

Voltámos à vossa presença com a décima sétima edição da nossa revista. Nesta edição, destacam-se assuntos de carácter mais científico e da maior importância, com um número de artigos publicados em língua inglesa, que esperamos que possam também contribuir para satisfazer as expectativas do elevado número de leitores que temos em países estrangeiros, e reforçar o espaço de divulgação da nossa revista por um maior número de países. Nesta edição merecem particular destaque os assuntos relacionados com as máquinas elétricas, os veículos híbridos e a mobilidade elétrica.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor

						
Máquinas e Veículos Eléctricos	Produção, Transporte e Distribuição Energia	Instalações Eléctricas	Telecomunicações	Segurança	Gestão de Energia e Eficiência Energética	Automação, Gestão Técnica e Domótica

## Índice

- 03| Editorial
- 05| PMMotorsforHighEfficiencyApplications  
CarlosEduardoG.Martins,SebastiãoLauroNau  
WEGEquipamentosElétricosS.A.
- 11| CableLayingandPulling  
ManuelBolotinha  
EngenheiroEletrótécnico-Consultor
- 15| GroundFaultProtectionMethodsforDistributionSystems  
HugoTavares <sup>1</sup>,TeresaNogueira <sup>2</sup>  
InstituteofEngineering,PolytechnicInstituteofPorto(ISEP)( <sup>1</sup>Student)  
CenterforInnovationinEngineeringandIndustrialTechnology(CIETI) <sup>2</sup>
- 21| ITED3–TILT.Oqueéecomoseensaia!  
HélderNelsonMoreiraMartins  
TelevésElectrónicaPortuguesa,S.A.
- 27| Fundamentosdadeteçãoautomáticadeincêndiosemedifícios.Parte1.  
AntónioAugustoAraújoGomes  
InstitutoSuperiordeEngenhariadoPorto
- 33| Avaliaçãoodesistemasdeterras  
FernandoJorgePita  
Engenheiroeletrotécnico-Formador
- 41| Mobilidadeelétrica  
AntónioCarvalhodeAndrade  
InstitutoSuperiordeEngenhariadoPorto
- 57| Classificaçãoodeveículoshíbridos–Evoluçãoocrescentedograudeeletrificação.  
PedroMelo  
InstitutoSuperiordeEngenhariadoPorto
- 65| StudyofLedLampsTechnologiesImpactontheUtility  
EwelinaSzwal <sup>1</sup>;JuditeFerreira,JoséTeixeiraPuga,AntónioGomes  
InstituteofEngineering,PolytechnicInstituteofPorto(ISEP)( <sup>1</sup>Student)
- 76| Autores

## FICHA TÉCNICA

DIRETOR:	JoséAntónioBelezaCarvalho,Doutor
SUBDIRETORES:	AntónioAugustoAraújoGomes,Eng.º RoqueFilipeMesquitaBrandão,Doutor SérgioFilipeCarvalhoRamos,Doutor
PROPRIEDADE:	ÁreadeMáquinaeInstalaçõesElétricas DepartamentodeEngenhariaElectrotécnica InstitutoSuperiordeEngenhariadoPorto
CONTATOS:	jbc@isep.ipp.pt ;aag@isep.ipp.pt
PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:	ISSN: 1647-5496

Estimados leitores

Voltamos à vossa presença com a décima sétima edição da nossa revista e continua a verificar-se um interesse crescente pelas nossas publicações. Nesta edição, destacamos assuntos de carácter mais científico e dá o maior número de artigos publicados em língua inglesa, que esperamos que possam também contribuir para satisfazer as expectativas do elevado número de leitores que temos em países estrangeiros, e reforçar o espaço de divulgação da nossa revista por um maior número de países. Nesta edição merecem particular destaque os assuntos relacionados com as máquinas elétricas, os veículos híbridos e a mobilidade elétrica. São também publicados importantes artigos sobre sistemas de terras e métodos de proteção de defeitos à terra em redes de distribuição de energia. Outro assunto importante e relacionado com a eficiência energética, tem haver com um artigo sobre tecnologias de iluminação baseadas em lâmpadas LED.

Os motores de ímã permanente (PM), ou ímãs permanentes, são motores adequados para quase todas as aplicações, como bombas, elevadores, compressores, ventiladores, extrusores, geradores, veículos elétricos, servoconversores, torres de arrefecimento, eletrodomésticos, etc. O artigo que se apresenta nesta edição da revista Neutro-à-Terra, da autoria de um investigador da WEG, de carácter mais científico, apresenta algumas aplicações em que a utilização de motores PM permitiram melhorias na eficiência energética na qualidade do processo em que são utilizados.

Outro importante artigo que é apresentado na revista, correspondente a um trabalho de investigação realizado no ISEP, trata de uma proteção de defeitos à terra em redes de distribuição. A opção pelo método de terra adotado no sistema tem uma influência direta sobre o desempenho global da totalidade da medição da rede, bem como sobre a magnitude da corrente de defeito à terra. Para qualquer tipo de sistemas de terra: sistemas não ligados diretamente à terra, sistemas com ligação à terra de baixa impedância e sistemas de terra ressonantes, pode-se encontrar vantagens e desvantagens. O artigo apresenta um estudo detalhado sobre o assunto.

Nas últimas décadas assistiu-se a um acentuado desenvolvimento dos veículos híbridos elétricos convencionais. A sua proliferação encontra-se hoje bem disseminada, em praticamente todas as gamas, refletindo a confiança dos consumidores. Com vista a atenuar ainda mais o uso dos combustíveis fósseis, a tendência de aumentar o nível de eletrificação nas versões híbridas mais recentes, bem como a oferta de versões puramente elétricas. No entanto, a evolução dos últimos anos, quer ao nível da aposta por parte dos fabricantes, quer ao nível do volume de vendas, parece indicar uma nova fase de proliferação destes veículos, a qual se encontra ainda nos primeiros passos. Nesta edição da revista apresenta-se dois importantes artigos técnicos que abordam a mobilidade elétrica, ao nível da classificação dos veículos híbridos, em função do nível de eletrificação do sistema de propulsão, assim como a abordagem aos veículos puramente elétricos, fazendo-se considerações acerca do impacto mundial dos veículos híbridos Plug-in puramente elétricos, nos últimos 5 anos.

Nesta edição da nossa revista, ainda se apresenta outra publicação que também é muito interessante, como um artigo que aborda os vários métodos de instalação de cabos subterrâneos, um artigo sobre o IED3, um artigo que aborda os principais fundamentos da deteção automática de incêndio em edifício e um muito interessante artigo sobre o estudo das várias tecnologias de lâmpadas LED e seu impacto na utilização.

Fazendo votos que esta edição da revista "Neutro à Terra" vá novamente ao encontro das expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, julho de 2016

José António Beleza Carvalho

### Visualização de páginas por país

---

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	17651
Estados Unidos	2471
Brasil	1229
Alemanha	362
Angola	169
Reino Unido	156
Rússia	133
França	100
Espanha	82
Andorra	80



## MOBILIDADE ELÉTRICA

## 1. Introdução

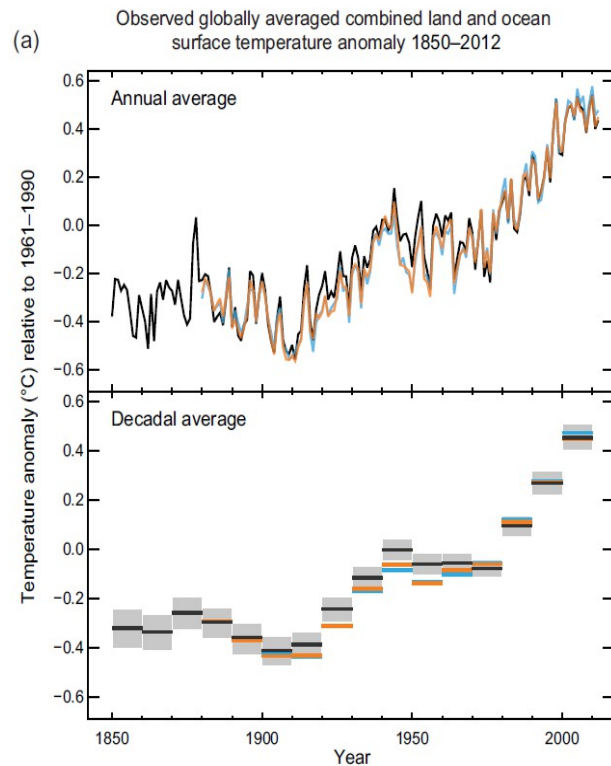
No último século, a utilização de combustíveis fósseis permitiram uma acelerada industrialização intimamente associada a consumos crescentes de energia. Mas a sua utilização não é neutra do ponto de vista ambiental, pois liberta gases de efeito de estufa (GEE), que estão a alterar o equilíbrio da nossa atmosfera que existia no período pré-industrial. Apoiado em estudos científicos cada vez mais credibilizados pela comunidade científica, o poder político está consciente das suas consequências climáticas, e por isso empenhado em mudar a matriz energética com vista a uma redução progressiva dos GEE.

