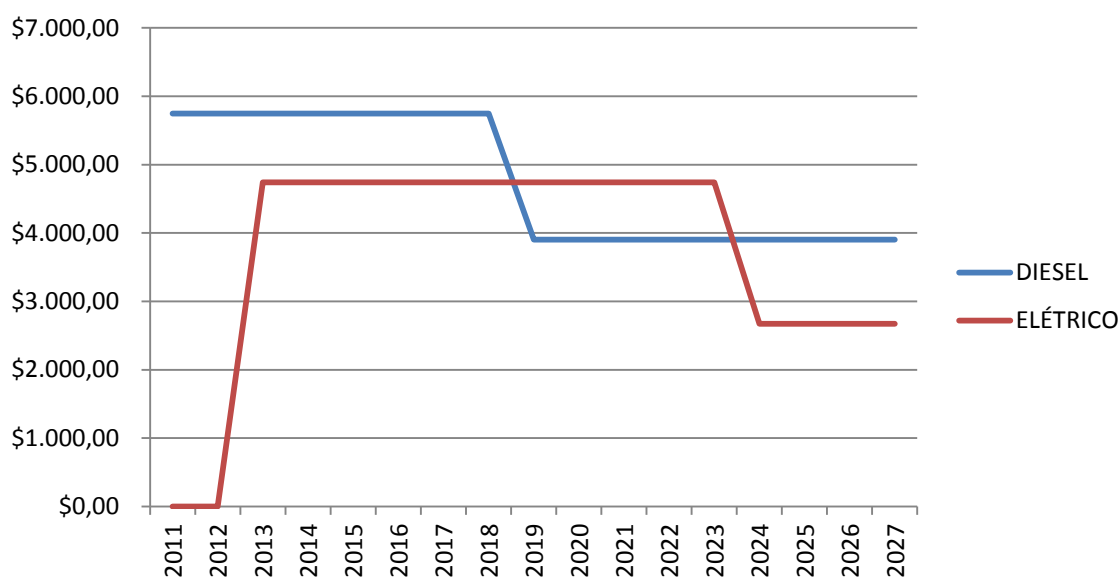


Gráfico 3. – Amortização após o investimento no VEP comparado com o VMCI

A informação descrita no gráfico 3, tem em conta os encargos anuais de cada veículo, a sua amortização considerando uma distância de 75 quilómetros diários em 22 dias úteis de trabalho durante 1 ano, acrescidos dos custos de sustentação anuais.

O facto do VMCI inicialmente apresentar um custo anual total superior ao VEP, resulta dos custos de manutenção que são 50% superiores ao custo por quilómetro do VEP que é cerca de 80% superior ao do VEP. Ao fim de 5 anos após a conversão (2018), o VMCI apresenta-se mais rentável face ao seu homólogo elétrico, isto porque o veículo diesel já se encontra totalmente amortizado, não tendo qualquer valor comercial, o que não se verifica no veículo elétrico que ainda se encontra a amortizar, ficando apenas a contabilizar o valor com os custos de sustentação dos mesmos. Em 2024 verifica-se de

novo uma inversão, onde o veículo elétrico volta a ser mais rentável face ao diesel, isto porque o veículo elétrico já se encontra totalmente amortizado, ficando apenas para estudo entre as duas motorizações os custos de sustentação.

Deste modo, testada a segunda hipótese, confirma-se que, **“A conversão das viaturas diesel em elétricas é financeiramente vantajosa”**, pelo que estamos em condições de responder à segunda pergunta derivada **“Serão os custos associados à transformação economicamente vantajosos?”**

Tendo-se respondido afirmativamente às perguntas derivadas estão reunidas as condições necessárias para se responder finalmente à pergunta de partida. ***“Em que medida é economicamente vantajosa a conversão de veículos diesel em veículos elétricos na Base Aérea n.º6?”***

Deste modo, poder-se-á afirmar que é economicamente vantajosa a conversão tendo em conta que:

