



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS,
ESTRATÉGIAS E DESENVOLVIMENTO

Claudia do Nascimento Martins

**Condicionantes da difusão do carro elétrico no Brasil: análise dos
fatores institucionais, econômicos e técnicos.**

Rio de Janeiro
2015

Claudia do Nascimento Martins

Condicionantes da difusão do carro elétrico no Brasil: análise dos fatores institucionais, econômicos e técnicos.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Bastos Tigre

Rio de Janeiro
2015

M386 Martins, Cláudia do Nascimento.
Condicionantes da difusão do carro elétrico no Brasil:
análise dos fatores institucionais, econômicos e técnicos.
/ Cláudia do Nascimento Martins. – 2015.
222f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Bastos Tigre.

Tese (Doutorado em Políticas Públicas, Estratégias
e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas,
Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2015.

1. Veículos elétricos - Teses. 2. Difusão de
inovações - Teses. 3. Indústria automobilística - Teses. I.
Tigre, Paulo Bastos (Orient.). II. Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Centro de Ciências Jurídicas e
Econômicas, Instituto de Economia. III. Título.

CDU 330

Claudia do Nascimento Martins

Condicionantes da difusão do carro elétrico no Brasil: análise dos fatores institucionais, econômicos e técnicos.

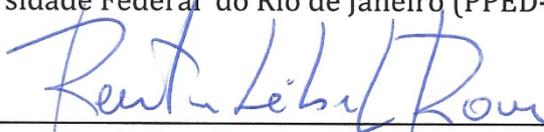
Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Aprovada em 30 de março de 2015.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Paulo Bastos Tigre – orientador
Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPED-IE- UFRJ)



Profa. Dra. Renata Lèbre La Rovere
Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPED-IE-UFRJ)



Profa. Dra. Ana Célia Castro
Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPED-IE-UFRJ)



Prof. Dr. Adriano Proença
Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE – UFRJ)



Prof. Dr. Walter Tadahi Shima
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Rio de Janeiro
2015

*Aos meus pais José Eduardo e Sueli,
com todo meu amor.*

AGRADECIMENTOS

Há exatamente cinco anos este trabalho começou a ser desenhado através de um pré-projeto para o processo de seleção ao Curso de Doutorado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Uma ideia, vinda da Profa. Renata Lèbre La Rovere, que tomou forma com os meus primeiros rabiscos, impressões e descobertas. Tenho infinita gratidão à Profa. Renata, pois sua ideia iluminada alterou, de forma significativa, o rumo da minha vida.

Após a identificação do tema pude contar com a presteza do Prof. Walter Tadahiro Shima que, amavelmente, forneceu-me os primeiros textos da literatura de *path dependence* e ativos complementares. E, logo em seguida, Prof. Paulo Bastos Tigre, que foi meu professor também há mais de duas décadas e adquiri profundo respeito e admiração, me chamou a atenção para a questão da difusão tecnológica e suas condicionantes. Agradeço ao Prof. Walter Shima por seu carinho e atenção. Meu sincero agradecimento ao Prof. Paulo Tigre por ter acompanhado meus passos e por ter a honra e a imensa alegria em tê-lo como o orientador desta tese.

Durante a realização das disciplinas, sempre quando foi possível, fiz os trabalhos para a obtenção de grau com foco na minha pesquisa de tese. Logo, as informações foram se agregando e o conhecimento avançando. Agradeço à Profa. Lia Hasenclever, professora na disciplina Organização do Mercado Internacional de Tecnologia, nos primeiros meses do Curso, pelo incentivo, ao identificar a relevância do tema, criando em mim estímulo e a certeza de que estava no caminho certo. Agradeço também à Profa. Ana Célia Castro que, através de suas aulas na disciplina Pesquisa de Tese de Doutorado, contribuiu para a construção dos primeiros esboços deste trabalho. Além disso, serei eternamente grata por seu carinho e confiança em mim depositados.

Quando já não havia mais necessidade de fazer nova disciplina, pois os créditos já haviam sido concluídos, não hesitei em realizar a disciplina Instituições e

Desenvolvimento, ministrada pelo Prof. Ronaldo Fiani. Reconhecia meu parco conhecimento acerca das questões institucionais, mas que seriam extremamente necessárias para a realização desta tese. Agradeço ao Prof. Fiani, no qual também tive a felicidade de tê-lo como professor na minha graduação em Ciências Econômicas. Suas aulas no PPED foram primordiais para identificar o veio desta tese. Agradeço também ao Prof. Adriano Proença por suas contribuições no momento da minha Qualificação, em 2013. Suas oportunas argumentações indicaram o caminho definitivo desta tese.

Há um ditado popular que diz que o melhor da “festa” é o preparo. A preparação, que resultou no encontro e contato com pessoas que me disponibilizaram seu tempo, informações e conhecimento foi, de fato, tão compensador quanto ter esta tese concluída. Em dezembro de 2011, participando do Primeiro Congresso Paranaense de Veículos Elétricos no interior da Itaipu Binacional, a convite do Prof. Eduardo Cesar Dechechi, conheci o Coordenador Geral Brasileiro do Programa VE de Itaipu, Celso Ribeiro Barbosa de Novais. Aquele Congresso foi o meu “pontapé” inicial para as pesquisas de campo. Agradeço ao Prof. Dechechi por sua iniciativa e ao Celso Novais por toda a sua colaboração em me fornecer informações para esta tese sobre o Projeto VE da Itaipu Binacional.

Ao Carlos Eduardo Momblanch da Motta, da ATTO Nacional Montadora Elétrica, agradeço toda a atenção, colaboração e carinho para com meu trabalho, compartilhando comigo um pouco do seu enorme conhecimento sobre mobilidade elétrica. Contraí uma dívida impagável com Carlos Motta.

Registro a minha imensa gratidão a Ivo Reck Neto da Vice-Prefeitura de Curitiba, Marcelo da Silva Gongra Oliveira e Daniela Garcia Pizzolatto da CPFL Energia, Márcio Picança da Nissan do Brasil e Silvia Mendes Pereira Barcik da Renault do Brasil. Agradeço por todas as informações que me disponibilizaram e pela confiança no trabalho. A contribuição de cada um de vocês foi fundamental para a realização desta tese.

Agradeço a Ricardo Yoshikazu Takahira da Magneti Marelli Sistemas Automotivos que elucidou, brilhantemente, minhas dúvidas técnicas referentes ao

setor automotivo. Ao Pietro Erber, ex-diretor presidente da Associação Brasileira de Veículo Elétrico (ABVE) e diretor do Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), o meu sincero agradecimento por sua acolhida e pelas revisões do item referente ao condicionante técnico para a difusão do carro elétrico. Seu conhecimento ímpar, acerca das questões técnicas referentes aos carros elétricos, foi primoroso no rastreamento de alguns possíveis equívocos.

Ao pesquisador e amigo José Evaldo Costa, que me socorreu nos momentos em que me vi desprovida de informações que considerava de extrema relevância. Evaldo, sempre solícito, estando ele em Portugal ou nos Estados Unidos, me abasteceu de informações “frescas” que foram importantíssimas na realização desta tese.

Meu agradecimento aos amigos Eduardo Duprat Ferreira de Mello, Leonardo Jesus Mello, Marta Lúcia Azevedo Ferreira, Paulo Antônio de Souza Chacon, Silvia Souza de Oliveira e Vitelio Marcos Brustolin, companheiros de jornada no PPED que, apesar de pertencerem a diferentes áreas do conhecimento, foram pontos de apoio. Meu agradecimento especial à querida amiga Débora da Silva Roland, também companheira de PPED, que me apoiou durante todo o desenvolvimento desta tese, acompanhando de perto minhas descobertas, dúvidas, ansiedades e alegrias.

Agradeço aos amigos Ney de Albuquerque Lang e José Braulio Silva Júnior por suas importantes contribuições operacionais. Ao Ney Lang por me ajudar na compilação dos dados das entrevistas, tornando-os visíveis ao leitor e a Braulio Silva por suas preciosas traduções da língua alemã. Meu agradecimento a Reginaldo Jorge Nunes de Figueredo que, com seu carinho, me auxiliou na formatação deste documento.

Agradeço à Jane Baptista Quitete e Maria da Glória Fernandes do Nascimento Albino, amigas desde a infância e adolescência respectivamente, pelo companheirismo. Uma feliz obra do destino proporcionou que alcançássemos o Curso de Doutorado no mesmo momento da vida. Jane Quitete na área de enfermagem e Glória Albino na área de educação. Do processo seletivo para a admissão à finalização da tese, compartilhamos todos os sentimentos. Agradeço também à amiga Mônica de Oliveira

Furtado pela amizade e apoio emocional nos momentos em que a fragilidade e o cansaço pareciam prevalecer.

Por fim agradeço a José Eduardo Martins e Sueli Martins, meus pais, pelo apoio incondicional em toda a minha trajetória. Seu amor, dedicação e perseverança trilharam o meu caminho e eu, sempre buscando, através deles, o melhor de mim.

Agradeço as informações fornecidas pelas empresas

ATTO Nacional Montadora Elétrica Ltda

Cascavel, Paraná

Líder do Consórcio Modular Parque Industrial Vale do Lítio

CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz)

Projeto PD-0063-0060/2013 - PA0060 - MOBILIDADE ELÉTRICA - INSERÇÃO TÉCNICA E COMERCIAL DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM FROTAS EMPRESARIAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica das empresas CPFL Paulista, CPFL Piratininga e RGE, do Programa de P&D regulado pela ANEEL

Itaipu Binacional

Programa VE/Itaipu

Nissan do Brasil Automóveis Ltda

Projeto de Emissão Zero da Nissan.

Grupos de trabalho para viabilidade de fábricas de veículos elétricos no Estado do Rio de Janeiro

Renault do Brasil S.A.

Projeto Veículo Elétrico Renault Brasil

Como também pela

Vice-Prefeitura de Curitiba

Projeto Eco-Elétrico

Canção de Primavera

Mário Quintana

*Um azul do céu mais alto,
Do vento a canção mais pura
Me acordou, num sobressalto,
Como a outra criatura...*

*Só conheci meus sapatos
Me esperando, amigos fiéis,
Tão afastado me achava
Dos meus antigos papéis!*

*Dormi, cheio de cuidados
Como um barco soçobrando,
Por entre uns sonhos pesados
Que nem morcegos voejando...*

*Quem foi que ao rezar por mim
Mudou o rumo da vela
Para que eu desperte, assim,
Como dentro de uma tela?*

*Um azul do céu mais alto,
Do vento a canção mais pura
E agora... este sobressalto...
Esta nova criatura!*

RESUMO

O objetivo deste estudo é examinar o processo de difusão do carro elétrico a partir da trajetória da indústria automobilística, com a análise dos fatores condicionantes de caráter institucional, econômico e técnico, tendo como base a literatura de inovação e difusão tecnológica. A tecnologia do motor elétrico começou a ser desenvolvida no século XIX, quando competia com os motores a vapor e a combustão interna. A criação de ativos complementares, como infraestrutura de abastecimento, para os carros a gasolina, tornaram esta tecnologia dominante gerando *path dependence*. Com a evidência das questões ambientais no cenário internacional, a ideia do carro elétrico foi resgatada. A difusão do carro elétrico depende de uma conjunção de fatores condicionantes que extrapolam os aspectos técnicos, considerando que o carro elétrico já é uma realidade e suas inovações incrementais são consideráveis, destacam-se os fatores institucionais e econômicos. Fatores institucionais incluem estímulos e incentivos fiscais tanto à produção quanto para o consumo dos carros, criação de uma infraestrutura eficiente de recarga, assim como desenvolvimento de uma matriz elétrica mais limpa que associe o abastecimento dos carros elétricos com energias limpas e renováveis. Fatores econômicos incluem a escala de produção que pode estimular as empresas a avançarem na curva de aprendizado e o preço de aquisição, cuja redução poderá afetar a competitividade dos carros elétricos. Para viabilizar o carro elétrico, uma série de investimentos complementares precisa ser realizada ao longo de toda a cadeia produtiva. O desenvolvimento das cidades, a mudança do padrão de consumo aliada às novas formas de comportamento das sociedades requerem um novo rumo para as políticas públicas focadas em mobilidade, como também em energia.

Palavras-chave: Carro elétrico. Inovação. Difusão tecnológica. *Path dependence*. Ativos complementares. Condicionantes institucionais. Condicionantes econômicos. Condicionantes técnicos.

ABSTRACT

The objective of this study is to examine the process of diffusion of the electric car from the trajectory of the car industry, with the analysis of restrictive factors of institutional, economical and technical characters, taking as base the literature of innovation and technological diffusion. The technology of the electric engine began to be developed in the 19th century, when it was competing with steam and internal combustion engines. The creation of complementary assets, as an infrastructure of supply, for gasoline cars, made this technology dominant producing path dependence. With the evidence of environmental questions in the international scenery, the idea of the electric car has been rescued. The diffusion of the electric car depends on a conjunction of restrictive factors, which overstep the technical aspects considering that the electric car is already a reality and its incremental innovations are considerable, institutional and economical factors standing out. Institutional factors include stimulus and fiscal incentives for the production and the consumption of the cars, creation of an efficient infrastructure of reloading, as well as the development of a cleaner electric matrix that associates the supply of the electric cars with clean and renewable energies. Economical factors include the scale of production that can stimulate the enterprises to advance in the learning curve and the acquisition price, whose reduction might affect the competitiveness of the electric cars. To promote the electric car, a series of complementary investments need to be carried out along the whole productive chain. The development of cities, the change of consumption patterns, allied to the new forms of behaviour of societies, require a new course for public policies focused in mobility just as in energy.

Keywords: Electric car. Innovation. Technological diffusion. Path dependence. Complementary assets. Institutional restrictions. Economical restrictions. Technical restrictions.

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Studie ist, den Prozess der Verbreitung des Elektroautos aus der Flugbahn der Automobilindustrie, mit der Analyse der einschränkenden Faktoren von institutionellen, wirtschaftlichen und technischen Arte zu untersuchen, wobei die Basis der Aufklärung die Literatur für Innovation und technologische Diffusion ist. Die Technologie des elektrischen Motors begann im 19. Jahrhundert entwickelt zu werden, als sie mit den Dampf- und Verbrennungsmotoren im Wettbewerb stand. Die Schaffung von komplementären Anlagen als Infrastruktur des Angebots, für Benzinautos, machte diese Technologie dominante und erzeugte Pfadabhängigkeit. Mit der Erkenntnis von Umweltfragen in der internationalen Landschaft ist die Idee des Elektroautos gerettet worden. Die Verbreitung des Elektroautos hängt von der Konjunktion einschränkenden Faktoren ab, welche die technischen Aspekte überschreiten, wenn man bedenkt, dass das Elektroauto bereits eine Realität ist und seine inkrementellen Innovationen erheblich sind. Institutionelle und wirtschaftliche Faktoren zeichnen sich dabei ab. Institutionelle Faktoren beziehen Reiz und Finanzanreize für die Produktion und den Verbrauch der Autos ein, sowohl die Schaffung einer effizienten Infrastruktur zur Ladung, als auch die Entwicklung einer sauberen elektrischen Matrix, die die Versorgung der elektrischen Autos mit sauberen und erneuerbaren Energien verbindet. Wirtschaftliche Faktoren beziehen die Skala der Produktion ein, die die Unternehmen dazu stimulieren können, in der Lernkurve und dem Erwerbspreis voranzukommen, deren Reduktion die Wettbewerbsfähigkeit der elektrischen Autos beeinflussen könnte. Um das elektrische Auto zu fördern, ist eine Serie von komplementären Investitionen, zusammen mit der ganzen Produktionskette, von großer Notwendigkeit. Die Entwicklung von Städten und die Veränderung von Verbrauchsmustern, verbündet mit neuen Formen des Verhalten von Gesellschaften, erfordern einen neuen Kurs staatlichen Richtlinien, auf die in Mobilität genauso wie in Energie gezielt ist.