## 2. Problemas ambientais

## 2.1. Aquecimento da terra

Como podemos observar na figura 2.1(a), as temperaturas médias globais registadas na terra e na superfície do mar entre os anos 1850 e 2012 tiveram uma grande variação, sendo de salientar o crescimento progressivo e acentuado nas últimas três décadas. Neste período a subida máxima foi cerca de 1°C, e se considerarmos os valores médios por década o valor é inferior a 1°C. Há cada vez mais unanimidade científica das causas que estão a provocar esta subida acentuada da temperatura da terra. Como causa para estas subidas apontados os comportamentos humanos, ou seja, a queima de grandes quantidades de combustíveis fósseis, pós 1ª revolução industrial, como consequente libertação de GEE. Os especialistas do clima consideram que a subida da temperatura da terra não deverá ultrapassar os 1,5 a 2°C, para não ser ultrapassado o limite de não retorno, pois caso seja ultrapassado entraremos num período imprevisível de mudanças climáticas. É imperioso a redução dos GEE por todos os países de uma forma

progressiva, sendo naturalmente mais importante nos mais poluidores.



(b) Observed change in surface temperature 1901–2012

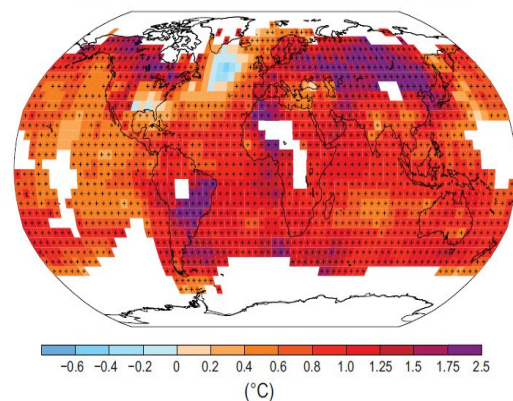


Figura 2.1. Variação das temperaturas médias globais na terra e na superfície do mar entre os anos de 1850 a 2012 (a) e variação das temperaturas à superfície da terra entre os anos de 1901 a 2012 (b)

Outraspetotambémuitopreocupanteéasubidanãouniformedatemperaturadaterra. Nosregistosdefetuosentreosanos1901a2012dasvariaçõesdatemperaturana superfície, tantonaterracomonomar, verfigura2.1(b), apontamvariações numintervalode-0,6°Ca2,5°C. As mudançasclimáticasaumentaramocaracter aleatóriodo climaedescharacterizamosperíodoscíclicosdasestações.

## 2.2. Poluição nas cidades

Atualmente, nascidadesvivemmaisde50%dapopulação mundial,comumconsumodecercade60a80%daenergia que correspondea75%daprodução dosGEE, devidoà utilização de combustíveis fosseis nos transportes, climatizaçãodashabitãçõeseproduçãodeeletricidade. Em consequênciaaqualidadedoaringênispreocupantes, pondomesmoemriscoasaúdehumanaeconstituindoum graveeeveroproblema de saúde pública. Recentemente várias cidades da China atingiram valores record, entre elas Pequim onde durante vários dias a poluição foi extremamente elevada, cercade40vezesonível máximo.



Figura 2.2. Poluição numa cidade devido ao tráfego rodoviário



Figura 2.3. Utilização de máscaras para minimizar os efeitos da poluição das cidades

Segundo a Agência Europeia do Ambiente no ano de 2012 morreram prematuramente devido à poluição do ar:

- 3,7 milhões de pessoas em todo o mundo;
- 0,5 milhões de pessoas na Europa;
- 6000 pessoas em Portugal.

## 2.3. Mudanças das políticas ambientais

A poluição do ar das cidades e suas consequências na saúde pública tem sido uma preocupação das autoridades do domínio ambiental. Recentemente, toda a legislação da União Europeia, nesta matéria, foi revista com o objetivo de incorporar os últimos progressos científicos e técnicos nesta área bem como a experiência adquirida nos Estados-Membros, tendo sido publicada a Diretiva Quadro Europeia da Qualidade do Ar (Diretiva 2008/50/CE) que fixa os objetivos e parâmetros da qualidade do ar de forma a reduzir, prevenir e evitar os seus efeitos nocivos para a saúde humana, transposta pelo DL n.º 102/2010 de 23 de setembro para a legislação nacional.

A Câmara Municipal de Lisboa criou as Zonas de Emissão Reduzida (ZER), limitando a circulação de veículos mais poluidores, de forma a cumprir o Decreto-Lei n.º 102/2010, que determina que para as zonas onde os níveis de poluentes são superiores aos valores limite, a elaboração de planos de melhoria da qualidade do ar e respetivos programas de execução, destinados a fazer cumprir esses mesmos valores.

A 1ª fase, que entrou em vigor no dia 4 de julho de 2011, ver deliberação nº 247/CM/2011, caracterizou-se pela restrição à circulação de veículos que não respeitassem as normas de emissão EURO1 (veículos construídos antes de julho de 1992), das 8 às 20 horas nos dias úteis, período no qual se concentram as deslocamentos e emissões provenientes do tráfego rodoviário, no eixo da Av. da Liberdade/Baixa (limitado ao norte pela Rua Alexandre Herculano e ao sul pela Praça do Comércio), justificadas pelas seguintes razões que se transcrevem a seguir:

“8 - Nos últimos anos, a cidade de Lisboa tem apresentado concentrações de partículas inaláveis (PM10) superiores aos valores limite estabelecidos pela legislação nacional e comunitária para proteção da saúde humana, sobretudo nas zonas de maior tráfego, situação que originou um processo de contencioso contra o Estado Português, tendo a Comissão Europeia tentado recentemente uma ação junto do Tribunal de Justiça Europeu por este incumprimento;

9- O tráfego automóvel é, no momento presente, a principal causadora da degradação da qualidade do ar na cidade de Lisboa, dado que é a principal origem de poluentes prejudiciais à saúde humana;”.

Na 2ª fase que entrou em funcionamento a 1 de abril de 2012, ver deliberação nº 105/CM/2012, alargou a área afetada à ZER que passou a compreender duas zonas (ver figura 2.4), e foram aumentadas as normas de emissão EURO ficando:

- Zona 1: apenas podem circular veículos que respeitem as normas de emissão EURO2 (veículos construídos no ano de 1996 e posteriores);
- Zona 2: apenas podem circular veículos que respeitem as normas de emissão EURO1 (veículos construídos no ano de 1992 e posteriores).

Na 3ª fase da ZER de Lisboa, em vigor desde 15 de janeiro de 2015, foi aumentada a exigência em termos ambientais, passando a ser as seguintes:



Figura 2.4. Áreas afetadas à ZER na cidade de Lisboa

- Zona 1 – apenas podem circular veículos que respeitem as normas de emissão EURO3 (veículos ligeiros fabricados depois de janeiro de 2000 e pesados depois de outubro de 2000);
- Zona 2 – apenas podem circular veículos que respeitem as normas de emissão EURO2 (em geral, veículos ligeiros fabricados depois de janeiro de 1996 e pesados depois de outubro de 1996).

Sendo o problema da qualidade do ar transversal a todas as grandes cidades mundiais, o modelo utilizado em Lisboa também já está a ser implementado noutras capitais como Madrid ou Paris, que já criaram planos para progressivamente restringir num primeira fase a circulação dos carros mais poluentes, e num segunda fase proibir a circulação dos veículos poluidores, permitindo só a circulação de veículos zero emissão (ZEV).

Numa posição recente do governo Alemão, a partir de 2030 todos os carros novos registados na Alemanha terão que ser ZEV, para que possam cumprir as suas metas de redução de poluição. O parlamento holandês recentemente aprovou por maioria uma moção para que só hajam vendas de ZEV a partir de 2025, meta que a Noruega também está a empregar em cumprir. Em Paris no ano passado, durante a última Conferência do Clima, foi constituída a Aliança Internacional dos Veículos Zero Emissão como objetivo de a partir de 2050 todos os veículos comercializados serem ZEV.