- O elevado investimento inicial, poderá ser uma condicionante, mas tendo em conta apenas os custos de sustentação e amortização anual do veículo esta conversão tornar-se-á mais rentável face à manutenção do VMCI;
- No que concerne aos gastos de energia, os VEP são os mais eficientes, pois realizando a conversão da viatura selecionada, esta irá ter um custo de apenas 2 € em 100 quilómetros realizados;
- A manutenção dos VEP em termos de componentes mecânicos é menos complexa quando comparada com os VMCI, tornando-os mais vantajosos, porque:
 - As baterias, motor e componentes elétricos associados exigem pouca ou nenhuma manutenção regular ;
 - Há menos fluidos para a mudança;
 - Desgaste de travagem é significativamente reduzido, devido à travagem regenerativa;
 - Há muito menos partes móveis, em relação a um motor a gasolina convencional. (Ibidem)

Em termos de percentagem a comparação entre os VEP e os VMCI de acordo com o Engenheiro Madeira Pires *“podemos considerar que os custos da*

manutenção dos VEP seja aproximadamente 50% dos custos da manutenção das viaturas a gasóleo”.

- Verificou-se que realizando apenas 25 quilómetros diários, o VEP apresenta custos por quilómetro mais baixos do que o seu homólogo a gasóleo.
- O facto de se proceder à conversão de um veículo com 3 anos a amortização para os VEP apresenta-se benéfica, com uma desvalorização anual de apenas 10%, em contraste com as VMCI que são de 12,5%, de acordo com a portaria CIBE

Conclusões

O presente trabalho debruçou-se sobre a viabilidade da conversão de VMCI em VEP na frota da Base Aérea n.º6, no Montijo, de modo a que toda a atividade por eles realizada não fosse comprometida.

Para a realização do pretendido, efetuou-se uma pesquisa no mercado nacional e internacional, de equipamentos através do recurso às páginas electrónicas, que permitissem que a conversão fosse bem sucedida.

Verificou-se que a nível nacional, existe uma parca oferta, sendo esta ainda muito dispendiosa.

Analisaram-se ainda se os recursos financeiros empregues, no que concerne à sustentação se seriam vantajosos em comparação com os das atuais viaturas em circulação na Base Aérea n.º6.

Neste sentido, esta investigação, teve como objetivo responder à seguinte pergunta de partida:

“Em que medida é economicamente vantajosa a conversão de viaturas diesel em viatura elétricas na Base Aérea n.º6”

Objetivando uma melhor análise à problemática em causa, esta foi subdividida em duas outras questões seguintes:

P1 – “Quais as viaturas da Base Aérea n.º6 passíveis dessa conversão em veículos elétricos?”

P2 – “Serão os custos associados à transformação economicamente vantajosos?”

Para compreender esta realidade utilizou-se um modelo de análise construído através da operacionalização e articulação dos conceitos veículos diesel, veículos elétricos, requisitos operacionais e custos racionáveis e da formulação das seguintes hipóteses:

H1 – “Existem na Base Aérea n.º6 viaturas passíveis de conversão sem que ponham em causa a autonomia”.

H2 – “A conversão das viaturas diesel em elétricas é financeiramente vantajosa”.

A investigação efetuada no sentido de validar as hipóteses, baseou-se na consulta da legislação a promover o veículo elétrico, em alguns trabalhos académicos, na análise dos dados de manutenção das viaturas da BA6 durante o ano de 2012 e em entrevistas realizadas a entidades militares e civis que, pelas suas funções ou conhecimentos, se consideraram pertinentes. Na FAP, foram realizadas entrevistas ao CEMB da BA6.

Foram, igualmente, contactados os representantes das principais marcas de automóveis “pioneiras” na introdução de VEP no mercado Português, que através dos seus colaboradores, nomeadamente, Bruno Galante da Toyota Caetano Portugal, Engenheiro Madeira Pires da Citroen Portugal, prestaram os esclarecimentos possíveis para a consecução deste trabalho.

No primeiro capítulo, realizou-se um enquadramento histórico do automóvel, desde o seu aparecimento até à massificação, o aparecimento do veículo elétrico e o seu abandono e que motivos estiveram por de trás dessa ação. Foram referidos os problemas de sustentabilidade ligados à mobilidade nos grandes centros populacionais, as suas desvantagens, bem como o elevado aumento dos preços dos produtos petrolíferos e os problemas económicos que surgem desses aumentos para uma país como Portugal que se encontra totalmente dependente da importação de combustíveis fósseis.

