

O veículo eléctrico e as tecnologias

João Dinis Painço, Luís Carrilho Gonçalves, Pedro Dinis Gaspar, Luís Pires

jdp@live.com.pt; carrilho@ubi.pt; dinis@ubi.pt; pires@ubi.pt

Departamento de Engenharia Electromecânica

Universidade da Beira Interior

Calçada Fonte do Lameiro – 6201-001Covilhã

Resumo — No sector automóvel as estruturas de produção focam-se no vector eléctrico da mobilidade automóvel. Os países industrializados produtores de automóveis ao realizar esta mudança para a motrização eléctrica, visam a redução da dependência da mobilidade automóvel dos combustíveis fósseis, respondem à crise do petróleo de duração indefinida e reforçam a responsabilidade ambiental. Nada melhor do que desenvolver automóveis eléctricos para incentivar o consumo de energia eléctrica. Este trabalho, trata de uma revisão do estado da arte sobre o desenvolvimento de automóveis eléctricos, as tecnologias disponíveis e aquelas que são aplicadas, assim como, os potenciais benefícios e possíveis riscos do desenvolvimento futuro das tecnologias e infra-estruturas necessárias.

1. Introdução

A procura de soluções ditas ecológicas vai determinar num futuro próximo um maior protagonismo dos automóveis eléctricos em relação aos outros veículos automóveis de motor de combustão interna, unifuel ou bifuel e híbridos.

O motivo, aparentemente é simples e passa pelas vantagens no médio prazo inerentes a estes sistemas tecnológicos, i.e., não geram de um modo directo emissões poluentes para o ambiente, emitem menos ruído e não necessitam de combustível de origem fóssil para se movimentarem.

Na generalidade, o veículo eléctrico já é uma realidade e a comunicação social já apela para a necessidade inadiável destes veículos em prol do bem-estar da Terra e de tudo o que lhe está associado. Mas, a história dos veículos de propulsão eléctrica não é tão recente como possa parecer. Nos primórdios do automóvel, o vapor e a electricidade tiveram os seus defensores, mas as suas deficiências e eficácias de desempenho levaram ao desaparecimento geral. Mais tarde quando o motor de arranque eléctrico se tornou uma peça comum do equipamento automóvel a supremacia do motor a gasolina foi assegurada. Porém, a escassez de produtos combustíveis adequados ao tempo e a falta de estrutura de abastecimento de combustíveis obrigou os construtores a procurar outras opções viáveis. É nos anos 50 que aparecem sérios desenvolvimentos de fontes de potência alternativa. Mas, talvez o motor alternativo mais bem sucedido seja o motor diesel, criado pela primeira vez em 1890 por Rudolf Diesel. Este tipo de motor reaparece na década de 70 num pequeno familiar da marca Volkswagen, capaz de andar com um combustível barato e de baixa volatilidade e com durabilidade comprovada. Este motor diesel de ignição por compressão

só perdia na comparação porque era mais barulhento e menos rápido. Depois da sua bem sucedida utilização e com grande aceitação por parte dos consumidores a tecnologia diesel evoluiu muito rapidamente a ponto de ultrapassar a própria tecnologia dos propulsores a gasolina. A implementação de novos sistemas de controlo da combustão nos motores diesel permitiram reduzir as emissões de gases poluentes e silenciar de modo significativo os decibéis do ruído típico destes motores. Hoje em dia o motor diesel combina eficácia de desempenho, potência disponível e níveis de aceleração e velocidade competitivos com economia no consumo. Apesar do êxito dos avanços no motor a diesel, nos motores a três cilindros e nos propulsores eléctricos, o motor a gasolina mantém a sua supremacia no mercado automóvel, ultrapassando movimentos e pressões económicas e ambientais para o uso de combustíveis não fósseis. Continua a ser verdade não haver uma tecnologia dominante na área automóvel que o possa substituir em qualidade e quantidade.

A ambição de Henry Ford de construir um veículo para o povo era bastante promissora. O Modelo T da Ford foi concebido para poder usar combustíveis de várias misturas de gasolina a etanol o que permitia, por exemplo, aos agricultores produzir o seu próprio combustível e em simultâneo garantia uma fracção do abastecimento (será que nos tempos actuais – 2010 a 2020 - as políticas eléctricas estão a ser direccionadas para tal?).