### 3. Veículos zero emissão

Os ZEVs são cruciais para criar uma solução alternativa aos veículos com motores de combustão interna (MCI), cuja evolução em termos de emissões tem evoluído mas que será impossível anular completamente, por limitações tecnológicas. São sinais dessa limitação tecnológica os recentes escândalos pela manipulação por várias marcas das emissões poluentes. A estratégia dos construtores automóveis tem sido muito diversa em relação à diminuição das emissões poluentes. Atingido um limite de evolução do MCI à volta das 100g por 100km, uma maior redução já é possível com a recuperação da energia cinética nas travagens regenerativas, evoluindo para os híbridos (ver figura 3.1). Noutra estratégia a adotada por outros construtores permitiu o desenvolvimento de modelos com emissão zero, que se dividem em: veículo elétrico com fuel cell (FCVE) e veículo elétrico (VE), como mostra a figura 3.1.

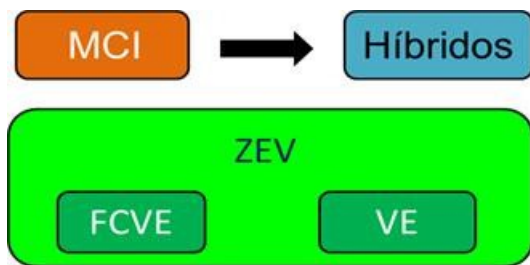


Figura 3.1. Evolução das tecnologias dos automóveis atuais

#### 3.1. Veículo elétrico com fuel cell

O FCVE é um automóvel com acionamento elétrico que utiliza a Fuel Cell para converter o hidrogénio em energia elétrica com a finalidade de carregar as baterias. Atualmente na Europa já estão a ser comercializados pela Hyundai o ix35 Fuel Cell e pela Toyota o Mirai.

##### - TOYOTA MIRAI

O Toyota Mirai (figura 3.2) tem um motor elétrico com 151 CV e uma bateria elétrica de níquel de hidreto metálicos (NiMH). O hidrogénio é armazenado num depósito com uma capacidade de 5kg que permite uma autonomia de 500km.

O tempo de recarga do veículo é de 5 minutos, criando uma situação adequada aos MCI.

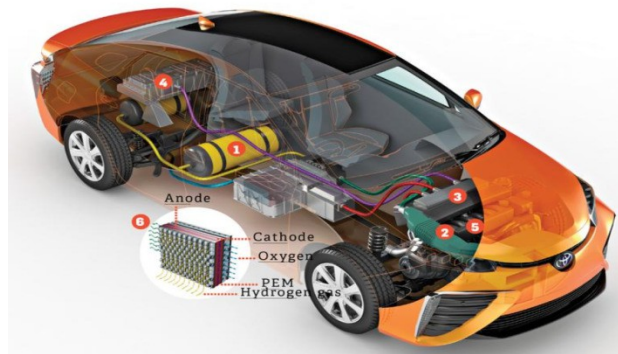


Figura 3.2. Toyota Mirai

Uma das vantagens dos FCVE face aos VE é a sua autonomia já atingir os 600km (ix35 Fuel Cell da Hyundai). Outra vantagem é a elevada fiabilidade da fuel cell, pois um carro da GM já superou os 400.000km numa fase de testes e poder utilizar o hidrogénio produzido a partir de energia elétrica gerada de excedentes de energias renováveis, situação existente atualmente em alguns países não ortodoxos da Europa.

Uma das desvantagens dos FCVE face aos VE é o seu preço, pois na primeira fase em que não são produzidos em grandes séries, são mais caros. O preço atual do hidrogénio (comercializado a cerca de 10 euros por quilograma na Alemanha e Dinamarca) é sem dúvida a maior desvantagem, ficando comparáveis aos MCI, mas com um custo por quilómetro mais elevado que os VE.

Atualmente as vendas dos FCVE face aos VE são reduzidas, mas são expressivas não ortodoxos da Europa, concretamente na Alemanha, Dinamarca e Inglaterra, onde a rede de abastecimento tem crescido e permitindo o seu abastecimento. A Dinamarca será o primeiro país do mundo a ter uma rede nacional de abastecimento de hidrogénio, permitindo a sua circulação em todo o país e ligações à Alemanha, ver figura 3.3 (esquerda). Como se pode ver na figura 3.3 (direita), na Dinamarca o hidrogénio é mais um combustível disponibilizado num posto de abastecimento da Shell, ao lado do GPL (LPG na sigla inglesa).

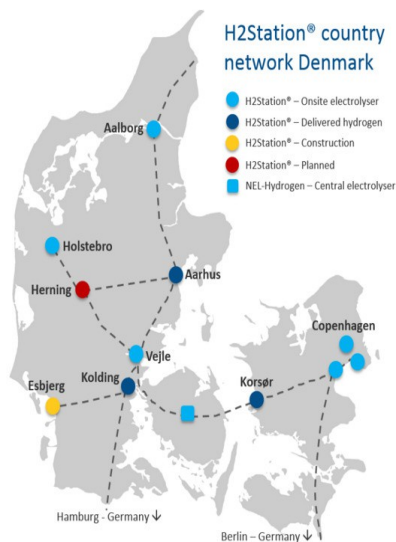


Figura 3.3. Rede de abastecimento de hidrogénio e posto de abastecimento de hidrogénio na Dinamarca

### 3.2. Veículos elétricos

O automóvel elétrico é um veículo com acionamento elétrico alimentado a partir de baterias, cuja autonomia está dependente da capacidade de armazenamento da mesma bateria.

Em 2015, em todo o mundo, foram vendidos 565.000 VE com um crescimento de 80% face ao ano anterior, mas correspondendo a 0,63% das vendas mundiais, pois no mesmo ano foram vendidas 89,7 milhões de carros novos.

Como se pode ver na figura 3.4, a China foi o país com maiores vendas em 2015, ultrapassando as 200.000 unidades

praticamente triplicando face ao ano anterior, mesmo assim corresponde a uma cotada de vendas totais muito reduzida. Por outro lado, na Noruega a cotada de vendas de VE face aos veículos convencionais já ultrapassou os 20% [IEA].

Um dos aspetos que tem sido apontado como o maior obstáculo à maior penetração dos VE é o custo das baterias, mas como se pode ver na figura 3.5, o custo das baterias tem diminuído substancialmente, enquanto que a sua densidade energética tem aumentado. As metas definidas por dois construtores (GM e Tesla) para os próximos anos, mostram a evolução que se espera para o curto prazo, e sendo no sentido de uma acentuada melhoria destes dois parâmetros.

EV sales and market share in a selection of countries and regions, 2015

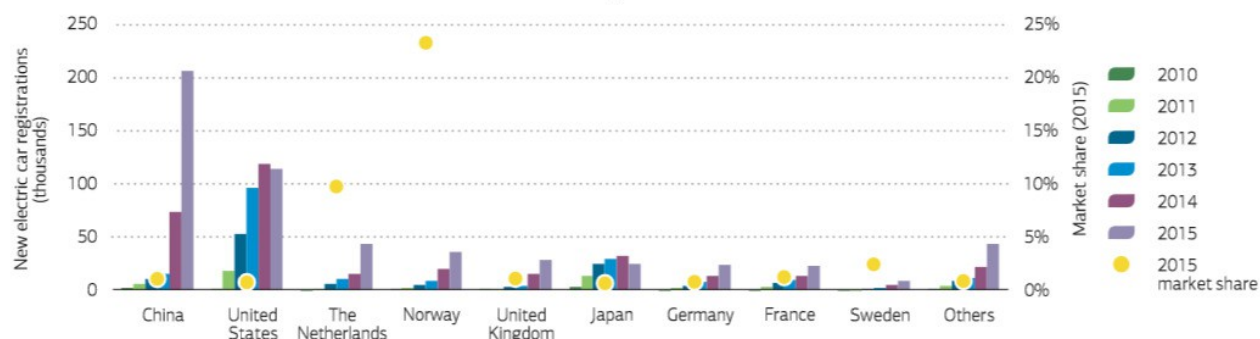


Figura 3.4. Evolução das vendas de VE nos últimos cinco anos [IEA]