No segundo capítulo, deu-se a conhecer os diversos tipos de baterias de tração existentes no mercado, as vantagens e desvantagens de cada uma delas e a evolução do seu custo, a evolução destas e o esforço das grandes marcas na procura de uma bateria mais leve, com maior capacidade permitindo uma maior autonomia.

No terceiro capítulo, foram abordados os diversos tipos de veículos elétricos e derivados existentes no mercado, a sua constituição, funcionamento e a perspetiva dos grandes vendedores nacionais na evolução destes para o futuro e verificaram-se algumas previsões de crescimento do tipo de tecnologia automóvel para as próximas décadas.

O quarto capítulo indicou-se e caracterizou-se os principais componentes necessários para o processo de conversão que irão ser adquiridos no mercado.

No quinto capítulo abordou-se o processo de conversão, nomeadamente quais os requisitos necessários para que veículo a converter seja homologado por entidades certificadoras e as fases necessárias para se proceder à uma conversão de um veículo diesel em elétrico.

Finalmente, no sexto capítulo, foi efetuada a análise da informação recolhida ao longo da investigação. Caracterizou-se a forma de como se procederia a esta análise, iniciando-se com a identificação da viatura (VMCI) da Base Aérea nº6 passível de conversão, tendo como base, os dados de sustentação desta frota, recolhidos durante o ano 2012, esta escolha recaiu sobre este ano por se tratar de um ano com extremas restrições e por ser o último ano completo com dados disponíveis, complementados com

entrevistas ao Comandante da Esquadra de Manutenção Base (CMDT EMB). Toda a informação foi analisada e comparada, sempre com o foco de responder às hipóteses formuladas, com o intuito de analisar a viabilidade económica da conversão da viatura em elétrico na Base Aérea n.º6.

Após a identificação da viatura a converter e da seleção dos componentes necessários, procedeu-se à análise económica e financeira da conversão de veículos diesel em elétricos, procurando a existência de vantagens dessa conversão ao nível económico, comparando o investimento inicial da conversão e dos seus custos de sustentação, com os custos associados ao manter a viatura com motorização diesel.

Para tal, procedeu-se inicialmente à fundamentação dos requisitos para a conversão, nomeadamente potencia do motor, capacidade das baterias de forma que ao se proceder à conversão da VMCI em VEP, os requisitos operacionais, definidos pela Base Aérea n.º6, não ficassem comprometidos, através dos dados fornecidos pelo concessionário Citroen na pessoa do Engenheiro João Madeira Pires e pelo CMDT EMB desta Unidade

Com a quantificação dos indicadores, foram calculados os custos associados à conversão, através dos custos fixos e os custos de sustentação, contabilizando-se exclusivamente os custos financeiros. Seguidamente efetuou-se uma análise comparativa entre as duas alternativas, através da visualização de gráficos com os custos a que cada uma das viaturas em estudos estão sujeitas por quilómetro percorrido, a amortização destas por ano.

Testadas as hipóteses, foi possível responder à questão central e retirar algumas conclusões pertinentes para a Base Aérea n.º6 e possivelmente para a FAP.

Assim, concluindo que, mesmo tratando-se da conversão de uma viatura com 3 anos, ***é economicamente vantajosa a conversão de viaturas diesel em viatura elétricas na Base Aérea n.º6***, na medida que:

- Os custos de manutenção e de energia dos VEP são mais vantajosos do que os VMCI, o que beneficiam todo o processo.
- O custo associado à conversão acaba por ser um valor elevado, mas torna-se compensador pois os custos de sustentação são muito mais baixos.
- Como o preço dos combustíveis continua a subir mês após mês, acaba por ser vantajoso a mudança de combustível a utilizar.

- As baterias são ainda a grande fatia do investimento, contribuindo com cerca de 70%.