O protótipo do motor de ignição-explosão de Nikolaus Otto utilizava etanol como combustível. O motor de ignição-compressão de Rudolf Diesel foi concebido originalmente para usar gás de carvão e foi demonstrado com sucesso que operava bem com óleo de origem vegetal e animal. [1]

O século XX foi dominado principalmente pelos combustíveis oriundos do petróleo (gasolinas, diesel, fuel óleo, querosene e outros óleos minerais). Com a perspectiva europeia traçada pelo Livro Verde [2] vislumbra-se uma mudança de paradigma no consumo de combustíveis para o automóvel e outros propulsores aplicados na mobilidade de pessoas e bens. Porém não é claro como se vai direccionar o comportamento do lóbi associado às estruturas do petróleo.

O óleo mineral pode ser substituído, total ou parcialmente, pelo biodiesel feito de óleo de colza (na Europa) ou óleo de soja (nos Estados Unidos da América).

O biodiesel é comumente produzido por meio de uma reacção química denominada transesterificação e pode ser misturado ao diesel proveniente do petróleo em quaisquer

proporções experimentadas. As qualidades inerentes ao biodiesel determinam uma redução de emissões gasosas poluentes (HC, CO e NO_x), têm uma boa capacidade de lubrificação e um elevado número de cetano e criam a expectativa de uma utilização intensiva, podendo assim estabilizar e até reduzir a procura de diesel exclusivamente de origem fóssil. Para que a procura do biodiesel se concretize mais rapidamente a sua produção e distribuição têm de ser suportadas pelas estruturas já existentes. As questões ambientais que se podem levantar têm de ser mitigadas pelos benefícios que advêm no médio e longo prazo e pelas políticas de estímulo dos Estados responsáveis. [1]

O bioetanol é um combustível alternativo de grande potencial para travar o aumento de consumo da gasolina de origem fóssil. As estratégias a seguir são do mesmo tipo das que vão sendo adoptadas para o biodiesel. Porém com o bioetanol há países como o Brasil e outros, que dão um exemplo de como é possível reduzir a dependência do petróleo através de políticas nacionais sustentadas em objectivos a médio e longo prazo. [1]

A Lotus na apresentação do seu modelo Exige, com tecnologia Tri-Fuel, capaz de consumir gasolina, bioetanol e metanol, acredita que o metanol será uma das chaves para um combustível sustentável no futuro pois apresenta menos emissões de CO₂ para a atmosfera e é um combustível eficaz e de combustão eficiente. [1]

A utilização do hidrogénio como combustível é bastante promissora, contudo tem os seus problemas. O hidrogénio é o elemento mais comum em volume na natureza e não existe na sua forma elementar encontrando-se sempre combinado. Aqui reside a principal razão da maior dificuldade da sua implementação como combustível generalizado. A tecnologia de suporte está ainda em fase de investigação/demonstração com custos iniciais muito elevados. [1] Porém espera-se que no médio prazo (≅ 10 anos) a análise custo-benefício reverta a favor das pessoas, da sociedade e de um ambiente sustentável.

No sector automóvel, a Honda e a BMW são as marcas impulsionadoras do uso do hidrogénio. A Honda com o seu modelo FCX Clarity que combina uma célula de combustível a hidrogénio com um sistema acumulador de energia eléctrica de baterias de iões de lítio que fazem accionar o motor eléctrico. Enquanto a BMW preferiu combinar o hidrogénio com gasolina, servindo-se de um modelo série 7, que ao diminuir um pouco o nível de desempenho do motor reduz drasticamente as emissões poluentes. [1]

O hidrogénio é um combustível candidato a diminuir a procura de combustíveis fósseis e a substituí-los no longo prazo. Para isso, é necessário projectar e criar com critério as infra-estruturas acerca da produção, armazenamento, transporte e distribuição e consumo do hidrogénio. No curto/médio prazo, os biocombustíveis são mais adequados para uma estabilização da procura dos combustíveis fósseis pois aproveitam as estruturas já existentes, sem grandes transformações na segurança de armazenagem e da distribuição. [1]

Apesar de todas as alternativas demonstradas de combustíveis de transporte parecerem promissoras, e após provada a sua funcionalidade, o desafio sequente é saber da sua exequibilidade. Questões acerca da produção e

distribuição dos combustíveis alternativos serão problemas a serem estudados por engenheiros, ambientalistas e políticos (estes últimos para de uma vez por todas acreditarem na ciência e técnica, sobre a insustentabilidade da situação presente mundial). [1]

2. Os sistemas híbrido e eléctrico

As tecnologias eléctricas para a motrização desenvolveram-se muito rapidamente, com baterias mais pequenas, mais leves, com maior durabilidade e melhor desempenho. Porém, isto não chega, dada a imprevisibilidade da duração da carga eléctrica acumulada em baterias, consequência dos elevados consumos internos nos veículos automóveis.