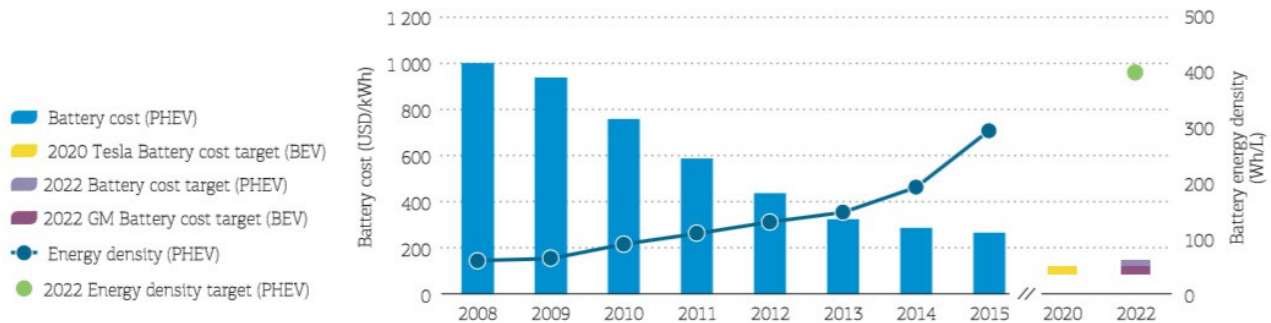


Figura 3.5. Evolução do custo e da densidade energética das baterias [IEA]

Um estudo publicado em Novembro de 2015 pela Union of Concerned Scientists [www.ucsusa.org/] compara as emissões nos seus "ciclos de vida" de um veículo elétrico com bateria (BEV) com os veículos a gasolina semelhantes. Os dois BEV estudados são os dois modelos mais vendidos nos Estados Unidos atualmente: o Nissan LEAF (midsize) e o Tesla Model S (full-size). Tem em conta as emissões para a produção de eletricidade para alimentar os dois BEV e avalia as emissões em todo o ciclo de vida, tendo em conta:

- As matérias-primas para fabricar os carros;
- O seu fabrico;
- Consumo de combustível na sua vida útil;
- A sua eliminação ou reciclagem.

Os valores encontrados neste estudo são claramente esclarecedores, pois há uma redução de 51% no carro de gama média e 53% no carro de gama alta, ver figura 3.6, para os valores globais de emissão.

Uma das vantagens dos VE face aos FCVE é o seu preço, pois comparativamente são mais baratos. Ao utilizarem diretamente a energia elétrica são mais eficientes do ponto de vista energético e tornam-se mais baratos por quilómetro mais reduzido.

As desvantagens dos VE face aos FCVE irão na próxima década desaparecer, já que a autonomia ultrapassará os 500 km. Está prevista uma forte redução do custo das baterias como o aumento da sua produção, e um aumento acentuado da sua fiabilidade e durabilidade.

FIGURE 7. Life Cycle Global Warming Emissions from the Manufacturing and Operation of Gasoline and Battery-Electric Vehicles

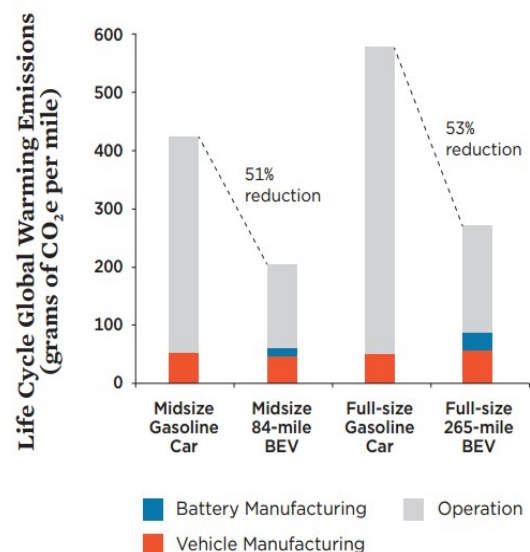


Figura 3.6. Comparação das emissões globais entre VE e carros a gasolina [www.ucsusa.org/]

#### 4. Mobilidade elétrica

Os primeiros VE foram construídos na década de 30 do século XIX (ver figura 4.1) e só passado 50 anos que se descobriu o ciclo termodinâmico OTTO que permitiu a construção dos MCI. Em 1900, 28% dos carros nos USA eram elétricos. Como era o petróleo barato, os carros com MCI dominaram completamente o mercado automóvel. No início do século XXI, os problemas ambientais, as sucessivas crises do petróleo e a evolução das baterias provocaram o renascimento do interesse.



Figura 4.1. Os primeiros VE

Atualmente estão disponíveis os VE, de gama média, considerados de primeira geração, com uma bateria até 30 kWh e autonomia até 200 km, ver figura 4.2. A partir de 2017 será comercializada a 2ª geração em que a bateria e a autonomia é duplicada em relação à primeira geração. Prevê-se que em 2020 será comercializada a 3ª geração com valores triplos dos atuais.



Figura 4.2. As várias gerações de VE de gama média

### 3.1. Situação atual

A situação atual dos VE é caracterizada pelo domínio de dois modelos de duas marcas: o Nissan Leaf, na gama média, e o Modelo S da Tesla, na gama alta (berlinas de luxo). Mas o seu êxito está a provocar mudanças na estratégia dos fabricantes de referência, perspetivando-se na próxima década o lançamento de muitos modelos elétricos, para também responderem à necessidade de redução de poluição que muitos governos querem cumprir para atingir metas que politicamente estão comprometidos.

É um exemplo da mudança recente divulgada pelo grupo VW do objetivo de lançar 30 modelos elétricos até 2025 e

querer liderar o mercado dos VE, prevendo o fabrico de 2 a 3 milhões destes modelos em 2025. Após esta divulgação, o grupo FIAT e o grupo Land Rover Jaguar alteraram também a sua estratégia, no sentido de incrementarem o desenvolvimento de VE. Desse modo, analisados os dois VE que dominaram o mercado em 2015.

#### - NISSAN LEAF

O Nissan Leaf (figura 4.3) tem um motor elétrico síncrono de ímãs permanentes, com 109 CV (280 NM) e a sua velocidade máxima é limitada a 145 km/h. A sua bateria de íons de lítio está colocada na plataforma (pisos) e inicialmente tinha uma capacidade de 24 kWh, mas a partir de janeiro de 2016 também já está disponível com uma bateria de 30 kWh. O fabricante aponta melhorias da autonomia muito acima do aumento da capacidade da bateria por evolução química da mesma.

A autonomia medida no ciclo NEDC (europeu) é de 199 km (24 kWh) e 250 km (30 kWh). Com o ciclo EPA (americano) a autonomia baixa para 135 km (24 kWh) e 172 km (30 kWh), devido ao esticiclo exigir no seu teste 55% dos quilómetros percorridos serem em cidade e 45% em autoestrada. O consumo médio é de 15 kWh/100 km (ciclo NEDC) e subindo para 18,6 kWh/100 km (ciclo EPA).

O tempo de carga irá depender da potência disponível. Nas nossas garagens com uma tomada de 3,3 kW (16 A) em cerca de 8 horas (24 kWh / 3,3 kW) e com uma tomada com 6,6 kW em cerca de 4 horas (24 kWh / 6,6 kW). Com a carga rápida de 50 kW DC, 80% da carga demora a ser cerca de 30 minutos.

Após 5 anos de vendas, as baterias dos Leaf vendidos na Europa registam uma taxa de fiabilidade de 99,99%, pois o fabricante divulgou que foram substituídas unicamente 2 baterias em 35.000 unidades vendidas. Estes primeiros dados sobre a fiabilidade e durabilidade da bateria do Leaf são muito importantes, não se confirmando o receio inicial sobre as baterias, que se apontava a necessidade de as substituir a fim de 3 a 5 anos.



Figura 4.3. Nissan Leaf

Sendo os VE à partida considerados carros citadinos, foi recentemente divulgado um caso que contraria esta afirmação. Um Nissan Leaf com 5 anos adquire no USA, o seu proprietário (Steve Marsh) anda 200 km diariamente. Com a mesma bateria (24 kWh) já percorreu 241.000 km e a autonomia atual é 52% da inicial (70 km reais), ou seja já perdeu 5 das 12 barras. A perda de autonomia tem a ver com o número de cargas que são realizadas, mas o futuro aumento da capacidade da bateria irá minimizar este problema, pois com uma carga irá aumentar a autonomia e por isso necessitando de menos cargas.

Outro Nissan Leaf com 3 anos vendido no Porto, o seu proprietário (António Flores) anda 50 km diariamente. Com a mesma bateria (24 kWh) já percorreu 28.631 km e a autonomia atual é igual à inicial, ou seja, ainda não perdeu nenhuma das 12 barras, ver figura 4.4 (direita). Na mesma figura, também se pode ver que com a bateria a 100% a autonomia atinge 162 km, um valor entre os valores dos dois ciclos referidos anteriormente, pois este cálculo é efetuado com base do histórico dos últimos consumos.