Das conclusões retiradas deste trabalho, são propostas as seguintes recomendações:

1. Ao CLAFADA/DMSA
 - a. Que perante mais uma redução do parque de viaturas da FAP, em particular a DMSA/6ª REP, possa investir gradualmente na conversão de veículos diesel em elétricos, tendo em vista a redução dos custos e a proteção ambiental.
 - b. Caso a conversão de veículos elétricos seja considerada inapropriada face à idade da frota, que sejam encontradas alternativas a estas, mais amigas do ambiente.
2. AO CIFFA/DINST
 - a. Que os cursos de Mecânicos de Material Terrestre (MMT), sejam atualizados/restruturados, com este tipo de novas tecnologias.
3. Ao CLAFADA/DI:
 - a. Caso a tecnologia em estudo seja implementada na Força Área, que sejam criados postos de carregamento específicos para os veículos, dentro da Unidade.

Com a constante evolução desta tecnologia, certamente esta irá produzir efeitos muito positivos no combate às alterações climáticas e dependência crónica do petróleo. Embora o custo de aquisição de veículos elétricos seja ainda muito elevado, originando uma baixa procura no nosso país em comparação com um veículo movido a combustível fóssil muito por causa do valor das baterias a empregar nestes, aguarda-se com elevada expectativa que com a evolução destes, o seu preço de mercado diminua contribuindo deste modo para a proliferação dos mesmos, acabando por gradualmente substituírem os atuais veículos de combustão interna.

"A visão do governo sobre a economia, pode ser resumida a poucas e curtas frases: Se ela se movimentar, taxe-a; Se ela se continuar a movimentar, regule-a; Se ela parar de se mover, subsidie-a."

Ronald Reagan

Bibliografia

Livros

- QUIVY, Raymond, CAMPENHOUDT, Luc Van (2003). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. 3ª Ed., Lisboa: Gradiva - Publicações, Lda.
- Brown, Michael P.;ShariPrange, (1993). *Convert it, A Step-By-Step ManualFor Converting An Internal Combustion Vehicle To Electric Power*, Future Books.
- Leitman, Seth e Brant, Bob,(2009). *Build your own electric vehicle*. s.l. :McgrawHill, 2009. SecondEdition.
- LINDEN, D. e Reddy, T.B (2002). *Handbook of Batteries (3rd Edition)*. s.l. : McGraw-Hill, 2002.
- João C. P. Palma, *Acionamentos Eletromecânicos*, Serviço de Educação da Fundação Calouste Gulbenkian, 1ª Edição, 1999

Publicações Militares

- RFA 422-1 - *Regulamento da Utilização, Condução e Trânsito das Viaturas da Força Aérea*.(Portaria nº 53/77 do Conselho da Revolução) 4ªDIV do EMFA.

Monografias electrónicas

- FAIAS, Sérgio Miguel Redondo. Otimização de Sistemas de Propulsão de Veículos para Frotas. [Em linha]. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Mecânica, 2006. [referência de 20 de outubro de 2012]. Disponível na Internet em: http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/sfaias/Doc/Optimizacao_de_Sistemas de Propulsãode_Veículos_para_Frotas.pdf
- MENDONÇA, Paulo Filipe Ferreira.Conceção e Requisitos de Um Sistema de Recarregamento de um Veículo Elétrico. [Em linha]. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, 2008 [referência de 28 de outubro de 2012]. Disponível na Internet em: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/180151/1/Dissertacao%20de%20mestrado.pdf>
- PACCA, Sérgio. Veículos Elétricos: Uma Esperança Renovada. [Em linha]. Curso de Gestão Ambiental, 2008 [referência de 20 de outubro de 2012]. Disponível na

Internet em: [http://146.164.33.61/termo/Motores/Trabalho%20motores/VE Uma Esperança Renovada. Pdf](http://146.164.33.61/termo/Motores/Trabalho%20motores/VE%20Uma%20Esperanca%20Renovada.Pdf)