Segundo um estudo a cargo de Lord Turner, Chefe do Comité de Mudança Climática do Reino Unido, estima-se que no ano 2020, 40% dos veículos automóveis no Reino Unido serão do tipo híbrido ou eléctrico. O sistema de propulsão nestes automóveis a baixas velocidades é muito silencioso pelo que há que aplicar um aviso sonoro nos veículos de forma a minimizar o risco de acidente por falta de atenção dos peões ou ciclistas. [3]

No último salão do automóvel de Paris (2008) foi notório o intuito de cada marca tentar provar que está mais amiga do ambiente que anteriormente e melhor preparada que os seus rivais.

De acordo com Richard Parry-Jones, ex-Director de Engenharia da Ford, o problema central que permanecerá até 2020 ou até mesmo mais tarde reside na acumulação da energia eléctrica a bordo dos veículos eléctricos. [3]

Apesar de certas relutâncias acerca do veículo automóvel eléctrico parece haver grande aceitação por parte dos consumidores em usar a mobilidade eléctrica. Não está verificado até que ponto as pessoas estão disponíveis para abdicarem de determinadas vantagens já adquiridas, i.e., autonomia de viagem, custos de capital acessíveis e variados, rede de manutenção extensa em qualquer território, etc.

A performance do motor eléctrico do veículo está condicionada, como é óbvio, pela capacidade e fiabilidade das baterias acumuladoras de energia. O recarregamento das baterias e o abastecimento de energia eléctrica vão ser o calcanhar de Aquiles da *democratização* desta tecnologia.

Contudo, restam ainda alguns problemas fundamentais que devem ser ultrapassados para que os veículos eléctricos marquem a sua posição no mercado automóvel e se tornem uma alternativa credível, segura, competitiva e sustentável. [2]

Um estudo a nível europeu revelou que em média os condutores conduzem cerca de 60 km por dia e apenas 25% percorrem 100 km. Há que ter em consideração que será difícil mudar certas mentalidades acostumadas ao facto de poderem percorrer 1000 km com um depósito de combustível e consequentemente diminuir as distâncias/tempo de reenchimento do depósito. Esta situação no veículo eléctrico mal dá para percorrer 1/5 desta distância, entre recargas. [3] Outro facto que se levanta neste desafio da motrização eléctrica é a situação de a maioria dos automóveis familiares estar em utilização

de facto uma a duas horas em cada 24 horas. No longo prazo, como se vão enquadrar estes privilégios do auto-transporte e da mobilidade individual?

A tecnologia utilizada nas baterias é dispendiosa e assim continuará por alguns anos (pelo menos mais 10 anos). Uma política de incentivo à utilização de veículos automóveis eléctricos por parte dos Estados é um estímulo à sustentabilidade do novo sistema e à diminuição da pressão sobre os combustíveis mais usuais nos transportes, i.e., a gasolina e o gasóleo. Uma repartição equilibrada dos impostos pagos pelas pessoas no uso e consumo de combustíveis fósseis pode vir a acontecer no curto prazo e seria justo para com as preocupações ambientais. [3]

Os veículos eléctricos vão também alimentar os problemas que já existem acerca da reciclagem de materiais, da segurança rodoviária, da manutenção mecânica, eléctrica e electromecânica, da vida útil das baterias, etc. [3]

Outra questão importante é a forma como a energia primária necessária para produzir electricidade vai ser gerada de raiz e qual o seu custo efectivo associado ao ambiente e ao consumidor. O verde e a compatibilidade ambiental difundidos pelo marketing sobre o automóvel eléctrico levantam questões pertinentes sobre a continuidade de produção de gases com efeito de estufa, agora de uma forma mais centralizada nos sistemas de produção de energia eléctrica. [3]