Como se pode ver na parte esquerda da figura 4.3, o consumo médio acumulado é de cerca de 15 kWh/100 km, ou seja o custo até ao momento foi de 1,5 euros/100 km, se se considerar a carga noturna no período de vazios com dupla tarifa (0,1 euro/kWh).



Figura 4.3. Situação de um Nissan Leaf com 3 anos

As frotas como as dos táxis, por percorrerem muitos quilómetros diariamente, são importantes para aferir a fiabilidade e durabilidade dos carros. Por outro lado, os VE são os carros ideais para serem usados como táxis, dado que circulam maioritariamente em zonas urbanas, muitas horas por dia, e são em termos ambientais neutros.

Por estas razões, é importante a recente divulgação pela Nissan referente às vendas de Leaf e e-NV200 para frotas de táxis (figura 4.4). As vendas atingiram as 550 unidades em 17 países europeus e 44 cidades.

Ostáxis europeus diariamente percorrem em média 240 km tendendo o custo de manutenção a ser inferior em 40% face aos carros diesel.

Um táxi na Estónia já percorreu 214.000 km, mas não é referido se manteve a mesma bateria.

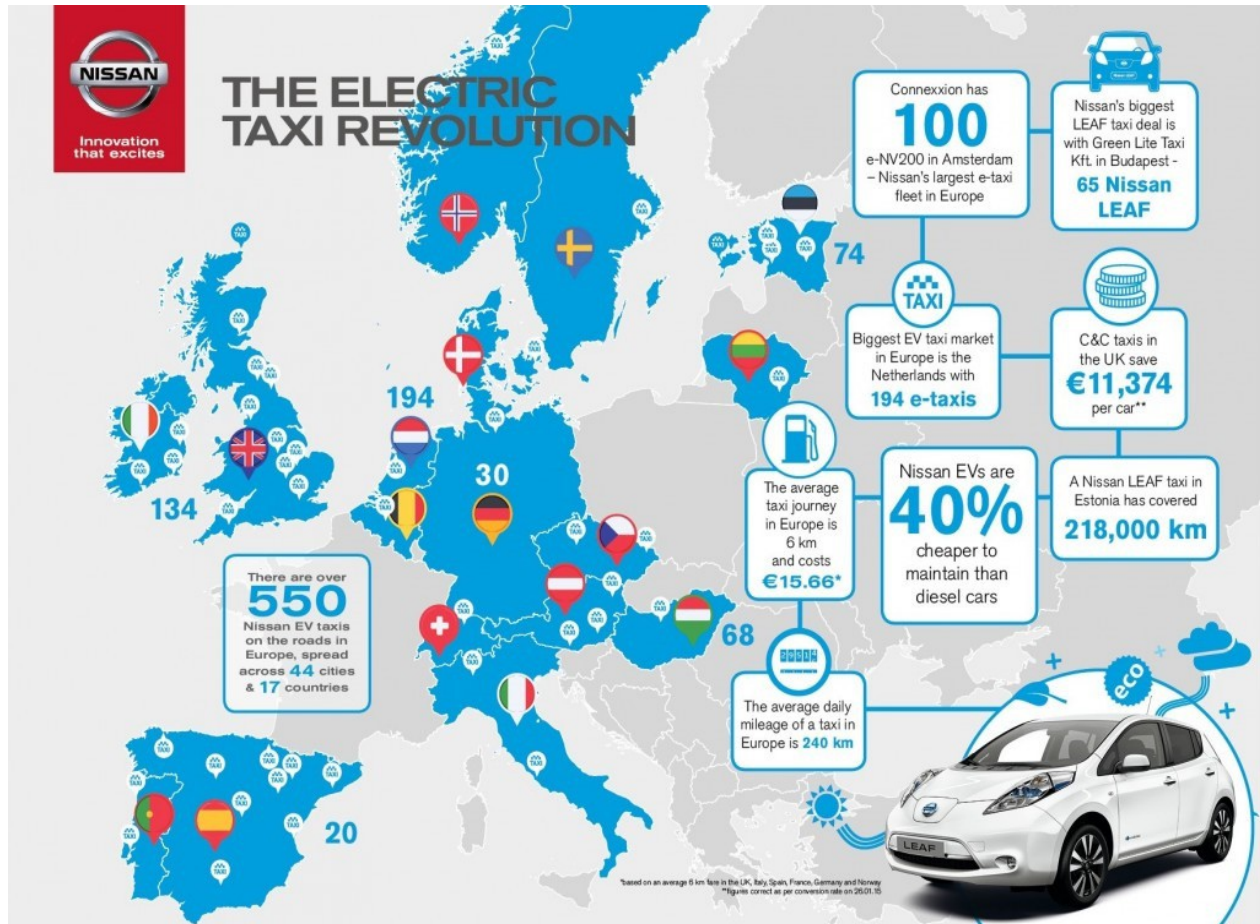


Figura 4.4. Vendas da Nissan para frotas de táxis

- TESLAMODELOS

A Tesla Motors é uma empresa americana fundada em 2003, com a finalidade de desenvolver e comercializar carros elétricos. O Modelo S é o segundo modelo lançado pela Tesla em 2012 e pertence ao segmento de gama alta (figura 4.5 esquerda).

A sua bateria está colocada na plataforma, ver figura 4.5 esquerda, e dá-lhe um peso (544 kg para a versão de 85 kWh) baixa centro de gravidade e umaumentada estabilidade do carro. Utiliza 1 motor de indução trifásico (334 CV/439 Nm a 428 CV/600 Nm) ou 2 motores para a tração às quatro rodas (totalizando 700 CV/931 Nm), consoante a versão, ver figura 4.5 direita.

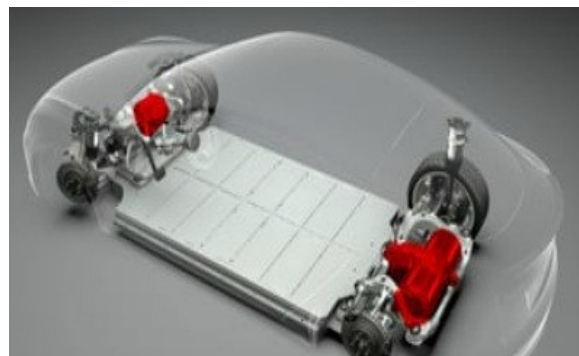


Figura 4.5. O Tesla Model S

Naversãomaisperformancepercorreos0a100kmem3 segundos. Abateria tem evoluído com ganhos crescentes de capacidade, e nestes momentos são disponibilizadas baterias com 70, 85 e 90 kWh e em breve haverá uma subida para 100 kWh.

A autonomia, no ciclo EPA, está entre os 386 km (70 kWh) até aos 460 km (90 kWh). A Tesla prevê na próxima década o aumento da autonomia para 1.000 km. A velocidade máxima é de 225 km/h (70 kWh) e 250 km/h (85 kWh). O consumo médio (ciclo EPA), está entre 20,49 kWh/100 km (70 kWh) e 22,36 kWh/100 km (85 kWh). Vem com um carregador interno de 10 kW ou por opção de 20 kW, em 30 minutos ganha uma autonomia de 480 km nos supercarregadores de 120 kW que a Tesla disponibiliza.

Em 2015 segundo a Forbes, na Europa a berlina de luxo mais vendida foi o Tesla S (15.787 unidades) seguida pelo Mercedes S (14.990), com 4000 unidades vendidas na Noruega. Nos USA no ano de 2015, também foi a berlina de luxo mais vendida, ver figura 4.6, sendo o único modelo que em 2015 aumentou as vendas face ao ano anterior. Sendo este segmento muito importante e valioso em termos financeiros, a

liderança da Tesla no mercado europeu e americano, já é uma ameaça às marcas tradicionais, provocando já uma mudança de estratégia de algumas marcas face ao VE. É também de salientar a apetência dos consumidores para estarem a solução tecnológica ambiental neutra. De salientar também que no ano de 2015 foi o VE mais vendido (42.730) seguido pelo Nissan Leaf (42.270).

- Fiabilidade

Num estudo realizado pela revista Plug in América [http://www.pluginamerica.org], a partir de dados reais dos proprietários dos Teslas S, chegaram à seguinte conclusão: a bateria de 85 kWh após 160.000 km percorridos apresenta uma redução inferior a 10% de autonomia. Esta redução é verificada na linha de tendência gráfica da figura 4.7.