Páginas da internet

- Associação Portuguesa para a Mobilidade Elétrica. Programa para a mobilidade elétrica em Portugal. [Em linha]. [referência de 22 de novembro de 2010]. Disponível na internet em: <http://www.apve.pt/content01.asp?treeID=01&categoriaID=undefined&newsID=672>
- AUTOPORTAL. (2010) Audi A2 bate record mundial de autonomia para carros elétricos. [Em linha]. [referência de 22 de dezembro de 2010]. Disponível na internet em: <http://www.autoportal.iol.pt/noticias/geral/audi-a2-bate-recorde-mundial-de-autonomia-para-carros-electricos#comentarios>.
- AUTOPORTAL. (2011). Mazda desenvolve novo sistema de travagem regenerativa. AutOportal. [Em linha]. [referência de 26 de novembro de 2011]. Disponível na internet em: <http://www.autoportal.iol.pt/noticias/geral/mazda-desenvolve-sistema-inovador-de-travagem-regenerativa>.
- CHAMBEL, Silva. (2008) Ideias Ambientais -Veículos elétricos. [Em linha]. [referência de 20 de dezembro de 2010]. Disponível na internet em: <http://www.ideiasambientais.com.pt/artigos/veiculoselectricos.pdf>
- DEMIRDOVEN, N. Deutch. (2004) J.Science. Hybrid cars now, fuel cell cars later. [Em linha]. [referência de 20 de dezembro de 2010]. Disponível na internet em: <http://www.sciencemag.org/content/305/5686/974.abstract>
- ELÉCTRICOSpt, Veículos. (2010a). História dos Veículos Elétricos. [Em linha]. [referência de 22 de outubro de 2012]. Disponível na internet em: <http://www.veiculoselectricospt.com/historia-dos-veiculos-electricos/>
- ELÉCTRICOSpt, Veículos. (2012b). Baterias com 800km de autonomia. [Em linha]. [referência de 30 de outubro de 2012]. Disponível na internet em: <http://www.veiculoselectricospt.com/baterias-com800km-de-autonomia/>
- ELÉCTRICOSpt, Veículos. (2012c) Baterias para elétricos muito mais potentes! [Em linha]. [referência de 19 de novembro de 2010]. Disponível na internet em:

- <http://www.veiculoselectricospt.com/baterias-para-electricos-muito-mais-potentes/>
- ELÉTRICOSpt, Veículos. (2010d). Futuro dos carros elétricos depende do preço do petróleo. Carlos Ghosn. Presidente da Renault - Nissan em entrevista.[Em linha]. [referência de 16 de novembro de 2012].Disponível na internet em: <http://www.veiculoselectricospt.com/futuro-dos-carros-electricos-depende-do-preco-do-petroleo/>
 - ELÉTRICOSPT, VEÍCULOS. (2013e). A evolução das baterias. [Em linha]. [referencia 20 Outubro 2013]. Disponível na internet em: <http://www.veiculoselectricospt.com/evolucao-das-baterias/>
 - ELÉTRICOSPT, VEÍCULOS. (2013f). Nova bateria de íões de lítio pode durar mais de 25 anos. [Em linha]. [referencia 20 Outubro 2013]. Disponível na internet em: <http://www.veiculoselectricospt.com/nova-bateria-de-ioes-de-litio-pode-durar-mais-de-25-anos/>
 - LAMPTON, Christopher, (2010).HowStuffWorks.Como funcionam as baterias dos carros elétricos.[Em linha]. [referência de 20 de dezembro de 2012]. Disponível na internet em: <http://carros.hsw.uol.com.br/bateria-carro-eletrico1.htm>
 - OUTLOOK, World Energy. (2010). Sales of plug-in hybrid electric vehicles in the 450 Scenario.[Em linha]. [referência de 31 de dezembro de 2012].Disponível em: http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_london_nov9.pdf
 - SÁ, Pinto de. (2010). *Opinião*. Porque não haverá tão cedo automóveis elétricos mas sim híbridos. A Ciência não é Neutra, Edição eletrónica. [Em linha]. [referência de 29 de dezembro de 2012]. Disponível na internet em: <http://a-ciencia-nao-e-neutra.blogspot.com/>
 - TECNOLÓGICA,Inovação. (2010). Menor Bateria Recarregável do Mundo. [Em linha]. [referência de 21 de dezembro de 2012]. Disponível na internet em:http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo = menor_bateria_recarregavel_mundo&id = 010115101220
 - FERNANDES, Hélder Filipe Matos. 2007. Veiculos Electricos. [Em linha].[referência 22 dezembro 2012] Disponível na internet

em:http://www.ave.dee.isep.ipp.pt/~mf/act_lect/SIAUT/Trabalhos%202007-08/trabalhos/SIAUT_Electricos_2.pdf