Entre os construtores de veículos automóveis que estão empenhados em adicionar veículos eléctricos na sua gama, a Nissan-Renault destaca-se pela sua estratégia ao aliar-se com o projecto Better Place de Shai Agassi. Este projecto consiste num sistema de financiamento do comprador de um veículo eléctrico, perante a subscrição de uma mensalidade de acordo com a distância que irá percorrer. O comprador será apenas proprietário do veículo e não das baterias acumuladoras de energia eléctrica. [3]

As baterias poderão ser carregadas no local de trabalho, em casa ou em estações providenciadas pelo projecto Better Place. Para distâncias superiores a 300 km a solução passa pela criação de infra-estruturas em rede para recarga dos veículos eléctricos ou para troca da bateria sem carga por uma com carga, diminuindo drasticamente o tempo de espera e permitindo uma utilização massiva. [3]

Israel foi o primeiro país a assinar um acordo de aliança a este projecto, seguindo-se a Dinamarca, Portugal e Suíça. A China e Inglaterra estão também na mira do projecto de Agassi. [3]

Os veículos com propulsão eléctrica terão certamente um papel mais importante no futuro da mobilidade das pessoas e nos transportes. Não obstante, o motor de combustão interna continuará a acompanhar-nos durante muitos anos, melhorando a sua eficiência térmica e a eficácia exergética na queima do combustível e no sistema de propulsão. O grande investimento a nível mundial que gira à volta dos motores a gasolina e diesel é relevante para que tudo não fique na mesma, i.e., no sentido de se utilizarem fontes primárias de combustíveis alternativos para além da electricidade, visando a diversificação da procura. [3]

3. As tecnologias disponíveis e aplicáveis

O futuro na indústria automóvel tem vários vectores de desenvolvimento que segundo Louis Schweitzer (ex-Presidente da Renault) devem centrar-se nas seguintes temáticas: uma protecção efectiva do ambiente; aumento sistemático da segurança activa e passiva; mais e melhor conforto e ambiente dentro do automóvel; facilitação da mobilidade individual em estrada e em cidade; menores consumos de combustível; e maior qualidade do produto automóvel com base numa inovação contínua. [4]

Os Veículos Eléctricos (VE) diferenciam-se dos actuais pelo facto de utilizarem um sistema de propulsão eléctrica que converte em propulsão mecânica necessária ao seu deslocamento. Os VE com baterias de acumulação de energia eléctrica são veículos que utilizam a energia proveniente da rede de distribuição pública para carregar um conjunto de baterias instaladas a bordo. Os veículos eléctricos híbridos (VEH) combinam a função do motor de combustão interna com a função dos motores eléctricos de forma a conseguir uma redução do consumo de combustível/redução de emissões poluentes, um maior binário a baixas rotações, uma potência disponível assistida sempre que a bateria acumuladora tenha carga.

A energia necessária à tracção eléctrica/híbrida provém de uma bateria acumuladora de energia eléctrica. A outra fonte de energia constitui a energia térmica resultante da combustão-exploração ou da combustão-compressão de um combustível que alimenta um motor de combustão interna e acciona directamente as rodas ou fornece energia mecânica a um gerador eléctrico.

O sistema de travagem regenerativa utilizado nos sistemas híbridos de propulsão e também nos actuais sistemas de propulsão térmica requerem uma avançada tecnologia. Quando o fluxo de energia está no sentido rodas-motor, i.e., numa descida ou numa travagem, o motor eléctrico funciona como um gerador fornecendo energia eléctrica às baterias acumuladoras. Na assistência à tracção do motor térmico, o motor eléctrico fornece um binário ou potência adicionais por forma a assistir o motor de combustão interna quando este está em esforço, ou seja, numa aceleração, ultrapassagem, ou numa subida íngreme. Em determinados veículos automóveis, o motor eléctrico fornece, num regime de baixa velocidade (arranque, percursos citadinos, manobras de estacionamento) toda a energia necessária à tracção garantindo assim um melhor desempenho.

O sistema de paragem automática (*stop and go*) acciona-se quando o veículo está ao *ralenti*, voltando a ligar automaticamente quando se pressiona o acelerador ou se engrena uma mudança. Este sistema *stop and go* permite economizar energia numa condução citadina.