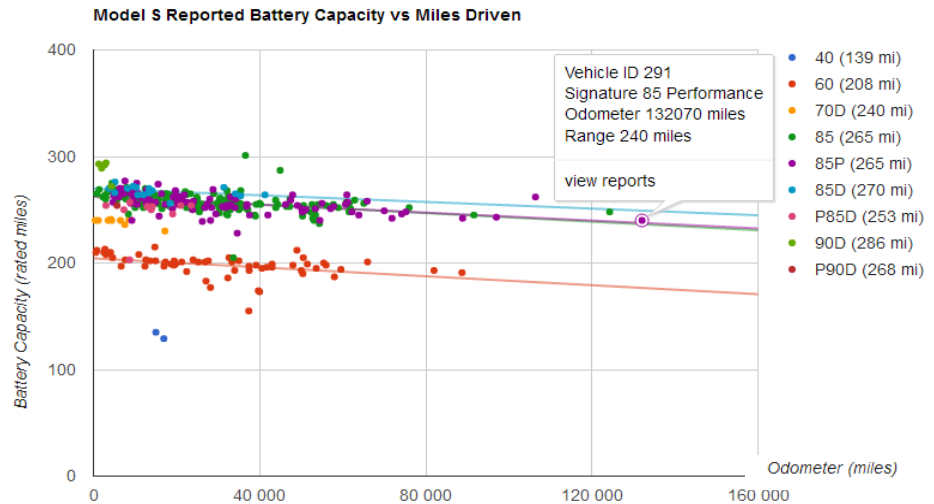
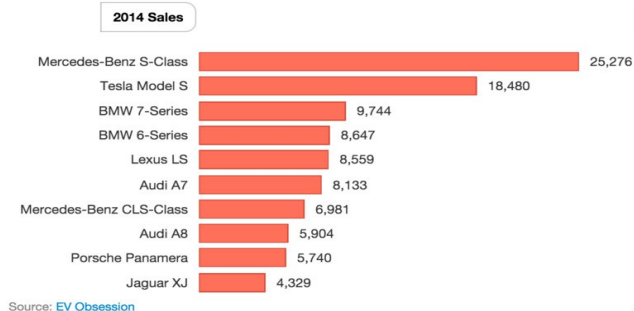


Figura 4.7. Redução da autonomia do Tesla Model S

US Large Luxury Car Sales

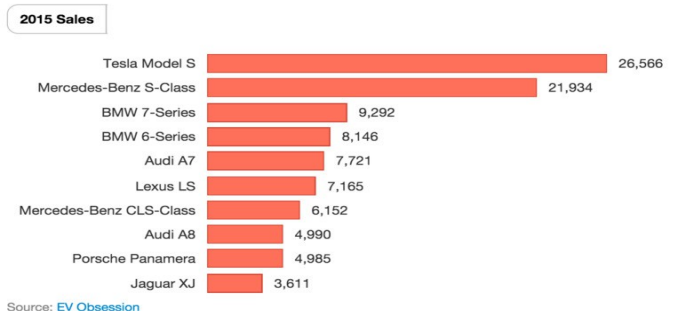
Tesla Model S sales are an estimate from EV Obsession.



Source: EV Obsession

US Large Luxury Car Sales

Tesla Model S sales are an estimate from EV Obsession.



Source: EV Obsession

Figura 4.6. Vendas do Tesla Model S em 2014 e 2015 nos USA

No mesmo estudo são reportados os dados da manutenção/reparação em relação ao ano de fabrico e apresentados na figura 4.8. Estes dados não cobrem todas as unidades vendidas pela Tesla, ver vendas no lado direito da figura 4.8, o que relativiza os mesmos dados. Mas é de salientar a redução da taxa de avarias nos modelos mais recentes face às unidades fabricadas nos primeiros 3 anos. As avarias reportadas localizam-se nas unidades de tração, baterias e carregadores.

- Situação real

O taxista francês Stéphane Arputzo (fig. 4.9 esquerda) que trabalha na zona de Marselha comprou um Tesla Model S 85, no passado mês de Dezembro. A pontuação dos motivos para a sua compra:

- ter condução autónoma;
- ser muito confortável por ter suspensão pneumática;
- Muito económico, espera poupar 11.000 por ano, dado que poderia andar 500 km e cercar de 12.000 km por mês;

- Vai de Marselha a Paris (750 km de ida e volta) realizando cargas nos pontos de carga rápida da Tesla (fig. 4.9 direita).

- Autocarros

Outro segmento que a mobilidade elétrica irá contribuir para a redução de poluição em geral é em especial nascido e se no sector de transporte rodoviário de passageiros. Atualmente os autocarros utilizam MCI adiesel ou gás natural.

O fabricante chinês BYD, neste momento lidera o mercado mundial de autocarros elétricos com uma produção em 2015 de 10.000 unidades. São dotados de baterias de 345 kWh (lítio de fosfato de ferro), que lhes permite uma autonomia de 310 km, suficiente para os trajetos a realizar num dia. Recentemente forneceu autocarros para a cidade de Londres, com dois andares, dando uma garantia de 12 anos para a sua bateria (figura 4.10 esquerda). O fabricante espanhol IRIZAR já lançou o seu autocarro elétrico em Espanha, com baterias de sódio-níquel de 376 kWh e um motor elétrico com 313 CV (figura 4.10 direita).

Year	Vehicles	Median Odo Miles	Drive Unit Swap %	Battery Swap %	Charger Swap %
2012	106	29,284	37.7	16.0	9.4
2013	255	23,450	29.4	5.9	4.3
2014	70	17,500	20.0	1.4	5.7
2015	52	9,012	3.8	1.9	0.0
2016	9	1,114	0.0	0.0	0.0
	492				

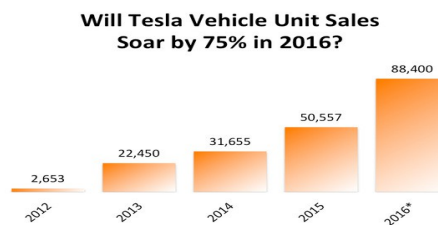


Figura 4.8. Dados da manutenção/reparação e correspondentes vendas em relação ao ano de fabrico do Tesla Model S



Figura 4.9. Redução da autonomia do Tesla Model S



Figura 4.10. Autocarro elétrico BYD (esquerda) e Irizar (direita)

O fabricante português Salvador Caetano, recentemente apresentou um novo autocarro para transporte urbano 100% elétrico e silencioso – o e.CityGold (figura 4.11), totalmente desenvolvido em Portugal. Segundo o fabricante, o investimento inicial é superior face aos tradicionais a gás, mas recuperá-lo em 6 anos.



Figura 4.11. Autocarro elétrico o e.CityGold, da Salvador Caetano

#### - Camiões

O transporte rodoviário de cargas é outro segmento que a mobilidade elétrica permitirá contribuir para a redução de poluição.



Figura 4.12. Camião elétrico IVECO E-FORCE e o FUSO ELECTRIC CANTER

AIVECO desenvolveu o camião elétrico de 18 toneladas E-FORCE (figura 4.12 esquerda), com baterias de 240 kWh (lítio de fosfato de ferro), com uma autonomia de 200 km (autoestrada) e 300 km (cidade). O tempo de carga da bateria é de 6 horas com um carregador de 44 kW. Os consumos apontados são de 60 a 90 kWh/100 km, dependentes do tipo de trajeto. Um camião equivalente a gás só tem um consumo de 31 litros.

O grupo Daimler desenvolveu em Portugal, no Tramagal, a FUSO ELECTRIC CANTER (figura 4.12 direita) numa versão experimental para testes. Os 8 camiões de 3 toneladas fabricados tiveram um cofinanciamento do Governo Português através do IAPMEI. Dotado de um motor elétrico com 150 CV/650 Nm e baterias de 48,4 kWh (iões de lítio) que permitem uma autonomia de 100 km. Os testes foram realizados em frotas de várias Câmaras Municipais, CTT e REN. Após o período de testes, os resultados apontam para um poupança nos custos operativos de 65%, ou seja 1.000 euros por cada 10.000 km percorridos.

- Bicicletas e motos

As bicicletas e motos permitem uma grande mobilidade nas cidades e por isso são imprescindíveis para a mobilidade elétrica. Várias marcas consagradas lançaram no mercado bicicletas elétricas, como por exemplo o grupo Daimler que já comercializa a bicicleta elétrica Smart (figura 4.13), com uma autonomia de 100 km de travagem regenerativa.