- SOUSA, Duarte Mesquita. 2012. Veículo Elétrico. Instituto Superior Técnico Universidade Técnica de Lisboa : s.n., 2012. [referência de 10 de dezembro de 2012]
- WIPKE, K., Cuddy, M. e Burch, S. 1999. ADVISOR 2.1: A User Friendly Advanced Powertrain Simulation Using a Combined Backward/Forward Approach. s.l. : IEEE Transactions on Vehicular Technology , 1999. 48, 1751-1761..
- Lopes, Hugo Alexandre Diegues, 2010 Implementação de um sistema elétrico de comunicação para veículos elétricos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto [referência de 29 de novembro de 2012]
- Faias, Sérgio Miguel Redondo, 2006. Otimização de Sistemas de Propulsão de Veículos para Frotas. Universidade Técnica De Lisboa Instituto Superior Técnico [referência de 29 de dezembro de 2012]
- HOJE, AUTO. (2013a). Toyota confirma carros Fuel Cell para 2015. [Em linha]. [referencia 22 Outubro 2013]. Disponível na internet em: <http://www.autohoje.com/index.php/noticias/noticias/item/80627-carro-a-hidrogenio-toyota-em-2015>
- HOJE, AUTO. (2013b). BMW quer célula de combustível num carro elétrico. [Em linha]. [referencia 22 Outubro 2013]. Disponível na internet em: <http://www.autohoje.com/index.php/noticias/noticias/item/100168-bmw-quer-celula-de-combustivel-num-carro-eletrico>
- HOJE, AUTO. (2013c). Salvador Caetano e Siemens apresentam primeiro autocarro de aeroporto 100% elétrico. [Em linha]. [referencia 22 Outubro 2013]. Disponível na internet em: <http://www.autohoje.com/index.php/noticias/noticias/item/100766-salvador-caetano-e-siemens-apresentam-primeiro-autocarro-de-aeroporto-100-eletrico>
- HOJE, AUTO. (2013d). GM trabalha em elétricos com mais autonomia. [Em linha]. [referencia 22 Outubro 2013]. Disponível na internet em:

<http://www.autohoje.com/index.php/noticias/noticias/item/99053-gm-trabalha-em-eletricos-com-mais-autonomia>

- HOJE, AUTO. (2012e). Novo tipo de baterias em estudo. [Em linha]. [referencia 22 Outubro 2013]. Disponível na internet em: <http://www.autohoje.com/index.php/noticias/noticias/item/80414-novo-tipo-de-baterias-em-estudo>
- HOJE, AUTO. (2012f). Bateria de iões de lítio mais eficaz. [Em linha]. [referencia 22 Outubro 2013]. Disponível na internet em: <http://www.autohoje.com/index.php/noticias/noticias/item/80870-bateria-de-ioes-de-litio-mais-eficaz>
- HOJE, AUTO. (2012g). Volvo anuncia carregamento em 1h30 [Em linha]. [referencia 22 Outubro 2013]. Disponível na internet em: <http://www.autohoje.com/index.php/noticias/noticias/item/80957-volvo-anuncia-carregamento-em-1h30>
- U.S Department of energy (2013). Alternative Fuels data center. [Em linha]. [referencia 22 Outubro 2013]. Disponível na internet em: http://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_maintenance.html

Entrevistas






(Por ordem cronológica)





- Tópico de entrevista presencial com o Sr. Major José Figueiredo, Comandante da Esquadra de Manutenção Base da Base Aérea n.º6 do Montijo, realizada, em 14SET2012.
- Tópico de entrevista com o Sr. Bruno Galante, Empresa Salvador Caetano, Representante da marca Japonesa “Toyota” em Portugal, respondida através de *mail*, em 21MAR2013
- Tópico de entrevista presencial com o Engenheiro João Bernardo Madeira Pires, da Direção de Marketing da Citroen Portugal, realizada, em 27MAR2013.