Schlüsselwörter: Elektrisches Auto. Innovation. Technologische Ausbreitung. Pfadabhängigkeit. Komplementäre Anlage. Institutionelle Einschränkungen. Wirtschaftliche Einschränkungen. Technische Einschränkungen.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – FIGURAS REFERENTES À TRAJETÓRIA INICIAL DO SETOR AUTOMOTIVO	204
ANEXO 2 – FIGURAS DE ATUAIS CARROS TOTALMENTE ELÉTRICOS.....	217

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – PESQUISA EMPÍRICA SOBRE A DISCUSSÃO DOS FATORES QUE DIFICULTAM A DIFUSÃO DO CARRO ELÉTRICO - QUESTIONÁRIO.....	198
APÊNDICE 2 – PESQUISA EMPÍRICA SOBRE A DISCUSSÃO DOS FATORES QUE DIFICULTAM A DIFUSÃO DO CARRO ELÉTRICO - PROFISSIONAIS RESPONDENTES.	200

LISTA DE CASOS

Caso 1 – Mercedes-Benz.....	58
Caso 2 – O início do Império Rockefeller.....	65
Caso 3 – Fiat do Brasil multada por emissão de gases poluentes.....	70
Caso 4 – ATTO Nacional Montadora Elétrica.....	87
Caso 5 – WiTricity Coporation.....	92
Caso 6 – Projeto de Mobilidade Elétrica da CPFL Energia.....	96
Caso 7 – Programa VE da Itaipu Binacional.....	101
Caso 8 – Projeto Eco-Elétrico de Curitiba (Paraná, Brasil).....	103
Caso 9 – Renault do Brasil atuando em parcerias para inserção dos carros elétricos.....	105
Caso 10 – Nissan e o projeto de táxis elétricos em São Paulo e no Rio de Janeiro.....	107
Caso 11 – Nissan vislumbrando aumento de escala de produção para os carros elétricos.....	139
Caso 12 – Renault aguarda incentivos para as vendas de seus carros elétricos ao consumidor brasileiro.....	150
Caso 13 – ATTO Nacional Montadora Elétrica pesquisando custos de manutenção..	152
Caso 14 – Baterias de lítio-ar.....	161
Caso 15 – Itaipu Binacional e a bateria de sódio.....	163

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de difusão tecnológica.....	34
Figura 2 – Trajetória dos motores automotivos.....	48
Figura 3 – Bateria de chumbo-ácido de Planté, 1859.....	54
Figura 4 – <i>La Jamais Contente</i> , carro elétrico de 1899.....	55
Figura 5 – Processo de difusão tecnológica.....	71
Figura 6 – Atto 3 protótipo de testes.....	88
Figura 7 – Mecanismo de funcionamento da Hevo Power:	92
Figura 8 – Carros elétricos da Renault no Projeto Eco-Elétrico de Curitiba (PR)	102
Figura 9 – Taxi elétrico Nissan Leaf no Rio de Janeiro (RJ).....	106
Figura 10 – Configuração do <i>Smart Grid</i>	123
Figura 11 – Curva de aprendizado.....	142
Figura 12 – Carros elétricos congestionam a faixa de ônibus durante o horário de rush, em Oslo, capital da Noruega	148
Figura 13 – Bateria de íon de lítio do Nissan Leaf, lançado nos Estados Unidos e Japão em dezembro de 2010	159
Figura 14 – Baterias para carros de passeio elétricos: estágios de desenvolvimento	162

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matriz energética brasileira – capacidade instalada (em GW)	117
Gráfico 2 – <i>Ranking</i> dos carros elétricos mais vendidos na Europa em 2013 (O gráfico inclui carros totalmente elétricos e <i>plug-in</i> híbridos- PHEV).....	140
Gráfico 3 – <i>Ranking</i> dos carros elétricos mais vendidos no mundo em 2013 (O gráfico inclui carros totalmente elétricos e <i>plug-in</i> híbridos- PHEV).....	140
Gráfico 4 – Vendas de carros 100% elétricos na Noruega em 2013.....	146
Gráfico 5 – Previsão de receita global do mercado de baterias de íon de lítio (em milhões de dólares norte-americanos)	165
Gráfico 6 – Velocidade da difusão do carro elétrico no Brasil	169
Gráfico 7 – Fatores de ordem institucional que dificultam a difusão do carro elétrico	170
Gráfico 8 – Fatores de ordem econômica que dificultam a difusão do carro elétrico.	171
Gráfico 9 – A bateria é um obstáculo intransponível ?	172
Gráfico 10 – Tecnologia mais promissora para os carros elétricos.....	173

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tecnologias de propulsão veiculares existentes na virada do século XIX para o século XX	61
Quadro 2 – Políticas necessárias à difusão do carro elétrico	73
Quadro 3 – União de projetos de P&D entre fabricantes de carros elétricos e fabricantes de baterias	76
Quadro 4 – Fontes não renováveis de energia.....	112
Quadro 5 – Fontes renováveis de energia.....	113
Quadro 6 – Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados (Fases P)	132
Quadro 7 – Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos leves (Fases L)	135
Quadro 8 – Fatores econômicos que afetam a difusão do carro elétrico.....	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade instalada de energia eólica por regiões do mundo (MW)	115
Tabela 2 – Capacidade instalada de energia eólica nos países líderes (MW)	116
Tabela 3 – Preço de automóveis 100% elétrico, híbrido <i>plug-in</i> e convencional na Alemanha	143
Tabela 4 – Preço-base de carros totalmente elétricos nos Estados Unidos	144
Tabela 5 – Vendas de carros elétricos nos Estados Unidos em 2012	145
Tabela 6 – Vendas de carros elétricos nos Estados Unidos em 2013	145
Tabela 7 – Comparação do custo de manutenção entre o Kangoo elétrico e o Kangoo combustão da Renault.....	153
Tabela 8 – Pesquisas quanto ao custo da energia (combustível) de carros elétricos, do Projeto P&D ANEEL da CPFL Energia: PA0060 – Mobilidade Elétrica – Inserção técnica e comercial de veículos elétricos em frotas empresariais da região metropolitana de Campinas.....	155
Tabela 9 – Algumas características de principais baterias de carros elétricos.....	165

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional de Veículos Automotores
ANTP	Agência Nacional de Transportes Públicos
ARRA	American Recovery and Reinvestment Act
AVERE	European Electric Road Vehicle Association
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CEIIA	Centro para Excelência e Inovação na Indústria Automóvel
CITELEC	Association of Cities Interested in the Use of Electric Vehicles
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CPqD	Centro e Pesquisa de Desenvolvimento em Telecomunicações
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPI	Imposto sobre Produto Industrializado
KWO	Kraftwerke Oberhasli
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MITI	Ministry of International Trade and Industry
Mobi. E	Rede de Mobilidade Elétrica em Portugal
N11	Next 11 - Irã, Indonésia, Egito, Coreia do Sul, Turquia, Nigéria, Bangladesh Paquistão, Filipinas e México
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität

OCP	Open Charge Point Protocol
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PROCONVE	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
PRONAR	Programa de Controle de Qualidade do Ar
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
VAT	Value-added tax
V2G	Vehicle to grid

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	OBJETIVOS	29
1.1.1	Objetivo geral	29
1.1.2	Objetivos específicos	29
1.2	METODOLOGIA	32
1.3	ESTRUTURA DA PESQUISA	35
2	MARCO TEÓRICO	36
2.1	INOVAÇÃO	36
2.2	DIFUSÃO TECNOLÓGICA	42
2.3	<i>PATH DEPENDENCE</i>	44
2.4	ATIVOS COMPLEMENTARES	46
3	A TRAJETÓRIA DO SETOR AUTOMOTIVO E A DEPENDÊNCIA DO CARRO A GASOLINA	48
3.1	ORIGENS : O MOTOR A VAPOR	48
3.2	O MOTOR ELÉTRICO E OS PRIMEIROS CARROS ELÉTRICOS	52
3.3	O MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA E OS PRIMEIROS CARROS A GASOLINA ...	56
3.4	CARRO ELÉTRICO VS. CARRO A GASOLINA	59
4	DIFUSÃO DO CARRO ELÉTRICO: ANÁLISE DOS FATORES CONDICIONANTES – INSTITUCIONAIS, ECONÔMICOS E TÉCNICOS	68
4.1	FATORES CONDICIONANTES	71
4.1.1	Fatores Institucionais	71
4.1.2	Fatores Econômicos	137
4.1.3	Fatores Técnicos	156
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO	168
	CONCLUSÕES	174
	REFERÊNCIAS	178
	APÊNDICES	197
	ANEXOS	203

1 INTRODUÇÃO

Esta tese examina o processo de inovação e difusão dos carros elétricos como forma de minimizar a poluição urbana. O desenvolvimento cumulativo de tecnologias e a crescente quantidade de veículos movidos a combustão, que emitem gases poluentes, têm sido apontados como fatores que prejudicam o meio ambiente, favorecendo o aquecimento global. Estes efeitos, danosos ao desenvolvimento, reacenderam a ideia do motor elétrico, abandonada no passado, mas que encontra janelas de oportunidade na atualidade, devido à busca por tecnologias limpas. Apesar da aderência do carro elétrico às motivações ambientais, sua difusão depende de um conjunto de fatores condicionantes para se viabilizar, seja de natureza institucional, econômica e técnica.

O motor elétrico não é novo, remontando ao final do século XIX, quando os primeiros modelos foram projetados e construídos. No início da indústria automobilística os carros movidos a vapor, a eletricidade e a combustão interna eram opções de uso que concorriam entre si. Entretanto, as três tecnologias apresentavam problemas. O carro a vapor precisava ser aquecido antes de ser usado, além de consumir uma imensa quantidade de água.

O carro elétrico, apesar de ser silencioso, não podia subir estradas íngremes e percorrer longas distâncias, pois, tanto sua velocidade máxima quanto sua autonomia eram baixas. O principal problema do carro movido a energia elétrica era a pouca capacidade de armazenamento de energia nas baterias.

Já o carro a gasolina - motor a combustão interna - era barulhento, enfrentava grande dificuldade para dar partida, consumia muita água, tinha autonomia relativamente baixa e a velocidade lenta. Porém, como não ocorreram inovações disruptivas nas tecnologias de chumbo-ácido utilizadas nas baterias dos carros elétricos, os problemas desses carros persistiram, minando a capacidade competitiva em relação à tecnologia do automóvel movido a combustão interna.

Nos primórdios da indústria automobilística, o mercado estava dividido principalmente entre elétrico e vapor. No fim do século XIX foram vendidos nos

Estados Unidos mais carros a vapor e elétricos do que carros a gasolina. Entretanto, nos primeiros anos do século XX, as vendas dos carros a gasolina ultrapassaram as vendas de carros elétricos, refletindo maior competitividade. A crescente disponibilidade de postos de abastecimento associada à redução contínua dos preços dos combustíveis derivados de petróleo favoreceram, progressivamente, a preferência pelos carros com motor a combustão interna. Uma tecnologia não se desenvolve e difunde isoladamente, requerendo um conjunto de ativos complementares que produzam a sinergia necessária para sua ampla difusão.

Com a evolução dos investimentos houve um aprisionamento – *lock in* – na tecnologia do motor a combustão em detrimento do motor elétrico que acabou por ser afastado do mercado - *locked out*. O futuro evolui e se restringe pelas decisões tecnológicas iniciais adotadas no passado. A literatura sobre *path dependence* (David, 1985; 1986) sugere que o paradigma atual do motor a gasolina se mantém devido às ações ocorridas no passado.

Segundo Utterback (1994) uma tecnologia dominante refere-se àquela mais bem sucedida no mercado, tornando-se padrão para projetos futuros. Em muitas situações, as tecnologias dominantes emergem da concorrência entre um número de tecnologias alternativas (ABERNATHY e UTTERBACK, 1978; ANDERSON e TUSHMAN, 1990). No caso dos veículos automotivos, a tecnologia do motor a combustão interna, hoje dominante, competiu com as tecnologias dos motores elétrico e a vapor, na sucessão das antigas carruagens puxadas por cavalos.

O aprisionamento tecnológico (*lock-in*) resulta em retornos crescentes da adoção da tecnologia, devido às inovações incrementais contínuas (UNRUH, 2000 e ARTHUR, 1988) proporcionada pelo aprender-usando (*learning by using*) (ROSENBERG, 1982) e as externalidades de rede¹ (KATZ e SHAPIRO, 1985). Arthur (1983) enfatiza que o processo de escolhas de tecnologia depende de retornos crescentes de escala em consequência da escolha inicialmente feita. À medida que o processo de adoção avança, o ganho de experiência proporciona retornos crescentes.

¹ Quando o valor de um produto para um usuário depende do número de outros usuários, esse produto apresenta externalidade de rede (KATZ e SHAPIRO, 1985).

Arthur (1989) argumenta que podem existir retornos crescentes, tanto pelo lado da oferta, como resultado do aprender-fazendo (*learning by doing*) que permite reduzir custos e/ou aprimorar a qualidade de um produto à medida que a produção acumulada aumenta, quanto pelo lado da demanda, através da aprendizagem desenvolvida pelos usuários (*learning by using*). Uma vez iniciado um caminho, é mais fácil continuar a avançar por essa trilha ao invés de mudar para outra. Os efeitos desses determinantes são ainda mais fortes quando uma tecnologia depende da disponibilidade de infraestrutura física.

No caso dos veículos automotivos, os postos de gasolina, que começaram a surgir no início do século XX, favoreceram a adoção dos carros com esse combustível. Retornos crescentes de adoção da tecnologia considerada antiga podem impedir a difusão de novas tecnologias, possivelmente superiores (ARTHUR, 1988 e FRENKEN et al., 2004).

Após o aparecimento e declínio precoces do carro elétrico no final do século XIX e início do século XX, o interesse por eles ressurgiu nos Estados Unidos, nas décadas de 1960 e 1970, devido aos efeitos negativos da poluição do ar e aumento dos preços do petróleo. Em 1965 a Lei do Ar Limpo (*Clean Air Act*) desencadeou o surgimento de vários institutos de pesquisa e empresas com o propósito de desenvolver carros elétricos, mas não se logrou êxito em termos de desempenho tecnológico e preço, comparados aos carros a gasolina (DIJK et al., 2013).

No final da década de 1970, menos do que 4.000 carros elétricos tinham sido vendidos no mundo, mas na segunda metade da década de 1980 e início dos anos de 1990 o interesse público em carros elétricos reacendeu, trazendo esperanças renovadas para ambientalistas (DIJK et al., 2013). Assim, a década de 1990 foi marcada por inúmeras questões de ordem ambiental e energética, que se somaram à preocupação com a segurança de suprimento de petróleo e gás natural.

As contínuas discussões sobre o aquecimento global e uma possível instabilidade da oferta de petróleo, abriram oportunidades para o desenvolvimento tecnológico de bens e serviços que sejam poupadores de energia e que contribuam

para o desaquecimento global. A eletrificação veicular surge, no início do século XXI, como uma tendência tecnológica desejável, fazendo com que o carro elétrico volte ao cenário tecnológico mundial.

O desenvolvimento significativo da indústria automobilística no século XX veio acompanhado de crescentes preocupações com o congestionamento de trânsito e a poluição gerada pelos carros que utilizam motor a combustão. Segundo Kemp e Soete (1990), no final do século XIX, Londres já enfrentava enormes congestionamentos e também problemas ambientais, como resultado do uso de cavalos como meio de transporte. Estima-se que os cavalos não produzissem menos que de 16 kg de excrementos por dia. Londres contava com 6.000 varredores, cuja tarefa era abrir caminho para pedestres.

Os carros tinham, na época, um nível de cerca de 200 vezes menos emissões medido em gramas por milha, em relação a veículos com tração animal. A mudança para os carros movidos por um motor tornou-se, naquele momento, um enorme alívio ambiental (KEMP e SOETE, 1990). Entretanto o problema é cumulativo e, após mais de um século, com milhões de automóveis com motor a combustão em circulação, o problema ambiental retornou.