Os construtores para implementar um VE na sua gama de modelos de forma mais rápida e de modo a obter igualmente aceitação por parte do consumidor têm adoptado a substituição do motor de combustão interna por um eléctrico acoplado a um sistema baterias de acumulação de energia eléctrica. A força motriz eléctrica pode transmitir-se às rodas por meio de um simples redutor, que impõe um duplo controlo do fluxo de corrente ou através de uma caixa de velocidades mecânica convencional e de controlo de fluxo eléctrico.

Na actualidade, os sistemas híbridos têm-se mostrado ser os mais eficazes no sentido de superarem as limitações do VE puro. A energia solar captada adequadamente pode trazer ao veículo automóvel eléctrico características adicionais no âmbito da acumulação de energia eléctrica e no funcionamento mais autónomo dos sistemas de ventilação e de refrigeração. As aplicações tecnológicas desta índole necessitam de integração funcional no sistema veículo automóvel. Apesar de alguns problemas ainda não ultrapassados nos VE, as vantagens que podem oferecer no futuro a médio prazo tornam interessante o desenvolvimento deste tipo de propulsão.

Um VE depende 100% da electricidade para a sua utilização, podendo contribuir para reduzir as emissões de gases poluentes (CO₂, NO_x, SO₂, CH_x, partículas, ...) de uma forma distribuída. A emissão concentrada de produtos gasosos contaminantes em centrais térmicas permitirá controlar de modo mais eficaz essas emissões poluentes para a atmosfera.

Três problemas principais estão implícitos no desenvolvimento do mercado do veículo automóvel eléctrico, i.e., o desempenho da bateria acumuladora de energia eléctrica, o custo competitivo da tecnologia disponível implementada e a construção das infra-estruturas para o abastecimento eléctrico (carga e recarga de baterias e substituição da bateria no longo curso).

Por isso as principais marcas de automóveis centram-se na pesquisa e desenvolvimento de outros projectos já descritos, como os FCV's - Fuel Cell Vehicles (VCC - Veículos a Células de Combustível) e os HEV's - Hybrid Electric Vehicles (VEH - Veículos Eléctricos Híbridos).

A tabela I mostra os resultados de um estudo realizado pelo Japan Automobile Research Institute, onde a eficiência energética total é baseada numa análise Well-to-Whell, cobrindo o percurso desde a produção do combustível até ao seu consumo pelo veículo. Esta análise é composta por dois segmentos comparativos: um desde a produção do combustível até ao abastecimento do depósito do veículo (Well-to-Tank) e outro desde o depósito até ao consumo efectivo pelo veículo (Tank-to-Whell). Relativamente ao segmento Well-to-Whell, a eficiência da refinação do petróleo é estimada em cerca de 82% para a gasolina e 88% para o diesel, enquanto para a produção de electricidade (tendo em conta a produção no Japão) é considerada em 43%. [5]

Avaliando a eficiência do veículo sobre a mesma fonte de energia mas no segmento de análise Tank-to-Whell e recorrendo ao modo de teste denominado *10-15 mode* (método de medida da eficiência do combustível e emissões poluentes, utilizado no Japão, que consiste em testar os veículos automóveis a 40 e 70 km/h) determinaram que a eficiência para motores a gasolina era de 15% e de 30% para motores híbridos a gasolina. Para veículos com motores a diesel, apesar de demonstrarem uma maior eficiência térmica que o motor a gasolina, a eficiência determinada pelo estudo foi de 18%. O VE apresenta 67% de eficiência energética (Tank-to-Wheel) que inclui as perdas pelo carregamento das baterias e uma eficiência energética global de 29%. Este valor, o mais elevado das eficiências energéticas globais, revela segundo este tipo de teste, que o VE é bastante competitivo. Com 25% de eficiência energética global estão os VEH. [5]

As comparações descritas na tabela I evidenciam o potencial elevado dos VE a nível ambiental e económico.

TABELA I - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA TOTAL [5]

Tipo de veículo automóvel	Fonte-para-Roda (Well-to-Whell)		Eficiência Energética Total
	Fonte-para-Tanque (Well-to-Tank)	Tanque-para-Roda (Tank-to-Whell)	
Veículo Eléctrico - VE	Refining power generation, electricity transmission, 43%	On-the-vehicle efficiency 67% (including charging efficiency of 83%)	29%
Veículo com Motor Diesel	Refining, transportation 88%	On-the-vehicle efficiency 18%	16%
Veículo Híbrido com Motor Gasolina	Refining, transportation 82%	On-the-vehicle efficiency 30%	25%
Veículo com Motor Gasolina	Refining, transportation 82%	On-the-vehicle efficiency 15%	12%