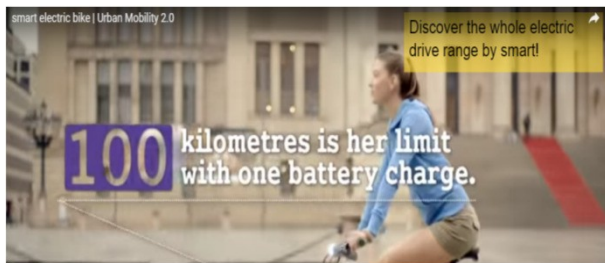


Figura 4.13. Bicicleta elétrica Smart

Os fabricantes tradicionais de motos estão atrasados em fornecer soluções elétricas, mas como se pode ver na figura 4.14 já existem modelos elétricos no mercado.

3.2. Situação futura (2016 a 2018)

Os VE estão a atravessar uma fase de grande dinâmica e

evolução que irá permitir torná-los numa opção cada vez mais interessante para os consumidores. O que se espera para o futuro é a evolução da autonomia, com as atualizações das baterias de 1ª geração:

- A VW irá atualizar o seu e-golf (figura 4.15 esquerda) em 2016. O motor elétrico irá evoluir de 116 CV para 164 CV e a bateria de 24,2 para 35,8 kWh, passando a autonomia para 300 km (ciclo NEDS) ou 174 km (ciclo EPA);
- A BMW irá atualizar o seu i3 (figura 4.15 centro) em 2016. A bateria irá evoluir de 22 para 33 kWh, só por evolução tecnológica mantendo o seu peso e volume ocupado, aumentando a autonomia para 183 km (ciclo EPA);
- A BMW irá atualizar o seu i3 (figura 4.15 centro) em 2016. A bateria irá evoluir de 22 para 33 kWh, só por evolução tecnológica mantendo o seu peso e volume ocupado, aumentando a autonomia para 183 km (ciclo EPA);
- A Hyundai irá lançar o seu primeiro VE (figura 4.15 direita) em 2016 na Europa. O Ioniq, terá um motor elétrico com 120 CV e bateria de 28 kWh. A autonomia anunciada é de 169 km (ciclo EPA).

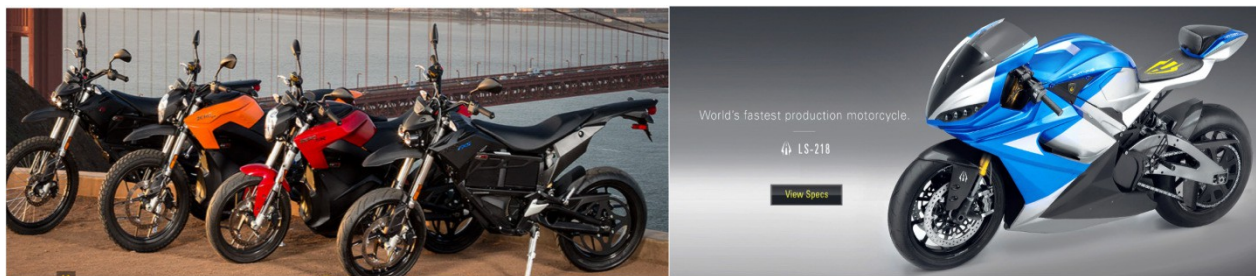


Figura 4.14. As motos elétricas ZERO ([www.zeromotorcycles.com](http://www.zeromotorcycles.com)) e a LIGHTNING (<http://lightningmotorcycle.com/>)



Figura 4.15. VW e-Golf, BMW i3 e o novo Hyundai Ioniq

O primeiro VE de segunda geração, do segmento médio, será lançado pela Opel em 2017. O Ampera-e (figura 4.16 esquerda), virá com motor elétrico com 200 CV e uma aceleração de 0 a 100 km num tempo inferior a 7s. Dotado da primeira bateria de 60 kWh do segmento em que se insere, terá uma autonomia de 320 km em fase de homologação pelo ciclo EPA.

A Tesla apresentou o seu primeiro VE do segmento médio no passado dia 31 de Março. O Modelo 3 (figura 4.16 centro) terá um motor acima dos 200 CV que irá permitir uma aceleração de 0 a 100 km num tempo inferior a 6s. Dotado também com uma bateria de 60 kWh, terá uma autonomia anunciada de 345 km e não homologada pela EPA. A Tesla esperava, numa previsão mais otimista, que o fim do primeiro mês tivesse 135.000 reservas provenientes de todo o mundo, mas as reservas subiram até às 373.000 unidades, o que cria uma situação extremamente complexa para um fabricante que em 2015 produziu só 55.557 VE.

A Nissan irá lançar em 2018 o novo Leaf (figura 4.16 direita) com uma bateria de 60 kWh e uma autonomia de 547 km (ciclo NEDS). Mas irá manter a bateria de 30 kWh numaversão mais barata, para clientes que a sua menor autonomia não será crítica.

### 3.3. Carregamento de bateria

Nos VE toda a energia está armazenada na sua bateria, necessitando periodicamente de ser carregada a partir de um ponto de carga alimentado por energia elétrica. O tempo de carga é um dos fatores mais críticos apontados a este tipo de veículos.

As baterias atuais, além das cargas lentas com um tempo de carga dependente da potência disponível do ponto de carga, também já admitem cargas rápidas com um tempo de carga típico de 30 minutos. Na situação mais simples e económica, o carregamento poderá ser efetuado a partir de uma tomada doméstica, nas nossas casas.

#### - Carregamento doméstico

Para ser possível realizar o carregamento doméstico, a instalação elétrica da habitação tem que disponibilizar no mínimo a potência de 3,3 kW. Caso o contrato de fornecimento de energia elétrica for de dupla tarifa, o carregamento lento noturno do VE é o mais económico, por utilizar a tarifa mais baixa. O número de horas necessárias para carregar a bateria irá depender da capacidade da bateria e do seu nível de descarga, como já analisado anteriormente.

Nas garagens coletivas dos prédios a serem tomadas normalmente são serviços comuns, levantando por isso vários tipos de problemas: como realizar o controle do consumo para posterior pagamento e a potência disponível irá limitar o número de VE, nomeadamente no prédio, a carregar simultâneo. As redes elétricas foram projetadas tendo em conta fatores de simultaneidade inferiores a 1, pois na prática verifica-se que a probabilidade de consumo simultâneo dos consumidores ligadas suas cargas elétricas é baixa, diminuindo consoante aumenta o número de consumidores considerados. Com a perspectiva de crescente penetração dos VE para as próximas décadas, a probabilidade de consumo simultâneo dos consumidores colocarem nos seus VE em carga aumento, e em consequência poderá levar à saturação



Figura 4.16. Opel Ampera-e, Nissan Leaf versão 2018 e Tesla Modelo 3

das redes elétricas. Esta saturação poderá ser a nível de alimentação BT e nos arranjos de distribuição, não próprio PT ou mesmo nas redes MT. Uma possível solução passará pela gestão inteligente das redes elétricas, ajustando o horário de carregamento do VE de cada consumidor, de acordo com a disponibilidade da rede, tendo em conta o seu perfil de necessidade diária de carga.

#### - Rede pública de carregamento

Portugal tem uma Rede Nacional de Mobilidade Elétrica (MOBI.E) com 442 pontos de carga, sendo o maior número de pontos de carga lentos (3,7 kW) e um número reduzido de pontos de carga rápida (50 kW ou superior). Com as baterias atuais (30 kWh), um ponto de carga lento colocado na via pública, no limite, fica ocupado cerca de 8 horas (30 kWh / 3,7 kW) só por um VE, limitando a possibilidade de outras usufruírem de um bem que é público. Com a prevista duplicação da capacidade das baterias dos modelos do segmento médio (60 kWh), este problema irá agravar, tornando estes pontos de carga ainda mais desadequados. Uma possível solução é a evolução para pontos de carga rápida adequados às novas exigências que a 2ª e 3ª geração de VE irão exigir.

A Tesla sempre considerou que este seria um problema crítico para a penetração dos seus VE no mercado automóvel e por isso está a desenvolver uma rede mundial de postos de supercarregamento com 120 kW (ver figura 4.17), que permitem em 30 minutos carregar 60 kWh. Mas, aconselha os seus clientes a realizarem normalmente o carregamento lento nas suas casas, caso percorram curtas distâncias

diariamente, e a utilizarem os seus supercarregadores nas suas deslocações mais longas.