Os veículos automotivos vêm contribuindo para a contínua deterioração da qualidade do ar, especialmente nos grandes centros urbanos. Os veículos movidos a gasolina e a diesel produzem gases² poluentes como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOX) e hidrocarbonetos (HC), que constituem riscos graves tanto à saúde das pessoas quanto ao meio ambiente (GOLDENSTEIN e AZEVEDO, 2006). O início do século XXI caracteriza-se por um aumento na busca por redução das emissões

² Os veículos automotivos emitem gases que podem ser classificados em duas categorias: os inertes, que são inofensivos à saúde e ao meio ambiente como nitrogênio (N₂), vapor de água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂); e os poluentes como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOX) e hidrocarbonetos (HC). O efeito estufa ocorre por causa do acúmulo de gases na atmosfera, sobretudo do dióxido de carbono (CO₂), que retêm a radiação infravermelha do sol e não permitem que o calor que incide sobre a Terra seja integralmente refletido de volta ao espaço. Graças ao efeito estufa, a temperatura na superfície da Terra manteve-se estável e propícia à vida por milhões de anos. O processo de combustão dos derivados de petróleo efetuado pelos motores veiculares resulta no lançamento de gás carbônico para a atmosfera. Logo, retira-se uma quantidade de compostos de carbono estocada no subsolo, lançando-os para a atmosfera, em um processo inverso àquele que o ecossistema do planeta levou cerca de cinco milhões de anos para constituir. (GOLDENSTEIN e AZEVEDO, 2006).

de gases poluentes dos veículos como um todo, estimulando a investigação de novas tecnologias para a propulsão veicular.

O grande desafio hoje é como romper o *feedback* positivo da tecnologia do motor a combustão interna. O *feedback* positivo existe a partir da expansão da base instalada de usuários, propiciando o uso da tecnologia por um número cada vez maior de usuários que consideram que vale a pena a adoção. Assim, fortalece o forte e enfraquece o fraco, levando a resultados extremos: o domínio do mercado por uma única empresa ou tecnologia. (SHAPIRO e VARIAN, 1999)

Uma grande e poderosa indústria – petróleo – tornou-se de tamanha relevância que talvez seja ainda mais importante que a própria indústria automobilística. Logo se verifica um “jogo de interesse” para manter e favorecer a indústria de petróleo em detrimento às novas tecnologias, como do motor elétrico. Entretanto estas questões não são tratadas nesta tese.

Apesar de utilizar uma tecnologia existente há quase dois séculos, o carro elétrico perdeu espaço para os carros de motor a gasolina com a progressiva formação de ativos complementares. A mobilidade elétrica, apesar de se beneficiar de uma evolução contínua das políticas de restrições de carbono e dos preços elevados de petróleo, requer investimentos em tecnologias e ações complementares.

Para Dijk et al. (2013) o desenvolvimento dos carros com motores elétricos depende de mudanças (i) na infraestrutura de abastecimento, que para os carros 100% elétricos incluem duas soluções possíveis que são a troca de baterias (*battery swap*) e pontos de recarga; (ii) no mercado mundial de automóvel, tanto em termos de tamanho do mercado já que países emergentes que incluem os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) e os N11³ (Next 11 - Irã, Indonésia, Egito, Coreia do Sul, Turquia, Nigéria, Bangladesh Paquistão, Filipinas e México) estão apresentando crescimento significativo nas vendas de automóveis; quanto em termos de foco tecnológico com a introdução dos carros elétricos; (iii) nas políticas climáticas que

³ Os Next Eleven - N11 (Próximos 11) é o conjunto de onze países identificados pelo banco de investimento Goldman Sachs como de grande potencial para se situar entre as maiores economias do mundo junto com os BRICS (LAWSON et al., 2007)

estimulam a geração de energias renováveis; e (iv) no setor elétrico, com o crescimento em tecnologias de energia renovável e a emergência dos sistemas de *Smart Grid* (rede de energia inteligente).

A mobilidade urbana torna-se, cada vez mais, um pré-requisito para o bem-estar social e o desenvolvimento econômico dos países, em especial os países emergentes mais carentes de infraestruturas. É neste contexto que o desenvolvimento e difusão dos carros elétricos vêm ganhando destaque no cenário internacional, pois de um lado apresenta-se como um novo mercado para a indústria automobilística e, de outro, encontram-se governos que buscam reduzir a dependência de combustíveis fósseis e a emissão de gases de efeito estufa.

Existem três famílias de tecnologias de carros elétricos sendo elas (i) carro a bateria, também chamados de carro totalmente elétrico ou 100% elétrico, (ii) híbrido e (iii) híbrido *plug-in*. Nos carros 100% elétricos a energia tem origem de uma fonte externa, no caso uma rede elétrica, e é armazenada em uma bateria. Já os carros híbridos possuem um motor a combustão interna que aciona o motor elétrico. Em uma velocidade baixa apenas o motor elétrico movimenta o automóvel, mantendo o motor a combustão desligado. Caso se mantenha em baixa velocidade o condutor dirige um carro exclusivamente elétrico, sem o consumo de combustível (gasolina, diesel ou etanol), nem emissão de gases poluentes. Porém, caso necessite de uma arrancada mais forte, o motor a combustão é acionado em paralelo e, em velocidades maiores, prevalece o motor a combustão o que, por sua vez, é assistido pelo motor elétrico, se houver necessidade de mais potência. Para recarregar a bateria, os carros híbridos recuperam a energia da frenagem, com o motor elétrico atuando como gerador.

Os carros híbridos *plug in* têm a bateria alimentada tanto por uma fonte externa quanto por um motor gerador situado a bordo do veículo, sendo então uma combinação dos carros 100% elétrico e dos carros híbridos. Todo o processo, tanto dos carros híbridos quanto dos híbridos *plug in*, é monitorado por sofisticada unidade computadorizada. Assim, considerando as três famílias de tecnologias de carros elétricos, esta pesquisa se refere exclusivamente aos carros totalmente elétricos, pois comparando a possibilidade de adoção e penetração dessas tecnologias, com as

vantagens de cada uma e com as possibilidades de desenvolvimento dos componentes, identificamos, ao longo da pesquisa, que as tecnologias híbridas são transitórias considerando, especialmente, o aumento das vendas dos carros 100% elétricos em comparação aos híbridos.

As tecnologias híbridas são mais complexas em controle e eletrônica. O desenvolvimento das baterias, aliado aos supercapacitores e carregadores⁴, as tornará mais baratas e com maior capacidade, logo a eficiência dos carros 100% elétricos serão maiores. Além disso, a emissão dos gases poluentes dos híbridos os torna ambientalmente desfavoráveis. (informações Carlos Motta – ATTO Montadora Nacional Elétrica, janeiro de 2015)

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o processo de difusão do carro elétrico a partir da trajetória da indústria automobilística, tendo como base a literatura de inovação e difusão tecnológica.

1.1.2 Objetivos específicos

i) Por que os carros elétricos tiveram uma difusão mais limitada do que os carros a gasolina?

A tese analisa, de forma histórica, os aspectos que levaram a perda de espaço do carro elétrico. No fim do século XIX existiam três formas concorrentes de tecnologia automotiva que eram os motores a vapor, a combustão e elétrico, sendo o último o mais vendido. Segundo Mowery e Rosenberg (2005) as três formas de propulsão requeriam uma infraestrutura elaborada para reabastecimento ou recarga, mas o

⁴ O supercapacitor é um equipamento que age como um aliado à bateria. As baterias armazenam muita energia e pouca potência e supercapacitor o inverso, logo o ideal é a haja a sua união. Da mesma forma, que os carregadores de baterias inteligentes programáveis, como também à indução (*wireless*), também revolucionam a autonomia dos carros totalmente elétricos. (informações Carlos Motta – ATTO Montadora Nacional Elétrica, janeiro de 2015)

maior raio de ação de operação do automóvel movido a combustão interna, além do baixo custo da gasolina nos Estados Unidos, deram ao carro a gasolina melhor custo operacional em relação aos automóveis elétricos. O desenvolvimento de ativos complementares no início do século XX, especialmente refinarias, distribuidoras e postos de abastecimento, resultaram no surgimento de grandes corporações de petróleo que acabaram por empurrar o uso da gasolina. Ao mesmo tempo, o modelo fordista⁵ de produção de carros com motor a gasolina, revelou-se um paradigma robusto, fortalecendo a tecnologia vencedora da “guerra de padrões técnicos”⁶.

ii) Quais os principais fatores condicionantes do processo de difusão do carro elétrico?

O processo de difusão tecnológica dos carros elétricos é analisado segundo fatores condicionantes de caráter institucional, econômico e técnico. Dentre os fatores de natureza institucional serão analisadas as seguintes políticas para a difusão do carro elétrico: estimular a inovação com o propósito de superar os gargalos tecnológicos; subsídios e incentivos fiscais para equiparar o preço dos carros elétricos aos carros convencionais; criar infraestrutura de abastecimento disponibilizando postos de recarga; parcerias entre Estado e iniciativa privada com projetos para o desenvolvimento tecnológico e utilização dos carros elétricos; desenvolvimento de uma matriz elétrica limpa de fonte renovável compatível com a ideia do carro elétrico; implantação do *Smart Grid* que permite aos usuários controlar a recarga dos carros enquanto estão conectados a uma tomada normal; e regulação ambiental para o setor

⁵ Henry Ford focou a sua produção em um único modelo de carro – o Modelo T de 1908 – e de uma única cor – a cor preta, isto é, visava a padronização do produto com o objetivo de facilitar a montagem e reduzir a diversidade de peças e componentes. O modelo fordista caracterizou-se pela intercambiabilidade das peças e componentes e pela facilidade de ajustá-la entre si, “o bloco do motor de quatro cilindros de Ford consistia em uma única e complexa peça fundida. Já seus competidores fundiam cada cilindro em separado, aparafusando-os depois para juntá-los” (WOMACK et al., 1992, p.15). O modelo T, projetado para ser operado e mantido pelos compradores, expressou o início de dois tipos de importantes modificações produtivas e organizacionais, representadas pela acentuada redução nos custos e preços e pelo crescimento na escala de produção. O custo e o preço do Modelo T foram reduzidos a mais da metade, o que permitiu uma elevação rápida da demanda, fazendo com que a participação da Ford no mercado passasse de 10% em 1909 para 60% em 1921, com o aumento em seus lucros chegando a 300% ao ano (FREEMAN e SOETE, 2008).

⁶ “Norte versus Sul nas bitolas ferroviárias. Edison versus Westinghouse na eletricidade. NBC versus CBS na TV em cores, Sony versus Matsushita nos VCRs, Estados Unidos versus Japão na HDTV, 3COM versus Rockwell e Lucent nos modems... Continuamente, tecnologias incompatíveis enfrentam-se no mercado em uma guerra de altos interesses do tipo o vencedor leva tudo. Quando duas tecnologias novas e incompatíveis lutam para tornar-se um padrão de fato, dizemos que elas estão engajadas em uma guerra de padrões”. (SHAPIRO e VARIAN, 1999, p. 299)

automotivo, aumentando a obrigatoriedade por soluções ecologicamente corretas, incentivando o carro elétrico.

Com relação aos fatores econômicos incluem-se a escala de produção que pode estimular as empresas a avançarem na curva de aprendizado e o preço de aquisição, cuja redução poderá afetar a competitividade dos carros elétricos. Além disso, o custo de manutenção e custo do km rodado, também considerados fatores econômicos, são atraentes ao consumo, pois esses custos são menores em relação ao carro movido a combustão interna, representando aspectos positivos à difusão do carro elétrico.

Do ponto de vista técnico, o principal obstáculo reside no desenvolvimento tecnológico de baterias duráveis que viabilize um carro completamente elétrico e sustentável. Como a tecnologia da bateria é a chave para melhorar o desempenho dos carros elétricos, as montadoras começaram a colaborar estreitamente com os produtores de baterias para gerar ou reforçar competências. Por exemplo, a Toyota e a Matsushita (Panasonic) formaram, em 1995, uma parceria para o desenvolvimento da bateria (MAGNUSSON e BERGGREN, 2001). Em 2007, a Nissan estabeleceu uma *joint venture* (Automotive Energy Supply) para a produção de baterias de íons de lítio com a NEC e NEC Tokin, empresas da indústria eletrônica e a Mitsubishi Motors criou a Lithium Energy Japan associada com a GS Yusa, empresa especializada na fabricação de baterias com o foco em baterias de íon de lítio. Em 2009, a GS Yusa entrou em colaboração com a Honda para o desenvolvimento de baterias através da *joint venture* Blue Energy (DIJK, 2013).

iii) Que políticas seriam mais adequadas para ampliar a difusão do carro elétrico?

Procuramos identificar as políticas favoráveis à difusão do carro elétrico nos Estados Unidos e em países europeus e asiáticos. Atualmente existem sérias restrições para recarregar carros elétricos devido à ausência de infraestrutura de abastecimento. O grande entrave para a difusão do carro elétrico é que ele ainda não representa uma alternativa de massa para o transporte urbano. Segundo Barbosa et al. (2010) sua difusão em escala comercial, depende de algumas decisões de política pública, particularmente em relação à regulamentação ambiental, e incentivos tecnológicos e fiscais. Vários países como Estados Unidos, Japão, China e Alemanha oferecem

incentivos para a aquisição de carros elétricos sob a forma de isenções fiscais ou bônus monetários (COUTINHO et al., 2010).

Para viabilizar o carro elétrico, uma série de investimentos complementares precisa ser realizada ao longo de toda a cadeia produtiva. Mecanismos de incentivos e de fomento deverão ser implementados em prol dos carros elétricos. A tese argumenta que uma parceria do Estado com os agentes privados é de fundamental importância para viabilizar a produção dos carros elétricos. Incentivos fiscais podem não ser suficientes para alavancar as vendas dos veículos em questão. Embora países europeus e os Estados Unidos disponibilizem incentivos fiscais para este tipo de carro, eles ainda não são atraentes aos consumidores em função das deficiências da infraestrutura. Para isso serão revistas políticas internacionais desenvolvidas para a difusão do carro elétrico.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada está associada às três perguntas centrais da tese:

i) Por que os carros elétricos tiveram uma difusão mais limitada do que os carros a gasolina?

Esta questão tem caráter histórico e a fonte de informação tem por base material publicado. Isso inclui uma ampla literatura formada por livros, artigos científicos além de *sites* especializados na Internet. A análise refere-se à trajetória do setor automotivo e a dependência do carro a gasolina, mostrando os primeiros momentos das três tecnologias – vapor, eletricidade e combustão interna – e a origem dessa dependência.

ii) Quais os principais fatores condicionantes do processo de difusão do carro elétrico?

Esta questão é analisada com base na literatura de inovação e difusão tecnológica, especialmente os conceitos de *path dependence* e ativos complementares. Investigamos os condicionantes institucionais, econômicos e técnicos necessários para a difusão do carro elétrico com base no modelo de difusão tecnológica de Tigre (2006) que examina o processo a partir de quatro dimensões básicas (figura 1):

1. Direção ou trajetória tecnológica, na qual se refere às opções técnicas adotadas ao longo de uma trajetória evolutiva;

2. Ritmo de difusão, ou seja, velocidade de penetração no mercado, que indica a velocidade de sua adoção pela sociedade, medida pela evolução do número de adotantes ao longo do tempo dentro do universo potencial de usuários.