Adaptado de Ref [5]

A Mitsubishi Motors está empenhada em desenvolver um modelo de VE capaz de atingir uma eficiência energética global de 32%. Recentemente, apresentou o i-MiEV (Mitsubishi Innovative Electric Vehicle baseado no modelo "i"), descrevendo-o como um automóvel pioneiro da tecnologia que irá pressionar o mundo automóvel nos próximos 10 anos. A Mitsubishi Motors anuncia o i-MiEV como o culminar de cerca de 40 anos de desenvolvimento de VE, apresentando soluções para os diversos desafios que hoje se colocam à indústria automóvel, incluindo a as emissões poluentes para o ambiente, o aquecimento global e a grande dependência dos combustíveis fósseis. [5]

O i-MiEV herdou directamente algumas características do modelo base que lhe deu origem, o minicar "i", instalando as baterias de iões de lítio sob o piso da carroçaria e a sua motorização sob o compartimento da mala. Desta forma, o espaço disponível e o conforto não foram comprometidos e possibilitando uma boa autonomia. [5]

O i-MiEV não emite directamente CO₂. Em termos globais produz menos 72% de CO₂ do que o seu modelo de base "i" com motor a gasolina, e menos 47% de CO₂ que um qualquer modelo híbrido a gasolina tendo em consideração a emissão de CO₂ realizada pela central de produção de energia eléctrica: O i-MiEV gera aproximadamente um terço do CO₂ produzido pelo minicar "i" a gasolina (cálculo baseado na média de valores de produção da energia eléctrica no Japão). [5]

O i-MiEV é muito competitivo nos consumos equivalentes de energia (eléctrica-fóssil-eléctrica), pois sendo a energia eléctrica a sua única fonte primária de energia supera outros veículos na economia de energia e no custo equivalente de combustível. Para percorrer uma distância de 100 km, o VE tem um custo aproximado de 1,62 euros (à taxa de câmbio de Outubro de 2008), o que corresponde a 25% do custo de combustível do modelo "i" com motor a gasolina, para a mesma distância. Assim, consoante as

tarifas das companhias de electricidade, o custo de carregamento da bateria acumuladora de energia eléctrica poderá reduzir-se ainda mais se se optar por um período de carga com tarifa bi-horária.

O salão automóvel de Tóquio, na sua edição de 2009, será sem dúvida um dos mais concorridos certames mundiais dedicados ao sector automóvel (como aliás já aconteceu com o salão automóvel de Frankfurt, em Setembro de 2009). Será um palco eleito para os construtores darem a conhecer os desafios motrizes da nova geração sistémica híbrida-eléctrica-hidrogénio (HEH).

4. O futuro

Os veículos eléctricos apesar de algumas contrariedades no seu aperfeiçoamento funcional demonstram uma versatilidade e eficiência que é importante numa aproximação real às pessoas e consumidores futuros. A componente de recuperação ambiental e de uma maior compatibilidade com os ecossistemas da Terra criará uma consciência social mais responsável e uma vontade de participar nesta partilha de responsabilidades pela compra de veículos automóveis eléctricos. A tecnologia apresenta-se já bastante madura e fiável, para um alargamento massivo da sua utilização.

Agradecimentos

Um especial agradecimento ao Professor Doutor Luís Carrilho à sua hábil direcção e apoio, conhecimento e sugestões transmitidas durante a elaboração do artigo e também ao Professor Doutor Pedro Gaspar e Mestre Luís Pires que contribuíram de forma eficaz para a minha formação académica e como pessoa.

Referências

- [1] Andrew Noakes, “What’s the alternative”, *European Automotive Design*, pp. 24-26, April 2008.
- [2] Livro Verde – Estratégia europeia para uma energia, sustentável, competitiva, e segura, CEE/COM (2006) 105, 2006.03.08.
- [3] Ian Adcock, “Volte face”, *European Automotive Design*, pp. 18-20, January 2009.
- [4] Luís Schweitzer, “Les Futures de L’Automobile”, *Le Magazin de la Recherche et du Development*, Vol 3, Renault, 1996.
- [5] K. Handa, H. Yoshida, “Development of Next-Generation Electric Vehicle Mitsubishi’s i-MiEv”, *ATZautotechnology*, pp.18-23, October 2008.