Em Portugal está prevista a abertura de três postos de supercarregamento: Porto; Lisboa e Algarve (figura 4.18 direita), sendo o número suficiente para percorrer o nosso país, dado o seu nível de autonomia atual. Em Espanha já estão em funcionamento os postos de Madrid, Valência, Granada e Murcia. O posto de Murcia utiliza as infraestruturas de um centro comercial e localiza-se junto a duas autoestradas (figura 4.18 direita). A Tesla está agora empenhada em instalar além dos seus supercarregadores, também lentos, em diversos pontos onde as suas vendas justificarem onde já existam infraestruturas elétricas: hotéis; centros comerciais e mesmo postos de abastecimento convencionais. Para ter acesso à sua rede mundial de supercarregadores é necessário o pagamento inicial de 2000 dólares, sendo depois os carregamentos grátis.

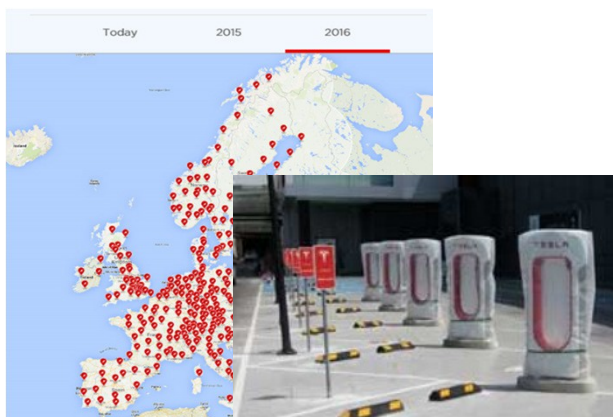


Figura 4.18. Rede europeia de postos de supercarregamento da Tesla (esq.) e à direita o recente posto em Murcia (Espanha)



Figura 4.17. Supercarregadores da Tesla

- Solução para resolver o problema dos carregamentos em Portugal

A penetração de VE em Portugal tem sido reduzida, mas com a chegada da 2ª geração, a partir do próximo ano com baterias de 60 kWh, conjugado com a também prevista redução do seu preço, é realisticamente previsível um aumento acelerado de vendas.

Não há dúvida de que, o consumidor terá que primeiro equacionar onde irá carregar o seu carro. Com a rede atual da MOBI.E, não será um problema fácil de resolução, por maioritariamente ser constituída por pontos de carga lenta.

A instalação de uma rede de carregadores rápidos em número equivalente, pelo menos aos dos postos de abastecimento de combustíveis convencionais, seria a solução mais sensata, para as zonas urbanas que maioritariamente são constituídas por prédios multifamiliares.

O aproveitamento das infraestruturas elétricas existentes, como por exemplo nos centros comerciais ou mesmo nos postos de abastecimento atuais, baixaria o investimento, que de posse poderia traduzir num menor pagamento do carregamento. Ao longo das vias rodoviárias principais, a instalação de postos de carregamento rápido, nas áreas de serviço existente ou perto dos nós de acesso, seria ideal para percursos mais longos.

#### Notas:

Graude proteção contra os impactos mecânicos (Código IK)

EN 62262 - Grau de segurança assegurada pelos invólucros para equipamentos elétricos contra impactos mecânicos externos (código IK).

A designação do invólucro de um aparelho em relação ao grau de proteção contra os impactos mecânicos deverá ser realizada da seguinte forma: IKXX

Codificação do grau de proteção contra os impactos mecânicos (código IK)

Posição	1	2
	Letras do código (Proteção mecânica internacional)	Grupo de números característico
Codificação	IK	De 00 a 10

Significado dos grupos de números característicos do grau de proteção contra os impactos mecânicos (código IK)

Código IK	Energia de impacto (Joule)
00	Não protegido
01	0.14
02	0.20
03	0.35
04	0.50
05	0.70
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20

Quando for necessário um valor de energia de impacto superior, é recomendado a utilização do valor de 50 Joule.

## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :



António Augusto Araújo Gomes [aag@isep.ipp.pt](mailto:aag@isep.ipp.pt)  
Mestre (pré-bolonha) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.  
Professor do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obras na CERBERUS-Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.



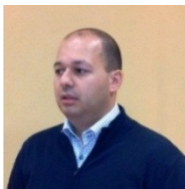
António Carvalho de Andrade [ata@isep.ipp.pt](mailto:ata@isep.ipp.pt)  
Licenciatura. Mestrado e Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.  
Colaborador da EDP – Energias de Portugal (22 anos)  
Professor a juntar do departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Carlos Eduardo G. Martins  
WEG Equipamentos Elétricos S.A.

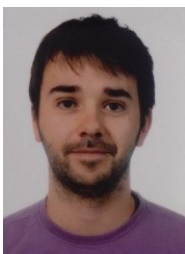
Ewelina Szwal [ee.szwal@gmail.com](mailto:ee.szwal@gmail.com)  
Aluna ERASMUS do curso de Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto.



Fernando Jorge Pita [fjafp2014@gmail.com](mailto:fjafp2014@gmail.com)  
Formado pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto em Engenharia Eletrotécnica. Engenharia de Manutenção da Indústria Electrónica – Texas Instruments (8 anos). Supervisão de Serviços Técnicos de Manutenção (18 anos). Supervisor de assistência técnica da M. Simões Jr. Supervisor de assistência técnica da Superex – Maquinase Sistemas, Lda.. Diretor Técnico da MCI – Maquinase Costural Industriais S.A. 30 anos na Formação, desenvolvendo, coordenando e apoiando tecnicamente diversos projetos de formação, em Centros de Formação e Empresas de Formação Profissional.



Hélder Nelson Moreira Martins [helmar@televes.com](mailto:helmar@televes.com)  
Licenciatura em Engenharia Electrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro, participou num projeto sobre Televisão Digital Interativa no Instituto de Telecomunicações em Aveiro e possui uma Pós-Graduação em Infraestruturas de Telecomunicações, Segurança e Domótica realizado no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Curso Avançado de Marketing Relacional e Fidelização de Clientes na Escola de Negócios Caixa Nova em Vigo. Desempenha funções no Departamento Técnico da Televisão Electrónica Portuguesa, S.A. desde 2003 e colabora com diversas entidades na área da Formação I.T.E. de I.T.U. exercendo esta atividade desde 2006.



Hugo Ricardo dos Santos Tavares [hugtavares13@hotmail.com](mailto:hugtavares13@hotmail.com)  
Aluno do curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto.  
2012 a 2016 – Sisint: Engenheiro de controlo e comando/proteções e subestações.  
Desde 2016 – Kathrein Automotive: Departamento de qualidade

## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO :



José Ricardo Teixeira Puga

jtp@isep.ipp.pt

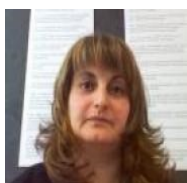
Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.  
Professor da unidade curricular de Eletromagnetismo, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Detém ainda responsabilidades de vice-diretor da Licenciatura de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia e de Vice-Diretor do Centro de Prestação de Serviços – TID.



Manuel Bolotinha

manuelbolotinha@gmail.com

Licenciou-se em 1974 em Engenharia Eletrotécnica no Instituto Superior Técnico, onde foi Professor Assistente. Tem desenvolvido a sua atividade profissional nas áreas do projeto, fiscalização de obras, gestão de contratos de empreitadas de instalações elétricas, não só em Portugal, mas também em África, na Ásia e na América do Sul. Membro Sênior da Ordem dos Engenheiros e Membro da Cigré, é também Formador Profissional, credenciado pelo IIEFP, conduzindo cursos de formação, de cujos manuais é autor, em Portugal, África e Médio Oriente.



Maria Judite Madureira Da Silva Ferreira

mju@isep.ipp.pt

Diretora do curso de licenciatura de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia (LEE-SEE) no Instituto Superior de Engenharia do Porto – Instituto Politécnico do Porto (ISEP/IPP).  
Assuas áreas de investigação são relacionadas com Redes Elétricas.



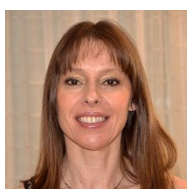
Pedro Miguel Azevedo de Sousa Melo

pma@isep.ipp.pt

Mestre em Automação, Instrumentação e Controlo pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Aluno do Programa Doutoral em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001. Desenvolveu atividade de projetista de instalações elétricas de BT na DHV-TECNOPOR.

Sebastião Lauro Naw

WEG Equipamentos Elétricos S.A.



Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira

tan@isep.ipp.pt

Teresa Nogueira tem doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e uma experiência de 20 anos de docência no ISEP. Desde 2010 é diretora do curso de mestrado em Eng.ª Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia.  
Áreas de trabalho: mercados de eletricidade, energias renováveis, eficiência energética e qualidade de serviço elétrico.  
Trabalhou 5 anos como projetista de máquinas elétricas: transformadores e aparelhos elétricos.