3. Fatores condicionantes, tanto positivos que estimulam a adoção da tecnologia, quanto negativos que restringem seu uso, que podem ser de natureza institucional, econômica e técnica:

(a) condicionantes institucionais referem-se aos fatores de ordem política, social, cultural e legal que condicionam o processo de difusão tecnológica como disponibilidade de financiamentos e incentivos fiscais à inovação, clima favorável ao investimento no país, acordos internacionais de comércio e investimento e existência de capital humano, instituições de apoio e regulação;

(b) condicionantes econômicos referem-se aos custos de aquisição e implantação da nova tecnologia, assim como as expectativas de retorno do investimento; incluem também os custos de manutenção e a possibilidade de aproveitamento de investimentos já realizados em equipamentos;

(c) condicionantes técnicos ocorrem à medida que uma tecnologia se difunde, com a necessidade de desenvolvimento de um conjunto de tecnologias complementares para apoiá-la; além disso, o sucesso na introdução de novas tecnologias depende essencialmente da capacidade das empresas de absorver de forma eficiente novos equipamentos, sistemas e processos produtivos, com a incorporação de novas rotinas, procedimentos em informações técnicas, que dependem da capacidade do capital humano de transformar informação em conhecimento.

4. Impactos econômicos e sociais, trazendo consequências positivas e negativas para diferentes setores da economia, e que podem ser analisados sob natureza econômica, no sentido de alterar a demanda por determinados produtos, afetando a produção e o comércio internacional; natureza social, que se refere ao impacto das novas tecnologias sobre o emprego e as qualificações; e natureza ambiental, tendo em vista as preocupações da sociedade com a preservação dos recursos naturais, da água e do ar.



Figura 1 – Processo de difusão tecnológica

As fontes de informação utilizadas incluem material publicado em livros, artigos científicos e *sites* na Internet. As informações levantadas foram também obtidas por meio de entrevistas com técnicos e gestores envolvidos com a questão do carro elétrico tanto na esfera pública quanto privada.

iii) Que políticas seriam mais adequadas para ampliar a difusão do carro elétrico?

Ao identificar ações para tornar viável o carro elétrico, fontes primária e secundária de informações foram utilizadas. A fonte primária compreendeu entrevistas pessoais com seis profissionais – sendo eles da Itaipu Binacional, Renault, Nissan, CPFL Energia, Vice-Prefeitura de Curitiba e Atto Nacional Montadora Elétrica - que estão ligados diretamente com a questão do carro elétrico no país; e questionário estruturado enviado pela Internet a 27 profissionais - sendo eles de montadoras e

componentes, prefeitura, secretaria de estado, centro de pesquisa, empresa de energia, além de pesquisadores e empreendedores - que estão atuando com o quesito mobilidade elétrica. A fonte secundária compreendeu material publicado através de artigos científicos e *sites* na Internet que propiciaram a construção de um arcabouço teórico acerca das necessárias políticas de difusão do carro elétrico, examinadas as políticas internacionais e revistas as políticas no Brasil.

1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

O segundo capítulo apresenta o marco teórico pertinente, especialmente os conceitos de inovação, difusão tecnológica, *path dependence* e ativos complementares. O terceiro capítulo é histórico e descreve, de forma breve, a trajetória do setor automotivo com as primeiras criações do automóvel e a sucessiva dependência do carro a gasolina. O quarto capítulo investiga os condicionantes institucionais, econômicos e técnicos da difusão do carro elétrico. O quinto capítulo apresenta e discute os resultados da pesquisa de campo. O último capítulo apresenta as conclusões da pesquisa.

2 MARCO TEÓRICO

Inovação, difusão tecnológica, *path dependence* e ativos complementares são os conceitos chaves que serão desenvolvidos no capítulo, constituindo ferramentas fundamentais do referencial teórico.

2.1 INOVAÇÃO

A ideia do automóvel começa a ganhar forma no século XVIII com o aperfeiçoamento da máquina a vapor. As primeiras invenções de veículos automotivos caracterizaram-se, na realidade, por adaptações das carruagens nas quais foram inseridas motores a vapor. Para Caruso e Tigre (2004) a invenção é a criação de um produto inédito, processo ou técnica e pode gerar protótipos, patentes e plantas pilotos sem necessariamente ter uma aplicação industrial.

Schilling (2008) argumenta que os inventores se especializam em criar novos produtos e processos e muitos deles podem passar toda uma vida desenvolvendo novos dispositivos ou processos criativos, embora possam efetivamente patentear ou comercializar poucos deles. As qualidades que fazem as pessoas inventivas não necessariamente as fazem empreendedoras; muitos inventores não buscam de maneira ativa patentear ou comercializar seu trabalho, entretanto, muitos dos inventores mais conhecidos, como Graham Bell e Thomas Alva Edison, tinham tanto características inventivas como empreendedoras.

Os primeiros modelos de automóveis não tiveram de fato uma aplicação comercial, sendo apenas uma forma de sugerir uma nova proposta. Após a sua invenção, sucessivas inovações complementares ocorreram no século XIX e início do século XX, especificamente com modelos de automóveis sendo desenhados e construídos com motor elétrico e motor a combustão - a partir do momento que essas novas formas de propulsão também eram inventadas - contribuindo para o desenvolvimento dos países inventores ao criarem novas empresas, formando então um setor industrial. Segundo Tigre a inovação tecnológica

constitui uma ferramenta essencial para aumentar a produtividade e a competitividade das organizações, assim como impulsionar o desenvolvimento econômico de regiões e países. O desenvolvimento não deriva de um mero crescimento das atividades econômicas existentes, mas reside fundamentalmente em um processo qualitativo de transformação da estrutura produtiva no sentido de incorporar novos produtos e processos e agregar valor à produção por meio da intensificação do uso da informação e do conhecimento. (TIGRE, 2006, p.vii).

Schumpeter (1988) entende o processo de inovação como um processo de destruição criadora, pois a inovação cria novos produtos e oportunidades, logo, também acarreta a obsolescência e eliminação de outros. Assim, a dinâmica do capitalismo depende da criação de inovações (novos produtos, processos etc.) e da destruição de produtos e processos preexistentes. Na abordagem teórica elaborada por Schumpeter, a inovação tecnológica assume um papel central na explicação do desempenho econômico, sendo um fator de diferenciação competitiva entre as empresas e o elemento principal da dinâmica capitalista. Com as inovações ocorridas pós-motor a vapor, com os carros sendo produzidos com motor elétrico e a gasolina, a tecnologia do motor a vapor foi criando obsolescência e posteriormente eliminada, pois além do tempo significativo para aquecer a água do carro e o medo dos usuários com o risco de se queimarem, tornaram o motor a vapor uma tecnologia inadequada para a mobilidade.

Pode-se dizer que Schumpeter associa a inovação a tudo que diferencia e cria valor a um negócio, adotando então uma concepção abrangente de inovação que inclui além do desenvolvimento de novos produtos e processos, as atividades de criação de um novo mercado, a exploração de um nova fonte de suprimentos e a reestruturação dos métodos de organização.

Nelson e Winter (2005) iniciaram uma linha de investigação apoiada principalmente em Schumpeter e consideram que a dinâmica econômica é baseada em inovações em produtos, processos e nas formas de organização da produção. Assim, além de seguir as principais ideias de Schumpeter a respeito da dinâmica da concorrência e da inovação, e sua importância na economia capitalista, propõem romper com os pressupostos metodológicos tradicionais – neoclássicos – que pré-

definem o comportamento dos agentes econômicos segundo o princípio da maximização, substituindo-o pelo de racionalidade limitada (“*bounded*”) ou processual onde a ação dos agentes se materializa ao longo do processo de negócios e que, portanto, não pode ser pré-definida.

Os economistas evolucionários introduzem as noções básicas de busca (“*search*”) de inovações, procedidas pelas empresas a partir de estratégias, e de seleção (“*selection*”) dos resultados econômicos, realizada pelo mercado e, de forma secundária, por outras instituições (centros de pesquisa, universidades etc.). Assim, segundo a analogia, os organismos individuais (fenótipos) correspondem às firmas; populações aos mercados (indústrias); genes (genótipos) às rotinas (regras de decisão) ou formas organizacionais; mutações às inovações (em sentido amplo, schumpeteriano); e lucratividade à aptidão (*fitness*).

Firmas com rotinas mais adequadas à obtenção de maior lucratividade resultam em maior crescimento no mercado, portanto maior *market share*. Inovações que tenham potencial para gerar rotinas mais rentáveis tenderão a ser selecionadas em detrimento das demais, aumentando sua participação no *pool* de rotinas da indústria, assim como genes selecionados aumentam sua participação no *pool* genético de uma população. As rotinas prevalecem por decisões de firmas individuais e pelo próprio processo de seleção.

As inovações ocorridas ao longo da história do automóvel levaram ao predomínio do motor a combustão como forma de propulsão veicular. Os modelos de negócios dos fabricantes de automóveis foram direcionados para a tecnologia do carro a gasolina em que o ambiente o identificou como uma inovação mais rentável, sendo então selecionada em detrimento do carro a vapor e elétrico.

Nelson e Winter (2005) entendem a empresa como um depósito de conhecimentos em sua teoria evolutiva da mudança econômica e tecnológica. De acordo com os autores, o conhecimento é armazenado sob a forma de padrões de comportamento regulares e previsíveis, são os genes que assumem a forma de rotinas. A inovação, segundo eles é uma mutação inerentemente imprevisível das rotinas.

A análise microdinâmica desenvolvida por Nelson e Winter, autores da corrente evolucionária neo-schumpeteriana, baseiam-se na interação temporal entre as estratégias empresariais, que envolvem o referido processo de busca de inovações – mas abrangendo ainda outras estratégias competitivas e decisões (produção, investimento, preços) – e o processo de seleção pelo mercado dessas mesmas inovações. De acordo com Nelson e Winter

a preocupação central da teoria evolucionária diz respeito aos processos dinâmicos que determinam conjuntamente os padrões de comportamento da firma e os resultados de mercado ao longo do tempo. (NELSON e WINTER, 2005, p. 39).

A trajetória resultante que os autores chamam de trajetórias naturais se caracterizam por um conjunto de procedimentos, como argumenta Possas,

a evolução temporal da indústria, em que se vai modificando endogenamente, por meio das inovações e de sua seleção pelo mercado, a configuração ou a estrutura da indústria em termos de produtos, tecnologias, participações e concentração de mercado etc. (POSSAS, 2002, p. 422).

Assim, para Nelson e Winter, a pluralidade de ambientes de seleção explica a existência de trajetórias diferentes e a grande variedade de estruturas de mercado e de características institucionais dos quais as firmas evoluem. Os autores desenvolveram o conceito de trajetória natural, que seria um caminho de evolução tecnológica, decidido por um regime de tecnologia. A ideia de regime tecnológico refere-se a uma abordagem bem mais ampla que a de paradigma tecnológico⁷, pois abrange as ligações existentes entre as tecnologias, a organização da produção e os padrões de relação entre fornecedores, trabalhadores e usuários, isto é, o regime tecnológico é uma combinação de condições de oportunidade, de grau de cumulatividade do conhecimento tecnológico e de características do conhecimento básico relevante. Nelson e Winter (2005) consideram que o regime tecnológico pode ser caracterizado por meio de oportunidades que passam a incentivar as ações inovadoras.

⁷ Segundo Dosi (1982) o paradigma tecnológico é definido como um modelo ou padrão de soluções de um conjunto de problemas de ordem técnica, selecionado a partir de princípios derivados do conhecimento científico e das práticas produtivas; enquanto que uma trajetória tecnológica é uma atividade normal de soluções de problemas técnicos, recorrente dos padrões produtivos determinados pelo paradigma tecnológico.

Desta forma, a atual preocupação com questões ambientais abre uma janela de oportunidade para os carros elétricos. Para Perez (2003) as janelas de oportunidade para o desenvolvimento aparecem e alteram as sucessivas revoluções tecnológicas que são implantadas. Assim, a mudança ao longo dos anos do padrão de consumo dos indivíduos, como também a percepção dos governos, em relação aos bens que prejudicam o meio ambiente, especialmente os carros a gasolina com suas emissões poluentes, sugere uma reformulação da cadeia produtiva da indústria automobilística. Logo, a indicação da propulsão elétrica como base desta reformulação, exige alterações em tecnologias colaterais como metal-mecânica, eletroeletrônica e química para o carro elétrico ser produzido em grande escala.

Dosi (1988) define atividade inovadora como um conjunto de processos de busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, novos processos e novas técnicas organizacionais. Segundo Freeman e Soete (2008) as inovações observadas na atividade econômica podem ser classificadas em incrementais ou radicais. As inovações incrementais são aquelas que introduzem aperfeiçoamentos em produtos ou processos pré-existentes, enquanto que as inovações radicais são aquelas que introduzem novos produtos, novos processos e novas formas de organização da produção. De acordo com Tigre

a inovação radical geralmente é fruto de atividades de P&D e tem caráter descontínuo no tempo e nos setores. [...] A inovação radical rompe os limites da inovação incremental, trazendo um salto de produtividade e iniciando uma nova trajetória tecnológica incremental. (TIGRE, 2006, p. 74).

De acordo com Oslo Manual (OSLO MANUAL, 1997 apud TIGRE, 2006) a inovação pode ser diferenciada em três modalidades:

i) inovação de produto: o produto ao ser novo, em termos tecnológicos, tem suas cujas características fundamentais diferenciadas, de forma significativa, em relação aos produtos previamente produzidos pela empresa. A inovação de produto inclui também alterações significativas na sua especificação técnica, componentes, materiais, *software* incorporado ou outras características funcionais.

ii) inovação de processo: implementação de novos processos produtivos ou significativamente aprimorados, através da introdução de novas tecnologias de produção.

iii) inovação organizacional: implementação de mudanças organizacionais que ocorrem na estrutura gerencial da empresa, na organização do trabalho e no relacionamento externo, isto é, com fornecedores e clientes.

Após a criação do automóvel a vapor ocorreram inovações tecnológicas incrementais e, com o surgimento da indústria automobilística, inovações organizacionais também passaram a ocorrer como o modelo taylorista- fordista⁸ e o modelo da Toyota – a produção baseada no *just-in-time*⁹, que se tornaram paradigmas, não apenas para o setor automotivo, como também para a indústria mundial. Segundo Womack et al. (1992) ainda em 1946 Peter Drucker denominou a indústria automobilística como sendo a indústria das indústrias. Assim, enquanto que no século XX, com a predominância do motor a combustão, o setor automobilístico passou por inúmeras inovações com esta tecnologia, o século XXI vislumbra a possibilidade de mais inovações para o motor elétrico, abrindo oportunidades para novos processos e novas formas de organização da produção.

⁸ Frederick Winslow Taylor demonstrou definitivamente as vantagens da economia de escala, através de seu Princípios de Administração Científica publicado em 1911 enquanto que a produção em massa foi associada à Henry Ford e à indústria automobilística. Entretanto, as origens do sistema de produção em massa podem ser encontradas na obra de Adam Smith (A riqueza das nações, de 1776), através de suas famosas observações sobre as vantagens da divisão do trabalho em uma fábrica de alfinetes, sendo este princípio explorado mais tarde por teóricos industriais como Charles Babbage, que comparava a fábrica a uma máquina complexa, com máquinas e trabalhadores especializados em tarefas específicas organizadas de forma sistêmica. Frederick Taylor foi consultor de Henry Ford em seu projeto de linha de montagem (1918) em que combinou os princípios de divisão do trabalho, mecanização do processo, intercambialidade das partes e administração científica racional (TIGRE, 1998).

⁹ A produção baseada no *just-in-time* é denominada produção puxada (*pull system*) que significa que o produto só é produzido quando houver a encomenda do cliente. Segundo Womack et. al. (2004, p. 60) “puxar (*pull*), em termos simples, significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite ... puxar é começar com um cliente real expressando a demanda por um produto real e caminhar no sentido inverso, percorrendo todas as etapas necessárias para levar o produto ao cliente”. Já no sistema de empurrar (*push system*), que caracteriza o modelo fordista, os produtos, após a fabricação, são deslocados para uma área de estoque onde aguardam até que sejam vendidos ou mesmo para entrar em uma nova etapa do processo produtivo. Pode-se dizer que o *just-in-time* necessita de uma grande flexibilidade na linha de produção e uma ação simultânea entre clientes e fornecedores.