Contactos por e-mail

- GALANTE, Bruno. Responsável pela Comunicação Institucional do Dep.¹⁰ Comunicação e Marketing da Toyota Caetano Portugal. Contactado, em 21MAR2013.
- Pires, João Bernardo Madeira. Responsável pela Direção Marketing do Mercado, Produto e preço da Citroen Portugal. Contacto, em 26MAR2013
- Oliveira, Ricardo. Diretor de Comunicação e Imagem da Renault Portugal. Contacto, em 04MAI2013

Anexo A – Alguns dos Veículos Elétricos e Híbridos no mercado

Exemplos de Veículos Electricos no mercado		
Modelo (Híbridos)	Motor	Baterias
	Motor síncrono IP 60 kW – 207 N.m (0-13.000 r.p.m)	NiMH 200 V (27kW)
	Brushless Motor CC IP 10 kW – 78 N.m	NiMH 100 V (5,75 Ah)
	111 Kw – 370 N.m	Li-Ion 370 V (16kWh)
	150 kW	Li-Ion 300 V (40Ah)
Modelo (Electrico)	Motor	Baterias
	Motor Síncrono IP 47 kW – 180 N.m (0 – 8500 r.p.m)	Li-Ion 330 V (50 Ah)
	70 kW	Li-Ion 400 V (90 kW)
	150 kW – 220 N.m	Li-Ion
	30 kW	Li-Ion
	Motor de indução 185 kW (375 V) – 375 N.m (0 – 4500 r.p.m)	Li-Ion

 	REVA 	Motor de indução 14,5 kW 52 N.m (8000r.p.m)	Pb-Ácido Li-Ion
	Think- City	30 kW – 100 N.m (0 – 2690 r.p.m)	

Anexo B - Custos associados ao veículo diesel e ao veículo elétrico

GASÓLEO

Matricula	Mod/Tipo	Ano	Custos Aquisição (€)	Km Anuais	Km medios diários	Consumo anual Total em 2012 Lt	Despesa combustivel (anual)	Custo gasoleo por km	Despesa anual com manutenção	Custo manutenção por km	CUSTO TOTAL por km
AM-94-15	Toyota Hilux	2010	14.770,48 €	19103	72	1.893	2.647,93 €	0,14 €	1.359,39 €	0,07 €	0,21 €

Foram considerados 22 dias de trabalho mensais

km médios diários = km totais anuais/12 meses x 22 dias

Preço médio do litro de gasóleo em 2012 = 1,3988

DIAS DE TRABALHO

264

ELÉTRICO
ELÉTRICO

Matricula	Mod/Tipo	Ano	Custos Aquisição (€)	Km Anuais	Km medios diários	Consumo ANUAL EM ENERGIA (KWH)	Despesa COM ENERGIA (anual)	Custo ENERGIA por km	Despesa anual com manutenção	Custo manutenção por km	CUSTO TOTAL por km
AM-94-15	Toyota Hilux	2010	14.770,48 €	19103	72	3.668	476,81 €	0,02 €	679,70 €	0,04 €	0,06 €

Foram considerados 22 dias de trabalho mensais

km médios diários = km totais anuais/12 meses x 22 dias

Custo de conversão para electrico

11.471,39€

Baterias 19,2 Kw/h

7.387,59€

Autonomia 100 km

Preço do KW/h na BA6

0,13€

Anexo C – Amortização do veículo diesel e do veículo elétrico

	ANO DA MODIFICAÇÃO																	
	AQUISIÇÃO																	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
DIESEL	14770,48€	12.924,17€	11.077,86€	9.231,55 €	7.385,24 €	5.538,93 €	3.692,62€	1.846,31€	0,00 €	0,00€	0,00€	0,00 €	0,00 €	0,00€	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
ENCARGO ANUAL	0	5.747,96 €	5.747,96 €	5.747,96 €	5.747,96 €	5.747,96 €	5.747,96€	5.747,96€	5.747,96 €	3.901,65€	3.901,65 €	3.901,65€	3.901,65 €	3.901,65€	3.901,65€	3.901,65€	3.901,65€	3.901,65 €
ELETRICO				20.702,94 €	18.632,65 €	16.562,35 €	14.492,06 €	12.421,76 €	10.351,47 €	8.281,18 €	6.210,88 €	4.140,59 €	2.070,29 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
ENCARGO ANUAL	0	0	0	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	4.741,37 €	2.671,08 €	2.671,08 €	2.671,08 €	2.671,08 €