2.2 DIFUSÃO TECNOLÓGICA

Tanto os processos de inovação quanto os de difusão não podem ser totalmente separados, pois a difusão pode contribuir para o processo de inovação. Entende-se por difusão tecnológica a disseminação e posterior adoção de novas tecnologias e técnicas. A difusão alimenta e direciona a trajetória de inovação. Freeman argumenta que

o que interessa em termos de crescimento econômico, investimento e emprego não é a data da inovação básica, embora ela possa ser importante para os historiadores, mas a difusão das inovações básicas, o processo de disseminação, aquele período em que os imitadores começam a dar-se conta do potencial lucrativo do novo produto ou processo e começam a investir pesadamente naquela tecnologia (FREEMAN, 1984, p. 10).

A difusão de novas tecnologias depende de fatores condicionantes que podem ser divididos em institucionais, econômicos e técnicos, embora muitos destes aspectos estejam relacionados entre si. A investigação dos condicionantes torna-se essencial, pois evidencia as mudanças fundamentais e exigidas para difundir o carro elétrico. Como condicionante técnico, o desenvolvimento dos ativos complementares, ou seja, o desenvolvimento de um conjunto de tecnologias que apoiem a produção do carro elétrico, especialmente a bateria. Logo, para que haja a difusão é necessário que outras inovações estejam disponíveis.

Do ponto de vista econômico, o ritmo de difusão pode depender dos custos de aquisição e implantação da nova tecnologia, logo a redução do preço de aquisição e o estímulo ao aumento das escalas de produção tornariam os carros elétricos mais competitivos. Quanto aos fatores institucionais, a existência de um clima favorável à produção do carro elétrico, já que as sociedades passam a desejar produtos limpos, indicam políticas públicas além de parcerias entre empresas privadas e governos que podem condicionar, de forma positiva, a difusão do carro elétrico.

Segundo Rogers e Schoemaker (1971), a difusão pode ser definida como o processo pelo qual uma inovação é transmitida através de determinados canais, através do tempo, entre os membros de um sistema social. De acordo com Rogers (2003) os quatro elementos para a difusão de inovações são:

i) inovação: é uma ideia, prática ou objeto percebido como novo e as suas características, segundo a percepção dos membros de um sistema social, determinam a sua taxa de adoção.

ii) canais de comunicação: é o meio pelo qual as mensagens fluem de um indivíduo para o outro. Meios de comunicação de massa são mais eficazes na criação de conhecimento de inovações, enquanto que os canais interpessoais são mais eficazes na formação e mudança de atitudes em direção a uma nova ideia, e, assim, influenciar a decisão de aprovar ou rejeitar a nova ideia.

iii) tempo: está inserido na difusão em três momentos:

a) processo de inovação-decisão: é o processo através do qual um indivíduo (ou outra unidade de tomada de decisão) passa do conhecimento inicial de uma inovação para a formação de uma atitude em direção à inovação, à decisão de aprovar ou rejeitar, a implementação da nova ideia, e a confirmação dessa decisão.

b) capacidade de inovação: a precocidade ou atraso da adoção de uma inovação por um membro individual, em comparação com outros membros do sistema social.

c) taxa de adoção de uma inovação: é a velocidade com que uma inovação é adotada por membros de um sistema social.

iv) sistema social: é um conjunto de unidades interrelacionadas que estão engajados na resolução conjunta de problemas para realizar um objetivo comum. Um sistema tem a estrutura, definido como o regime que modela as unidades de um sistema, fornecendo estabilidade e regularidade ao comportamento individual em um sistema. A estrutura social e comunicação de um sistema facilitam ou dificultam a difusão de inovações e tem como aspecto normas, ou seja, padrões de comportamento já estabelecidos para os membros de um sistema social.

Os processos de inovação e difusão não são distintos, pois em muitas situações a difusão contribui para o processo de inovação. A difusão nutre e orienta a trajetória de inovação mostrando as necessidades da demanda por soluções técnicas. O sucesso da difusão tecnológica depende da capacidade de aperfeiçoamento e adaptação de um novo produto ou processo às condições específicas de um setor ou país. Desta forma “uma inovação só produz impactos econômicos abrangentes quando se difunde

amplamente entre empresas, setores e regiões, desencadeando novos empreendimentos, qualificações, mercados e práticas produtivas” (TIGRE, 2014, p.73).

De acordo com Rosenberg (1976) o processo de difusão de inovação não pode ser limitado a uma simples cópia carbono, mas sim envolvendo uma cadeia de inovações adicionais, grandes e pequenas, à medida que cresce a participação do número de firmas esforçando-se para ganhar uma margem sobre seus competidores. A difusão, então, não é uma simples duplicação, pois envolve um conjunto adicional de melhorias e outras inovações relacionadas. Desta forma, o processo de difusão provoca maiores impactos econômicos do que a inovação, já que representa a efetiva adoção de uma nova tecnologia por segmentos mais amplos da sociedade.

O processo de difusão do carro elétrico poderá ser vinculado às opções técnicas adotadas, ou seja, o desenvolvimento de seus ativos complementares como decisões sobre materiais utilizados e tecnologias complementares enquanto que a velocidade de difusão dependerá do número de empresas que já assimilaram a tecnologia. A difusão da tecnologia do motor elétrico pode alterar a estrutura industrial criando ou mesmo destruindo empresas e setores, influenciando o ritmo de crescimento econômico e a competitividade de empresas e países, além da mudança de comportamento da demanda em relação ao veículo automotivo como também no emprego e nas qualificações, já que novos postos de trabalho tendem a surgir, exigindo novas qualificações.

2.3 *PATH DEPENDENCE*

A literatura acerca do *path dependence* traz importante contribuição para a tese, pois o caso do motor a combustão interna – gasolina - indica um caso típico. Para Erber (2009, p. 61) *path dependence* representa a “mão pesada do passado posta sobre o ombro do presente”. Segundo Tigre

a firma não se desenvolve aleatoriamente, pois a direção de seu crescimento e as oportunidades enfrentadas para a entrada em novos ramos de atividade depende de competências acumuladas e de decisões técnicas e estratégicas do passado. (TIGRE, 2006, p.265).

Um caso de *path dependence* muito citado em literatura é o padrão Qwerty e Dvorak dos teclados de máquinas de escrever. O padrão Qwerty surgiu no fim do século XIX enquanto que o padrão Dvorak data no início da década de 1930 e não foi adotado, pois o padrão Qwerty já era preferência nos escritórios, tornando-se o mais popular entre as secretárias. Pode-se dizer que o mercado tornou-se preso - *locked in* - ao padrão Qwerty. O sucesso do teclado Qwerty não tem qualquer relação com sua eficiência, mas apenas pelo fato de ter sido criado primeiro e com um aparato complementar sendo construído para dar suporte a esta tecnologia. David (1986) argumenta que decisões tomadas inicialmente por datilógrafas e seus empregadores, escolas de datilografia e empresas fabricantes de máquina de escrever, resultaram na consolidação do padrão Qwerty.

O carro elétrico pode ter caído na mesma armadilha do caso Qwerty *versus* Dvorak , pois a permanência no mercado do carro com a motor a combustão, em detrimento ao carro com motor elétrico, não foi pelo fato desse tipo de carro ser mais eficiente, mas sim por ter sido criado um ambiente favorável a sua permanência. O sucesso do carro a gasolina não foi provocado por um único evento, mas por uma interação de fatores econômicos e técnicos que lhe proporcionaram uma vantagem decisiva.

Nos Estados Unidos um grupo de fabricantes de automóveis a gasolina perseguiu uma variedade maior de estratégias em relação aos elétricos e vapor. O preço, contudo, tornou-se um fator chave já que em 1900 os carros elétricos encontravam-se em uma faixa de \$1250 a \$3500, enquanto os carros a gasolina eram vendidos entre \$1000 e \$2000 e os carros a vapor entre \$650 e \$1000 (COWAN E HULTÉN, 1996). As diferenças de preços se acentuaram devido às escolhas estratégicas feitas pelos fabricantes, em particular as práticas de produção em massa, visando custos menores de produção, que foram introduzidas com mais vigor na indústria de automóveis a gasolina, do que os concorrentes. Além disso, enquanto as três tecnologias - vapor, elétrico e gasolina - exibiam problemas técnicos iniciais, os fabricantes de carros a gasolina foram encontrando soluções, enquanto os produtores dos carros a vapor e elétrico foram incapazes ou não tinham incentivos do mercado para realizar o raciocínio tecnológico necessário para reduzir as falhas.

Segundo David (1997), uma sequência de escolhas econômicas tem como base escolhas anteriores cujas consequências não são consideradas pelos agentes que tomam decisões. Ele procurou diminuir o papel atribuído ao acaso enfatizando que o que induz à escolha da tecnologia menos eficiente é o fato de as decisões iniciais da trajetória terem sido tomadas de forma aleatória. Assim, a existência de determinadas tecnologias se explica pela história de sua criação, adoção e desenvolvimento.

Os casos de *path dependence* e *lock-in* mostram que os tomadores de decisão agem motivados pela busca incessante por lucro, sem se preocupar com as externalidades de suas decisões. Logo, as informações imperfeitas não impedem que os agentes visualizem o futuro, contudo a questão é que o formato do futuro é moldado, evolui e é limitado pelas decisões iniciais.

2.4 ATIVOS COMPLEMENTARES

De acordo com Teece (1986), inovações tecnológicas requerem o uso de determinados ativos para produzir e distribuir novos produtos e serviços, ou seja, requer o uso de um conjunto de outras capacidades ou ativos que são complementares. As atividades comerciais prioritárias requerem que as empresas construam tais complementaridades; assim a comercialização bem-sucedida depende de outras competências organizacionais para apoiar e complementar novos produtos e tecnologias de processo, oriundos de P&D. Portanto, pode-se dizer que os ativos complementares representam um agregado de ativos, tecnologias e tudo mais que formam o conjunto de uma tecnologia ou produto, ou seja, uma tecnologia não funciona isoladamente e demanda um conjunto de ativos complementares para funcionar.

Foray (1997) argumenta que a ausência de uma rede de distribuição de energia elétrica, no início do século XX, foi um dos importantes fatores inibidores do desenvolvimento dos automóveis a bateria, mas que, se introduzidos vinte anos mais tarde, o resultado poderia ter sido diferente, considerando que uma rede de postos de gasolina também teve de surgir para viabilizar o padrão efetivamente adotado – o motor a combustão.

A necessidade de investimentos complementares torna-se primordial para sair da dependência da trajetória do motor a gasolina. Pode-se caracterizar, como ativos complementares a infraestrutura de abastecimento que inclui tanto os equipamentos de abastecimento quanto o tipo de postos de abastecimento.

Embora ao longo das últimas décadas as indústrias de petróleo e automobilística tenham apresentado trajetórias próximas, o esgotamento das reservas e os maiores custos econômicos e ambientais para a exploração das jazidas restantes, além dos países emergentes entrando no mercado consumidor, podem contribuir para que ambos procurem alternativas. As automotivas buscam fontes de energia mais barata e flexível para que não vejam o próprio crescimento limitado pela incapacidade de fornecimento de combustível, e as petroleiras estão se tornando empresas de energia, de variadas fontes, procurando além de uma posição no mercado de transporte a energia elétrica, um maior valor agregado para seus produtos, através de aplicações mais nobres.

O desenvolvimento dos ativos complementares, que envolvem a fabricação do carro elétrico, pode vir a determinar a trajetória deste veículo, sendo extremamente relevante para a formação do novo padrão tecnológico. Cada vez mais se reconhece que, presentemente, a competitividade não se baseia tanto no desempenho de empresas e setores isolados, mas sim no funcionamento eficiente de cadeias de valor onde interagem diferentes agentes, cujas atividades contribuem para o desenvolvimento da cadeia como um todo. Em geral, a interação e complementaridade entre esses diferentes agentes podem gerar lucros que os atores não obteriam se atuassem isoladamente no mercado.

3 A TRAJETÓRIA DO SETOR AUTOMOTIVO E A DEPENDÊNCIA DO CARRO A GASOLINA

Este capítulo relata, de forma breve, o surgimento e os primeiros passos das três tecnologias de propulsão veicular – vapor, elétrica e combustão interna (figura 2), como também identifica o porquê do motor a combustão interna, com carros a gasolina, ter se tornado padrão para a indústria automobilística.

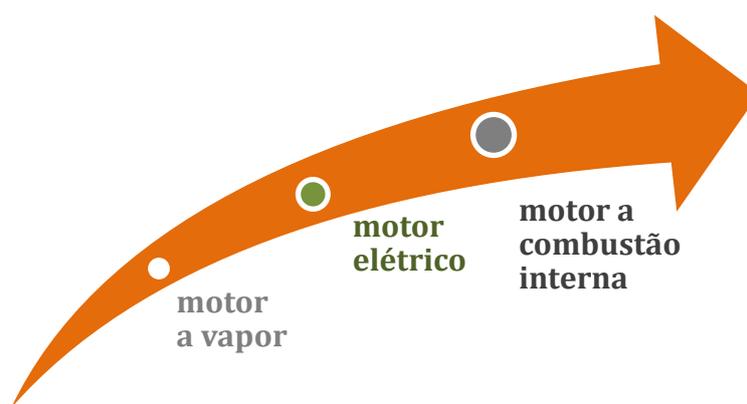


Figura 2 – Trajetória dos motores automotivos

3.1 ORIGENS : O MOTOR A VAPOR

Identificar qual foi o primeiro automóvel pode ser uma questão com muitas respostas, entretanto nem todas coincidem, já que muitos estudiosos de muitos países procuram assegurar paternidades que em grande maioria são difíceis de provar. Assim, o automóvel, da forma como o conhecemos hoje em dia, não foi inventado, de repente, por uma única pessoa em um único dia. A história do automóvel reflete uma evolução que teve abrangência mundial.

Os relatos sobre os primeiros motores datam do início da era cristã com Hero de Alexandria no qual evidencia a força motriz do vapor de água através da eolípila, que constitui uma esfera oca, de metal, por onde saem dois tubos curvos, e que gira quando se aquece a água nela contida. O motor de Hero é uma espécie de rústica turbina a vapor, que consiste de uma caldeira cheia de água colocada sobre uma fogueira cujo calor ferve a água, transformando-a em vapor, que é levado por uma mangueira a um

eixo oco no centro de uma esfera apoiada em dois cavaletes. A esfera possui dois tubos de escape, colocados um do lado oposto do outro, que a fazem girar (VIEIRA, 2008).

Em 1601, o cientista napolitano Giovanni Baptista dela Porta dá seguimento aos experimentos de Hero da Alexandria realizados mais de 1500 anos antes. Em 1629 Giovanni Branca, químico italiano, faz uma turbina a gás bem avançada em relação ao alexandrino Hero. Em 1675 o francês Denis Papin, em Londres, inventa a panela de pressão. Ao ir para a Alemanha Papin desenvolve um motor a vapor muito simples, com cilindro vertical e pistão interno (VIEIRA, 2008).

Thomas Newcomen, considerado pai da força de propulsão, faz em 1698, o que chama de motor atmosférico sem compressão, com uma caldeira externa que supre vapor de baixa pressão embaixo do êmbolo. Quando as pressões se equivalem, uma válvula de alívio se abre, possibilitando um retorno mais rápido do êmbolo do que o motor de Papin. O pistão tem um pino, uma barra e o motor adequado para retirar água das minas de carvão. James Watt, engenheiro mecânico e inventor, famoso por suas melhorias no motor a vapor, em 1765, a pedido da Universidade de Glasgow, reparou o motor Newcomen, considerado ineficiente, mas ainda assim o melhor existente. Mais tarde, Watt inventou um condensador separado, conectado a um cilindro por uma válvula que faz a eficiência do motor aumentar. A vantagem desse condensador é que ele podia se manter frio enquanto o cilindro estava quente. Esse motor tornou-se o modelo dominante e ajudou a gerar a Revolução Industrial (VIEIRA, 2008).

Existem referências históricas, com mais de três séculos atrás, que se referem a um veículo que “se movia por si próprio”. Escritos de 1678 indicam que o padre Verbiest, um jesuíta belga e diretor do observatório imperial que chegou a conselheiro do Imperador chinês Hang-Hi, construiu, para divertimento do Imperador, um veículo que se deslocava pelos seus próprios meios. Esses textos são geralmente aceitos como a primeira referência histórica a um veículo que “se move por si próprio”. O “automóvel” do padre Verbiest era movido por uma eolípila, cuja origem remonta à Antiguidade Clássica ao invento de Hero de Alexandria. Entretanto, estudiosos descobriram que Leonardo da Vinci criou um projeto de um veículo que também “se movia por si próprio”, que construído em madeira, era animado pelo movimento de

molhas ao estilo do que acontecia com os relógios antigos. Porém, Leonardo nunca teve a possibilidade de avançar com seu projeto. (AUTO MOTOR, 2014)

Os primeiros automóveis que surgiram foram fruto de sucessivas aproximações e adaptações tecnológicas que, gradualmente, foram se desenvolvendo em torno de um objetivo comum: viajar rápido, com comodidade e, sobretudo, com um mínimo de esforço para os ocupantes e com um máximo de segurança, certamente para os padrões da época. Logo, não houve exatamente um momento na história do automóvel que se possa convencionar como o início dessa grande invenção.

Contudo, estudos indicam que o primeiro veículo autopropulsionado surgiu aproximadamente em 1769; um triciclo construído para fins militares, utilizando motor a vapor com dois cilindros, sendo concebido pelo engenheiro francês Nicolas Joseph Cugnot (1725-1804). O veículo – o *Fardier*- foi construído no Arsenal de Paris pelo mecânico Brezin, sob a orientação de Cugnot, para uso do exército francês e com o objetivo de puxar canhões. (VIEIRA, 2008)

O *Fardier* era movido a vapor e alcançava a velocidade de 4 km/h, tinha escassa autonomia de viagem - cerca de 15 minutos - e dificuldade para se guiado devido ao peso, cuja distribuição era caótica: sobre a roda dianteira o motor de dois cilindros verticais e à frente dela uma enorme caldeira com mais de uma tonelada de peso. (VIEIRA, 2008) A destruição dessa máquina em um acidente contra um muro e a eclosão da Revolução Francesa, que levou o autor do projeto ao exílio, adiaram a sua evolução. O British Royal Automobile Club e o Automobile Club de France reconhecem Nicolas Joseph Cugnot como sendo o inventor do primeiro automóvel (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2014).

A adoção do vapor como fonte de energia provoca a inovação no setor de transportes. Richard Trevithick (1771-1833), inventor inglês, constrói em 1803 a primeira locomotiva a vapor do mundo (ENCICLOPEDIA BRITANNICA (a), 2014). A caldeira e o motor estão em uma só peça, enquanto que a água quente é colocada na caldeira e uma barra de ferro em brasa é inserida em um tubo logo abaixo, gerando vapor. Em 1804 executou nos trilhos, e com êxito, a sua máquina a vapor. A

locomotiva, com o seu único cilindro vertical, conseguiu transportar dez toneladas de ferro, setenta passageiros e cinco vagões de Penydarren ao Canal Merthyr-Cardiff (SPARTACUS EDUCATIONAL, 2014). Assim, outra ideia passa a ganhar corpo, que é a ideia que é mais proveitoso usar a máquina a vapor para puxar uma fileira de carruagens sobre trilhos de ferro; logo é o surgimento do trem.

Enquanto técnicos ingleses, como Trevithick, se dedicavam à locomoção a vapor sobre trilhos, outros ingleses estavam interessados no sistema sem os trilhos, como Goldsworthy Gurney que, em 1825, desenvolveu um carro a vapor sendo chamado, na realidade, de locomotiva para a estrada. As rodas dianteiras não são as que realmente dirigem o veículo, pois são pequenas demais e se localizam muito à frente do centro de gravidade, sendo apenas consideradas rodas-piloto e ligadas por uma forte barra central às rodas centrais da carruagem de três eixos. (VIEIRA, 2008).

Luke Herbert em *Practical treatise on rail-roads and locomotive engines* (Tratado prático sobre ferrovias e motores de locomoção), de 1837, ao retratar sobre a rivalidade entre Gurney e Trevithick argumenta que

na realidade, as carruagens de Gurney, feitas em todos os aspectos essenciais após os modelos de Trevithick, andavam, ocasionalmente; e assim o fizeram outras carruagens de muitos outros; alguns antes e alguns subsequentes a Gurney; alguns decididamente superiores a Gurney e todos aqueles que eram inferiores foram incapacitados de proceder além de ensaios preparatórios, por falta daquele material com o qual cavalheiros de fortuna, então não familiarizados com a locomoção a vapor, tão prodigamente forneceram ao senhor Gurney. (HERBERT, 1837 apud VIEIRA, 2008, p. 88-89).

A carruagem a vapor de Gurney não é um sucesso comercial, pois o público em geral tinha muito receio em sentar-se sobre uma caldeira. Gurney então desenvolveu o *steam drag*, arrastado a vapor, em que um veículo motorizado traciona uma carruagem de passageiros (VIEIRA, 2008). Com o passar do tempo, formaram-se companhias de transportes e as carruagens a vapor invadiram as principais estradas inglesas. As antigas empresas de transporte a cavalo, temendo a concorrência, conseguiram que o Parlamento aprovasse a Lei da Bandeira Vermelha¹⁰, em 1837, pela qual nenhum

¹⁰O governo britânico decreta o Locomotives on Highways Act, (Ato de Locomotivas em Estradas), que se torna mais conhecido como Lei da Bandeira Vermelha, de 1865. Ele ordena que todos os veículos

veículo a vapor poderia atingir mais que 6,5 Km por hora. Além disso, somente poderia trafegar precedido por um lampião, para prevenir acidentes, limitando-se assim a grande vantagem do vapor sobre os cavalos que é a velocidade (VIEIRA, 2008).

3.2 O MOTOR ELÉTRICO E OS PRIMEIROS CARROS ELÉTRICOS

Os primeiros carros elétricos surgiram ainda no século XIX e precederam a invenção do motor de propulsão a gasolina por Daimler e Benz, na Alemanha em 1885. Antes que esta tecnologia se impusesse até os nossos dias, eram relativamente prósperas as manufaturas de veículos elétricos como os bondes, que ganhavam espaços nas ruas de cidades dos Estados Unidos e Europa, no fim do século XIX.

A invenção do carro elétrico em si tem sido atribuída a várias pessoas, entretanto o húngaro Ányos Jedlik (1800-1895) é considerado o precursor por inventar em 1827 um tipo primitivo de motor elétrico. Jedlik criou, em 1828, um pequeno carro alimentado, então, pelo seu novo motor (ELECTRIC VEHICLES NEWS, 2014a). Entre 1832 e 1839, pois o ano correto é incerto, o escocês Robert Anderson construiu o primeiro protótipo de carro movido a eletricidade, alimentado por pilhas não recarregáveis (GLOBAL EV OUTLOOK, 2013).

Em 1834 o norte-americano Thomas Davenport (1802-1851) desenvolveu um motor elétrico alimentado por bateria instalando-o em um pequeno carro que foi usado em uma pequena pista circular de 4 metros de diâmetro. A energia foi fornecida por uma bateria estacionária para a locomotiva elétrica em movimento, usando os trilhos como condutores para a eletricidade (ELECTRIC VEHICLES NEWS (a), 2014).

Em 1835, o professor holandês Sibrandus Stratingh (1785-1841) e seu assistente Christopher Becker criaram um carro elétrico em pequena escala,

rodoviários mecanicamente impelidos tenham velocidade limitada a 4 milhas por hora nas estradas abertas, e, duas milhas por hora nas cidades, e que sejam precedidos sempre por um homem a pé, 50 jardas (cerca de 45 metros) à frente, brandindo uma bandeira vermelha de dia, e uma lanterna da mesma cor a noite, para avisar o público. A lei acaba com as locomotivas rodoviárias, a favor dos interesses ferroviários e dos negócios com veículos traçados a cavalo” (VIEIRA, 2008, p.126).

alimentado por pilhas não recarregáveis. Usando os princípios físicos desenvolvidos pelo inglês Michael Faraday ¹¹, Stratingh e Becker construíram então seu pequeno carro elétrico. (ELECTRIC VEHICLES NEWS (a), 2014).

Em 1837 o escocês Robert Davidson desenvolveu, utilizando seus próprios princípios, uma locomotiva elétrica, enquanto que, ao mesmo tempo, William H. Taylor, de forma independente, sem o conhecimento do trabalho um do outro, desenvolveu nos Estados Unidos motores semelhantes a partir de 1838. Em 1942 Davidson criou uma máquina de quatro rodas alimentada por baterias de zinco não recarregáveis. O francês Raymond Gaston Planté, em 1859 inventou a primeira bateria recarregável que se tornou a base para as baterias que foram usadas posteriormente nos carros elétricos. A bateria de Planté era de chumbo-ácido, enorme e difícil de mover (figura 3). Em 1881, Camille Alphonse Faure melhorou a bateria de armazenamento e abriu o caminho para que os carros elétricos progredissem (ELECTRIC VEHICLE NEWS (a), 2014).

¹¹Michael Faraday (1791 -1867) foi um físico e químico inglês, sendo considerado um dos cientistas mais influentes de todos os tempos. Em 1831, Faraday descobriu a indução eletromagnética, o princípio por trás do transformador elétrico e gerador. Esta descoberta foi crucial para permitir que a eletricidade se transformasse de uma simples curiosidade em uma nova e poderosa tecnologia. Durante o restante da década, Faraday trabalhou no desenvolvimento de suas ideias sobre a eletricidade sendo parcialmente responsável por cunhar muitas palavras familiares, incluindo 'eletrodo', 'cátodo' e 'íon' (BBC HISTORY, 2014).



Figura 3 – Bateria de chumbo-ácido de Planté, 1859

Fonte: Electric Vehicles News (a), 2014

França e Grã-Bretanha foram as primeiras nações a apoiar o desenvolvimento generalizado de carros elétricos no final de 1800. Franceses e britânicos avançaram nas pesquisas e criações de carros elétricos, a exemplo de William Ayrton e John Perry que construíram, em 1881, um triciclo elétrico com duas rodas grandes na parte traseira e uma pequena roda na frente. O triciclo funcionava com bateria de chumbo-ácido sendo o primeiro veículo a ter iluminação elétrica (ELECTRIC VEHICLE NEWS (a), 2014).

O ímpeto da trajetória inicial dos carros elétricos ainda perduraria por algum tempo, com avanços notáveis. Em 1898 o alemão Ferdinand Porsche construiu o seu primeiro carro elétrico – o *Lohner Electric Chaise*. O engenheiro belga Camille Jenatzy construiu em 1899 o *La Jamais Contente* (figura 4). Segundo Miedler e Beaume (2010) o famoso *La Jamais Contente* foi o primeiro carro elétrico da história a alcançar 100 km/h em 1899.



Figura 4– *La Jamais Contente*, carro elétrico de 1899
Fonte: GIZMAG, 2014.

Os americanos dedicaram sua atenção aos carros elétricos a partir do fim do século XIX. Em 1894 os engenheiros Henry G. Morris e Pedro G. S. Salom projetaram e construíram na Filadélfia, Pensilvânia, o *Electrobat*, sendo o primeiro carro elétrico americano de sucesso. Na realidade Morris e Salom desenvolveram, em poucos anos, alguns modelos do veículo. O primeiro *Electrobat*, de 1894, pesava mais de 1.900 quilos, incluindo 725 quilos para as baterias. O segundo *Electrobat*, de 1895, já era mais leve cuja bateria pesava cerca de 73 quilos, aproximadamente 10 por cento do peso total de veículo que atingia 748 quilos. Durante o ano seguinte Morris e Salom desenvolveram mais dois modelos do *Electrobat* (KIRSCH, 2000).

Morris e Salom atuavam em bondes a bateria, mas como o negócio estava desaparecendo eles se uniram para fazer carros a bateria. Assim, patentearam o primeiro *Electrobat* em 1894 entrando em produção em 1895. Em 1896 Morris e Solom construíram o *Electric Road Wagon*, desenvolvido para uso como taxis em Nova York, formando então em 1897 a *Electric Carriage and Wagon Company*, empresa da Filadélfia considerada a primeira empresa de carro elétrico nos Estados Unidos (ELECTRIC VEHICLES NEWS (a), 2014).

3.3 O MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA E OS PRIMEIROS CARROS A GASOLINA

Em 1860 o engenheiro belga Joseph Étienne Lenoir, desenvolveu o primeiro motor de combustão interna, um monocilíndrico de dois tempos, que queimava uma mistura de gás, carvão e ar e tem ignição por um sistema de “centelha pulante”. Era um motor atmosférico, já que a mistura não era previamente comprimida antes da ignição, que foi colocado em um triciclo. O veículo demonstrou andar razoavelmente bem, porém era ineficiente, muito barulhento, tendendo a superaquecer e até mesmo a fundir (VIEIRA, 2008).

Dentre as experiências isoladas ocorridas em toda a Europa entre os anos de 1860 e 1870, que contribuíram para o aparecimento de algo muito semelhante ao automóvel que se conhece atualmente tem-se a construção de um pequeno carro movido por um motor a 4 tempos, construído por Siegfried Markus, em Viena, em 1874. Os motores a vapor, que queimavam o combustível fora dos cilindros, abriram caminho para os motores de combustão interna, que queimavam no interior dos cilindros uma mistura de ar e gás de iluminação. O ciclo de 4 tempos foi utilizado com êxito pela primeira vez em 1876, em um motor construído pelo engenheiro alemão Conde Nikolaus Otto¹². Nesse motor o combustível era comprimido antes de ser inflamado, o que resultava em um considerável aumento de rendimento do motor. Ao surgir a gasolina como combustível, o motor passou a ter uma alimentação de carburante independente. Gottlieb Daimler e Carl Benz, cada um ao seu modo, foram os primeiros a utilizar o novo combustível.

¹²“Mais de 2 mil motores Deutz, de dois tempos, estão em operação pela Europa em 1876, mas nenhum Otto de quatro tempos. Até essa data, todo motor a combustão interna tem menos de quatro tempos, e quase todos são atmosféricos (sem compressão), sendo uma consequência lógica do pensamento voltado ao motor a vapor. Nos primeiros meses do ano, na Deutz Gasmotoren Fabrik, de Colônia, Alemanha, Otto e Langen fazem o protótipo do primeiro motor de quatro tempos, com compressão da mistura ar/combustível[...] A intenção aparentemente única de Otto, porém é fazer alguns experimentos sobre combustão lenta e com carga estratificada. Otto não crê como seu sócio Langen e seus colaboradores Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach, no futuro do motor de quatro tempos, apesar (ou talvez por isso mesmo) de ter trabalhado tanto tempo nele. Seu motor é produzido durante 13 anos, e vende mais de 30 mil unidades. Revendo sua ideia de 14 anos antes, Otto consegue comprimir a mistura ar/combustível antes da ignição, e fazer a compressão gradualmente. O primeiro tempo admite a mistura, o segundo a comprime e inicia a produção da força, o terceiro produz força e inicia o escape, e o quarto faz o escape e o começo da admissão”. (VIEIRA, 2008, p. 132-133).

A história do automóvel moderno começou em 1886 quando o engenheiro alemão Carl Benz entrou com o pedido de patente de seu carro motorizado em Mannheim. A patente registrada no “Serviço Imperial de Patentes de Berlim”, onde recebeu o número 37.435, se refere ao primeiro automóvel da história (AUTO MOTOR, 2014). Tratava-se de um veículo de três rodas funcionando pela primeira vez em uma via pública, em 1886, atingindo velocidade de 14 Km/h. Não se trata da motorização de um veículo já existente, e sim de um projeto orgânico de chassi e motor, cuja patente é concedida no ano seguinte. O triciclo foi tecnicamente um sucesso, mas comercialmente um fracasso já que Benz não conseguiu vender uma só unidade. Gottlieb Daimler, que vivia a menos de cem quilômetros de Karl Benz e sem saber de sua existência, compra uma carruagem de quatro rodas tracionada por um cavalo como presente para a sua esposa. Com a ajuda do projetista de motores Wilhelm Maybach, considerada então uma parceria lendária, resolve dotar a carruagem de um motor e de um sistema de direção, tornando-a a primeira verdadeira carruagem sem cavalo (VIEIRA, 2008). Daimler e Benz dariam origem a Mercedes-Benz (Caso 1).

Caso 1 – Mercedes-Benz

A história da Mercedes-Benz teve início há mais de um século, na Alemanha, quando Karl Benz (1844-1929) e Gottlieb Daimler (1834-1900) construíram paralelamente os primeiros automóveis motorizados do mundo. O sonho do automóvel somente se tornaria realidade em 1886, com Gottlieb Daimler e Karl Benz, reconhecidos como os verdadeiros pais do automóvel. Em outubro de 1883 Benz fundou a "Benz & Co. Rheinische Gasmotoren-Fabrik" e iniciou a construção de um veículo de concepção própria, ao qual integraria seu motor de quatro tempos movido a gasolina, em contraposição à Daimler, que montava seu motor numa carruagem adquirida externamente. Em 1886, o primeiro veículo Benz motorizado e patenteado foi apresentado ao público. Daimler conheceria o construtor Wilhelm Maybach formando uma parceria lendária. Em meados de 1882 Maybach e Daimler desenvolveram o motor de combustão leve, de alta velocidade. Em seguida desenvolveram um motor com cilindro vertical, adequado à montagem em veículos. Em 1885, foi a vez de uma motocicleta de madeira e, no ano seguinte, uma carruagem com o novo motor montado. Maybach, porém, não se contentava em simplesmente construir motores para carruagens. A invenção que resultou dali foi o carro de rodas de aço. Apresentado na Feira Mundial de Paris de 1889, o carro das rodas de aço proporcionou o estímulo para a formação da indústria automobilística francesa. Daimler fundou a Daimler-Motoren-Gesellschaft em novembro de 1890. Uma das criações mais marcantes de Maybach foi realizada depois da morte de Daimler, em 1900: a primeira Mercedes. O comerciante alemão Emil Jellinek, em 1900, solicitou à Daimler, em 1900, que construísse um automóvel rápido, leve e seguro. O cliente fazia apenas uma exigência: o novo carro deveria levar o nome de sua filha Mercedes, que tinha 11 anos. Na semana de Nice, em março de 1901, aquele carro praticamente foi imbatível, ajudando Jellinek e a Mercedes com uma publicidade excepcional. Em 1902, a Daimler registrou a marca "Mercedes". E só 24 anos mais tarde, com a fusão das empresas fundadas por Gottlieb Daimler e Karl Benz, é que a marca passou a se chamar "Mercedes-Benz". O mundialmente famoso símbolo da Mercedes-Benz teve um início profético. Representando a triplicidade das atividades da Daimler, fabricante de motores para uso em terra, mar e ar, a estrela de três pontas foi adotada como logotipo em 1909, após a morte de Gottlieb Daimler em 1900. Foi inspirada numa figura que ele havia desenhado num postal, o qual remeteu à sua esposa com o seguinte comentário: um dia essa estrela brilhará sobre a minha obra. Ao longo dos anos, o símbolo passou por várias alterações. Em 1923 foi acrescentado o círculo. E três anos depois, com a fusão das empresas Daimler e Benz, foi incluída a coroa de louros, do logotipo da Benz. A forma definitiva foi adotada em 1933 e desde então se mantém inalterada.

Fonte: Site da MERCEDES-BENZ, 2014.

3.4 CARRO ELÉTRICO VS. CARRO A GASOLINA

Até o início do século XX, carros elétricos, a vapor e a gasolina competiam mais ou menos em condições de igualdade. Muitos analistas da época acreditavam que cada tipo de carro – vapor, elétrico e gasolina – iria encontrar o seu próprio espaço de atuação, e que iriam existir indefinidamente. Segundo Freeman e Soete (2008) não havia, no início do século XX, quaisquer evidências de que o motor a combustão interna, ou seja, o motor a gasolina, seria preferido em relação ao motor a vapor ou ao motor elétrico, já que as inovações básicas ocorreram mais ou menos simultaneamente.

No início tanto os carros a vapor como os elétricos apresentavam vantagens técnicas, enquanto que os motores a combustão interna tinham algumas desvantagens como a transmissão de engrenagem corrediça inventada por Emile Lavassor em 1891, como também na manivela de partida que podia quebrar o polegar ou o pulso ou mesmo ferir o peito dos menos habilidosos e mais desatentos (FREEMAN e SOETE, 2008). Charles Kettering (1876-1958) resolveu esse problema em 1912 para os carros Cadillac ao inventar o motor de arranque elétrico eliminando o inconveniente, e perigo, do motor de arranque à manivela (ELECTRIC VEHICLES NEWS (a), 2014). De fato tanto os carros a vapor como o elétrico funcionavam de forma mais leve no início das suas operações, mas ambos sofriam de suas maiores desvantagens como o peso das caldeiras, para o carro a vapor, e a baixíssima autonomia das baterias para o carro elétrico, além dos problemas de abastecimento.

O estudo de Cowan e Hultén (1996) ressalta os problemas técnicos de cada opção (incluindo o carro a vapor – o *Locomobile*, que na virada do século XX era o carro mais popular nos Estados Unidos):

i) carro a vapor: necessitava aquecer vinte minutos antes da viagem e consumia uma imensa quantidade de água.

ii) carro elétrico: não poderia subir montanhas íngremes, sua autonomia era baixa como também sua velocidade máxima. Todos esses problemas estavam relacionados com a baixa capacidade de armazenamento de energia elétrica das baterias, e uma vez que o desenvolvimento dessas baterias era lento, os problemas permaneceram.

iii) carro a gasolina: era barulhento, problema este que até hoje não foi totalmente resolvido, era difícil de dar a partida, consumia muita água, tinha autonomia e velocidade máxima relativamente baixas.

O carro elétrico - alimentado por baterias recarregáveis - parecia ter um grande futuro, já que a eletricidade era considerada um método preferido para a propulsão do automóvel, proporcionando um nível de conforto e facilidade de operação que não poderia ser alcançado pelos carros a gasolina da época. Alguns dos inventores mais prestigiosos, incluindo Thomas Edison, promoviam os carros elétricos ou tomavam parte do seu desenvolvimento, enquanto que as primeiras empresas a produzir carros em série estavam fabricando carros elétricos.

Antes de fundar sua montadora, Henry Ford havia trabalhado com Thomas Edison (1847-1931), de 1881 a 1899 que o incentivou a criar a montadora, mas seu objetivo mesmo era desenvolver uma alternativa elétrica ao motor a combustão, pois acreditava que o transporte do futuro das cidades americanas seria formado por uma frota de carros elétricos. Assim, Henry Ford e Thomas Edison desenvolveram, por anos, um modelo movido a baterias, que nunca chegou a ser lançado. O projeto era para ser concretizado em 1914, mas foi adiado e, em seguida, descontinuado após um incêndio no galpão de desenvolvimento e também por desentendimentos com relação ao tipo de bateria a ser usada. A Ford teria investido, em valores da época, cerca de US\$ 1,5 milhão. (TERRA VEÍCULOS, 2014).

Apesar de sua velocidade relativamente lenta, os carros elétricos tiveram vantagens sobre os seus concorrentes no início da década de 1900, pois não tinham a vibração, cheiro e ruído associado com os carros a gasolina. Enquanto que mudar de velocidade em carros a gasolina foi a questão mais difícil na condução, os carros elétricos não exigiam mudança de marcha, e além disso, encontraram popularidade entre os clientes com maior poder aquisitivo que os usavam como carros urbanos, onde seu alcance limitado não era considerado uma grande desvantagem.

Os carros elétricos, diferentemente dos carros a gasolina que exigiam uma manivela para ligar o motor, não exigiam um esforço manual para iniciar sendo então

muitas vezes comercializados como veículos adequados para motoristas mulheres, devido a essa facilidade de operação (ELECTRIC VEHICLES NEWS (a), 2014). O quadro 1 sumariza as principais características das três tecnologias de propulsão veiculares que conviviam no início do século XX – vapor, eletricidade e combustão interna. Verifica-se que todas as três tecnologias apresentavam problemas que exigiriam esforços de P&D.

Tecnologias de propulsão Veiculares	Características
Vapor	<ul style="list-style-type: none"> - Caldeiras pesadas. - Necessidade de tempo para aquecer a água. - Consumo de grande quantidade de água.
Eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> - Baterias recarregáveis. - Baixa autonomia das baterias. - Impossibilidade de alcançar lugares íngremes. - Inexistência de mudança de marcha. - Velocidade lenta. - Inexistência de esforço manual para inicializar o funcionamento do veículo. - Ausência de vibração, cheiro e ruído.
Combustão interna	<ul style="list-style-type: none"> - Manivela de partida para inicializar o veículo, dificultando a operação. - Transmissão de engrenagem corrediça. - Exigência de mudança de marcha. - Autonomia e velocidade baixa. - Grande consumo de água. - Emissão de vibração, cheiro e ruído.

Quadro 1 – Tecnologias de propulsão veiculares existentes na virada do século XIX para o século XX

Fonte: Elaboração própria.

Um antecedente importante para o surgimento de automóveis elétricos havia sido o sucesso dos sistemas de bondes elétricos, substituindo as carroças ou bondes com cavalos, e dos primeiros sistemas metroviários. Outro antecedente foi o surgimento dos sistemas ferroviários elétricos, principalmente nos países europeus. Porém, por volta de 1905 os automóveis movidos a gasolina começaram a tomar a dianteira em termos de popularidade e, no final dos anos de 1920 o carro elétrico era

considerado um produto comercialmente morto. Os carros a gasolina dominaram por completo o mercado automobilístico, relegando os carros a vapor e elétrico para nichos de mercado muito especializados e museus. Entretanto, o método de propulsão de energia elétrica manteve-se comum em outros tipos de veículos, tais como trens e veículos menores de todos os tipos.

Na verdade não foram as vantagens técnicas que levaram o motor a combustão interna ao patamar de tecnologia dominante e futuramente única utilizada na propulsão veicular. O argumento é que se na virada do século XIX para o século XX se a indústria automobilística tivesse decidido utilizar energia elétrica, a pesquisa neste ramo teria avançado o suficiente para tornar esta tecnologia tão eficiente, se não mais, do que a atualmente utilizada. Assim, segundo Freeman e Soete

as redes de estações de reabastecimento, das oficinas de reparo e de manutenção, poderiam ter sido concebivelmente organizadas de forma diferente, diante de diversas estratégias e políticas das empresas de utilidade pública, dos fabricantes e dos órgãos reguladores. (FREEMAN e SOETE, 2008, p. 244).

A indústria automobilística se desenvolveu rapidamente na década de 1890 com seu mercado sendo dividido principalmente entre elétrico e vapor. Em 1899 foram vendidos 1575 carros elétricos, 1681 carros a vapor e 936 carros a gasolina. Entretanto, no período de 1899-1909, enquanto que as vendas de carros elétricos nos Estados Unidos mais do que duplicaram, as vendas de carros a gasolina aumentaram mais de 120 vezes. Nos primeiros anos do século XX o carro a gasolina superou seus concorrentes no mercado americano, enquanto que a mesma evolução já se apresentava na França, Grã-Bretanha e na Alemanha em anos anteriores. (COWAN e HÚLTEN, 1996)

A questão da deficiência na infraestrutura de abastecimento para os carros elétricos tornou-se um grande problema para os usuários nos Estados Unidos. Na virada no século XIX para o século XX as áreas urbanas do país começaram a usar mais energia elétrica principalmente para lâmpadas de rua e apenas as pessoas com maior poder aquisitivo tinham energia elétrica instalada na sua residência. Nas áreas mais rurais, a eletricidade era praticamente inexistente, o que manteve os motoristas de

carros elétricos perto de suas residências. Logo a utilidade dos carros elétricos se restringiu às áreas urbanas, enquanto à locomoção entre cidades ficou a cargo dos carros movidos a gasolina.

A General Electric Company (GE) desenvolveu seus carregadores de carros elétricos de 1904 até 1920 sendo usados em garagens públicas e privadas. No boletim informativo da GE de setembro de 1910, a empresa menciona que o crescente uso do carro elétrico com as suas muitas vantagens de facilidade e simplicidade de operação como também a ausência de ruído, resultou na demanda por formas convenientes de carregar as baterias. A empresa informa então que a energia necessária ao abastecimento do carro elétrico não pode ser obtida das centrais de distribuição de energia sem o aparelho de conversão, divulgando então o seu aparelho. (GENERAL ELECTRIC COMPANY, 1910)

De acordo com Mowery e Rosenberg (2005) quanto à infraestrutura elaborada para reabastecimento ou recarga de todas as três formas de propulsão – vapor, eletricidade e gasolina – o maior raio de ação de operação do automóvel movido a gasolina deu-lhe vantagens particulares nos Estados Unidos e, além disso, o baixo custo local da gasolina, em relação ao da energia elétrica, forneceu ao carro com motor a combustão interna uma vantagem de custo operacional sobre os automóveis elétricos nesse país. De acordo com Flink (apud MOWERY e ROSENBERG, 2005, p. 63) “o custo de dirigir um carro elétrico de Boston a Nova York em 1903 era quatro vezes maior do que o custo de dirigir um carro movido a gasolina na mesma rota”.

O desempenho do motor a combustão interna melhorou de forma mais significativa durante o período de 1900 a 1905 do que as tecnologias de propulsão automotiva a vapor e elétrica. Segundo Mowery e Rosenberg

essas melhorias refletiram a facilidade com que os avanços nos métodos de fabricação (como maior precisão na confecção de cilindros e melhorias nos métodos de fundição, por exemplo) puderam dar suporte a uma série de avanços individualmente pequenos, mas cumulativamente grandes, que foram aprimorando o desempenho do motor a combustão interna (MOWERY e ROSENBERG, 2005, p. 63).

Por volta de 1905 os automóveis a gasolina começaram a tomar a dianteira em termos de popularidade, pois a sua autonomia era o dobro da autonomia de um elétrico. Entre 1906 e 1910 tornou-se evidente que o carro elétrico tinha um desempenho inferior, logo não existia motivação para o gasto de tempo e recursos financeiros para desenvolver uma tecnologia considerada inferior, como também não existia motivação tanto ambiental quanto de redução de dependência do petróleo.

Cowan e Hultén (1996) argumentam que enquanto na Europa o automóvel continuou a ser produzido em pequenas séries, orientado para os ricos, o crescimento da produção de carros a gasolina nos Estados Unidos era sinônimo de produção em larga escala, preços menores e a criação de um mercado em massa. Foray (1997) argumenta que a ausência de uma rede de distribuição de energia elétrica foi um dos importantes fatores inibidores do desenvolvimento dos automóveis a bateria, mas que, se introduzidos vinte anos mais tarde, o resultado poderia ter sido diferente, considerando que uma rede de postos de gasolina também teve de surgir para viabilizar o padrão efetivamente adotado – o motor a combustão.

O primeiro posto de abastecimento para carros movido a gasolina nos Estados Unidos surgiu em St. Louis, Missouri, em 1905 e, em 1907, a Standard Oil of California, atual Chevron, construiu seu primeiro posto em Seattle, Washington (ELECTRIC VEHICLES NEWS (a), 2014). A Standard Oil Company se tornou a maior empresa americana no início do século XX com a integração vertical¹³ das atividades de exploração, transporte, refino e distribuição (TIGRE, 1998). Seu nome está relacionado ao de John Davison Rockefeller (Caso 2) que, ao construir um império, tornou-se a figura mais importante na formação da indústria do petróleo, no desenvolvimento industrial dos Estados Unidos e da ascensão da moderna corporação (YERGIN, 2012).

¹³ “A integração vertical é a combinação de processos de produção, distribuição, vendas e/ou processo econômicos tecnologicamente distintos dentro das fronteiras de uma mesma empresa. Isto representa, portanto, uma decisão da empresa no sentido de utilizar transações internas ou administrativas em vez da utilização de transações de mercado para atingir seus propósitos econômicos.” (PORTER, 1986)

Caso 2 – O início do Império Rockefeller

Em fevereiro de 1865 John Davison Rockefeller e Maurice Clark, sócios de uma das mais bem-sucedidas refinarias de petróleo decidiram romper a sociedade realizando um leilão no interior do escritório em Cleveland, Ohio. Rockefeller, ao ganhar o leilão, deu o primeiro grande passo para a formação da futura Standard Oil Company. À medida que acontecia o *boom* do petróleo, Rockefeller investia maciçamente com a abertura de novas empresas e refinarias, adquirindo suas próprias extensões de terra, onde cresciam os carvalhos com que eram feitos os barris, comprando carros-tanque, assim como depósitos em Nova York e seus próprios barcos para navegar no rio Hudson. O tamanho, a eficiência e as economias de escala permitiram a Rockefeller obter abatimentos nos fretes do transporte ferroviário, tornando seus custos de transporte inferiores aos dos concorrentes, dando à empresa uma grande vantagem em preço. Entre 1865 e 1870, o preço a varejo do querosene diminuiu pela metade, pois a capacidade do refino era três vezes maior que as necessidades do mercado. Com a maioria dos refinadores perdendo seus recursos financeiros, Rockefeller começou a consolidar a empresa transformando-a em uma sociedade por ações, porém sem colocar em risco o controle. Assim, em janeiro de 1870 William Rockefeller, Henry Fagler, Jabez Bostwick, Samuel Andrews e Stephen V. Harkness, liderados por John Davison Rockefeller, fundaram a Standard Oil Company, que evoluiu para uma empresa global complexa que levava a iluminação barata até os locais mais remotos do planeta. Em suas primeiras décadas, o negócio do petróleo forneceu a um mundo que se industrializava um produto ao qual se deu o nome de inventado de kerosene – de keros e elaion, palavras gregas que significam, respectivamente, cera e óleo; o elaion tornou-se ene para que o produto tivesse um som parecido com o familiar camphene (canfeno¹⁴) - conhecido como a nova luz que fazia recuar a noite estendendo assim o dia de trabalho. No final do século XIX John Davison Rockefeller tornou-se o homem mais rico dos Estados Unidos graças, sobretudo, à venda de querosene. Por essa época, a gasolina era apenas um subproduto inútil pelo qual, às vezes, se obtinham dois centavos por galão, sendo despejada nos rios à noite quando era absolutamente impossível vendê-la. Quando a invenção da lâmpada incandescente parecia indicar a obsolescência da indústria do petróleo, uma nova era se inaugurou com o desenvolvimento da máquina de combustão interna provida de energia pela gasolina. A indústria tinha um novo mercado, uma nova civilização nascia.

Fonte: YERGIN, 2012.

¹⁴ Existiam muitos tipos de óleo combustível e comestível na Europa e nos Estados Unidos: vegetais (amendoim, semente de colza e óleo de pinheiros), óleos animais (de castor, de baleia, sebo de boi e de porco), terebintina refinada e álcoois (especialmente de madeira (metanol) e de grãos (etanol)). O mais comum nos Estados Unidos, entre todos, era o canfeno, ou na linguagem popular, “fluido de queima”, que era uma mistura de álcool e de 20% a 50% de terebintina (para dar cor à chama), mais algumas gotas de óleo de cânfora para disfarçar o cheiro desagradável da terebintina (VIEIRA, 2008).

Em 1911 A Suprema Corte dos Estados Unidos exigiu o desmembramento da Standard Oil Company por violação do “Sherman Antitrust Act”, já que a empresa controlava diretamente uma ampla gama de recursos produtivos, e dominava o mercado de petróleo e derivados. A decisão permitiu a formação de outras empresas de petróleo, mas não impediu a formação e consolidação de um oligopólio global conhecido como “as sete irmãs” (Royal Dutch Shell, Anglo-Persian Oil Company, Standard Oil of New Jersey, Standard Oil of New York, Texaco, Standard Oil of California, Gulf Oil). A indústria do petróleo, fora dos Estados Unidos, só se desenvolveu de forma efetiva na Inglaterra, devido ao seu domínio colonial das regiões produtoras do Kuwait e Iraque que, em 1908, começaram a produzir. A estrutura da indústria mundial de petróleo foi condicionada pelas altas barreiras à entrada, constituídas pela grande escala e integração vertical da produção, e pelo poder imperialista e naval norte-americano e britânico (TIGRE, 1998).

Assim, apesar das qualidades dos carros elétricos, a formação da indústria do petróleo, que passou a gerar lucros extraordinários foi, passo a passo, freando as pesquisas que possivelmente aconteceriam para solucionar as deficiências dos carros elétricos, já que um setor automotivo começou a prosperar com base no motor a gasolina. As limitações do tempo de recarga e autonomia não se mostraram suficientes para suplantarem o sucesso iniciado com o lançamento do Modelo T, carro da Ford a gasolina em 1908, e com seus aperfeiçoamentos como a partida elétrica. Essa inovação desempenhou importante papel na ascensão de um dos produtos mais almejados e disputados pela sociedade de consumo: o automóvel. Para Freeman e Soete (2008) a principal razão para o grande aprisionamento (*lock-in*) aos motores de combustão interna deveu-se, de forma natural, ao sucesso das linhas de montagem de Ford que reduziram drasticamente os custos e os preços do Modelo T. De acordo com Freeman e Soete

o preço dos carros elétricos estavam subindo naquela época devido à introdução de melhores baterias, mas os dos Modelo T caíram de US\$ 850 em 1908 para US\$ 600 em 1913 e para US\$ 360 em 1916, devido a uma combinação de inovações organizacionais, técnicas e sociais. De forma pouco surpreendente, as vendas do Modelo T multiplicaram-se por cinquenta e a participação de mercado deles aumentou de 10% em 1909 para 60% em 1921. Os lucros sobre o valor líquido chegaram por vezes a atingir o nível de 300% ao ano, e os EUA alcançaram uma posição dominante no mercado mundial desses veículos. (FREEMAN e SOETE, 2008, p. 245).

No início do século XX observa-se a perda de competitividade e, conseqüentemente, de motivação para os investimentos em carros elétricos. Desta forma, a crescente disponibilidade de postos de abastecimento associado à redução contínua dos preços dos e maior disponibilidade dos derivados de petróleo favoreceu a conquista do mercado pelos carros com motor a combustão interna.

Assim, o carro a gasolina tornou-se o padrão da indústria automotiva, o que não significa que o carro elétrico tenha desaparecido. Na realidade, o fato de não ter competido no mercado de automóveis não quer dizer que a tecnologia não tenha sobrevivido e evoluído em aplicações específicas. Nichos de mercado foram desenvolvidos para carros elétricos, como carros de entrega de leite, empilhadeiras e carros de golfe.

No caso específico dos carros de golfe, a sua indústria está em constante crescimento, oferecendo no mercado dezenas de modelos. Os primeiros fabricantes foram Pargo, Harley Davidson, Cushman, e também a Ez-Go que ainda permanece no mercado, porém já não ocupa o primeiro lugar no *ranking* dos maiores fabricantes. As atuais empresas líderes são a Club Car, a Ez-go, a Yamaha e a Fairplay/Evergreen, respectivamente, e seus modelos básicos transportam de duas a quatro pessoas, com suas bolsas de tacos, mas também produzem outros modelos usados para cargas, manutenção dos campos de golfe, hotelaria, governança e carro-bar. (CARRYON, 2014)

Quanto à indústria de automóveis, o aprisionamento (*lock in*) aos carros com motor a combustão interna fez com que qualquer mudança para um sistema alternativo, no caso a eletrificação veicular, se transformasse em um empreendimento duvidoso. Além disso, os interesses específicos e ganhos já consolidados da indústria do petróleo e da cadeia produtiva dos carros a gasolina afastaram os carros elétricos do alvo de investimentos do setor automobilístico.

4 DIFUSÃO DO CARRO ELÉTRICO: ANÁLISE DOS FATORES CONDICIONANTES – INSTITUCIONAIS, ECONÔMICOS E TÉCNICOS

Na maior parte do século XX, crescer dependendo do petróleo era universalmente considerado um fato real, uma vantagem para os países autossuficientes e um ônus sem escapatória para os importadores dessa matéria-prima. Seu consumo per capita constituía um indicador de desenvolvimento econômico de progresso e bem-estar. Esse recurso natural, formado pela decomposição de animais e vegetais, tornou-se a matéria-prima essencial que sustenta o modelo da civilização contemporânea cujos derivados constituem os principais combustíveis utilizados nos transportes e em boa parte da indústria. Entretanto no século XXI a dinâmica da civilização do petróleo começa a ser contestada.

Apesar do argumento do esgotamento em um futuro breve das jazidas de petróleo, considerando que o petróleo levou alguns milhões de anos para se formar e está sendo esgotado em pouco mais de um século, não importa de fato se haverá petróleo ainda por vinte ou trinta anos. O fato é que se caminha rapidamente para sua inviabilidade enquanto matéria-prima que sustenta a civilização contemporânea, ao mesmo tempo, com o crescimento do movimento ecológico, os princípios da sociedade industrial estão sendo desafiados, colocando em xeque o modelo na qual a civilização foi construída ao longo do século XX.

Em todo o mundo os esforços para reduzir a queima de combustíveis fósseis – petróleo, carvão e gás natural – vêm aumentando, devido às suas consequências para o meio ambiente como a poluição do ar com neblinas enfumaçadas, a chuva ácida, mudanças climáticas e a destruição da camada de ozônio. A busca por reversão desse quadro tornou-se, na atualidade, um dos focos de políticas nacionais e de negócios internacionais.

O petróleo, componente fundamental da economia mundial do século XX, agora é acusado de alimentar a deterioração do meio ambiente e, a indústria petrolífera, orgulhosa de seu avanço tecnológico e de ter contribuído para a formação do mundo moderno é acusada de ser uma ameaça para a geração presente e as futuras. Assim, a

implementação de inovações tecnológicas que minimizem os custos ambientais tornou-se obrigatória. Os derivados de petróleo e também o gás natural têm elevada importância na matriz energética mundial e nacional e seu consumo é amplamente destinado aos transportes, mas substituir então por veículos a bateria com uma matriz elétrica “limpa” ou, em menor amplitude, reduzir o consumo de combustíveis fósseis mediante veículos híbridos, mas que ainda apresentam, matriz elétrica “suja”, representa um novo caminho a ser seguido.

Assim, com a questão da sustentabilidade cada vez mais na pauta nas agendas dos líderes mundiais, investir em um veículo que não polua, ou que polua menos que os veículos convencionais, é de suma importância. É neste cenário que os veículos elétricos se sobressaem, pois reduzem consideravelmente o volume de emissões de gás carbônico na atmosfera. Um veículo elétrico, também conhecido como um veículo de acionamento elétrico, utiliza um ou mais motores elétricos para propulsão, e dependendo do seu tipo, o movimento pode ser proporcionado por rodas ou hélices acionadas por motores rotativos, ou, no caso de veículos controlados, por motores lineares. Os veículos elétricos podem incluir trens elétricos, aviões elétricos, naves espaciais elétricas, barcos elétricos, motocicletas elétricas e *scooters*, caminhões elétricos e carros elétricos.

Atualmente, existem três famílias de tecnologias de carros elétricos, sendo elas: bateria, que são os carros totalmente elétricos, híbrido e híbrido *plug-in*. A energia elétrica que alimenta o motor, nos carros totalmente elétricos também chamados de 100% elétricos, é armazenada em uma bateria. Tal energia provém de uma fonte externa, como por exemplo, uma rede elétrica. Estes por sua vez possuem autonomia na faixa de 70 a 160 Km. Os carros híbridos não se conectam a uma fonte externa e a energia elétrica que move o motor elétrico é produzida no interior do próprio veículo por um motor de combustão interna que aciona o gerador, podendo ser gasolina, o etanol ou óleo diesel. A energia não utilizada é armazenada para ser usada quando necessária. Os carros híbridos *plug-in* constituem uma combinação dos carros 100% elétricos e dos carros híbridos, pois sua bateria pode ser alimentada tanto por uma fonte externa quanto por um motor gerador situado a bordo do veículo. (ERBER, 2010)

Os carros com células de combustível (*fuel cell*), não fazem parte da família de carros elétricos apesar de terem eletricidade em seu mecanismo, pois sua energia primária, que é hidrogênio, convertida em eletricidade, movimenta o motor. Entretanto, consideram-se alternativas aos carros convencionais, ou seja, aos carros com motores a gasolina. Assim, diante das diferentes tecnologias de carros elétricos, as informações nesta tese, referentes aos condicionantes necessários para a difusão do carro elétrico, estão pautadas nos carros a bateria, ou seja, totalmente elétricos.

A difusão dos carros elétricos requer ações de natureza institucional, econômica e técnica que permeiam, principalmente, um marco regulatório que limite cada vez mais, ou mesmo restringe, as emissões veiculares de poluentes (caso 3), investimentos em novas fontes de energia, pois a existência do carro elétrico presume-se energia “limpa”. Além disso, os investimentos em conhecimentos técnicos-científicos e demais ativos complementares necessários orientam a possibilidade de economias de escala e escopo¹⁵ exercendo influência no ritmo de difusão, podendo levar à redução dos custos de aquisição dos carros elétricos.

Caso 3 – Fiat do Brasil multada por emissão de gases poluentes

Em novembro de 1995, a Fiat do Brasil foi multada em R\$3,9 milhões pelo IBAMA por não atender aos padrões legais de emissões veiculares, que eram exigidos desde 1987 para os veículos novos que saíam das montadoras, que tinham que atender aos padrões do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Segundo o órgão do governo, o modelo Uno Mille Electronic utilizava dispositivos que mascaravam os níveis de emissão de poluentes e permitia um maior rendimento de motor, o que provocou uma emissão acima do permitido em lei.
--

Fonte: DIAS, 2011, p. 59.

¹⁵Ao assumir que a planta produtiva da empresa produz apenas um tipo de produto, considera-se a existência de economia de escala quando a expansão da capacidade de produção de uma firma ou indústria causa um aumento dos custos totais de produção menor que, proporcionalmente, os do produto. Na prática, grande parte das plantas industriais produz vários produtos, cada uma delas com sua própria estrutura de custos e, neste caso, o custo de produção de um produto em particular depende não somente do seu próprio volume de produção, mas também do tamanho da planta onde o produto é feito. Assim, com a existência de escopo, ou seja, produção de mais de um produto em uma mesma planta, o custo de produzir produtos conjuntamente é menor do que o custo de produzir separadamente. (LOOTTY e SZAPIRO, 2002)

A dinâmica da difusão pode ser compreendida como a trajetória de adoção de uma tecnologia, com foco nas suas características e nos demais elementos que condicionam seu ritmo de evolução e direção no mercado. Assim, a difusão do carro elétrico requer políticas efetivas que poderiam redirecionar a questão da mobilidade, particularmente da mobilidade urbana, indicando um novo rumo para o setor automotivo. Com a utilização do modelo de Tigre (2006) o processo de difusão do carro elétrico é examinado a partir dos fatores condicionantes - institucionais, econômicos e técnicos, que influenciam a direção ou trajetória tecnológica, o ritmo de difusão ou velocidade de penetração do mercado, e os impactos da difusão tecnológica (figura 5).

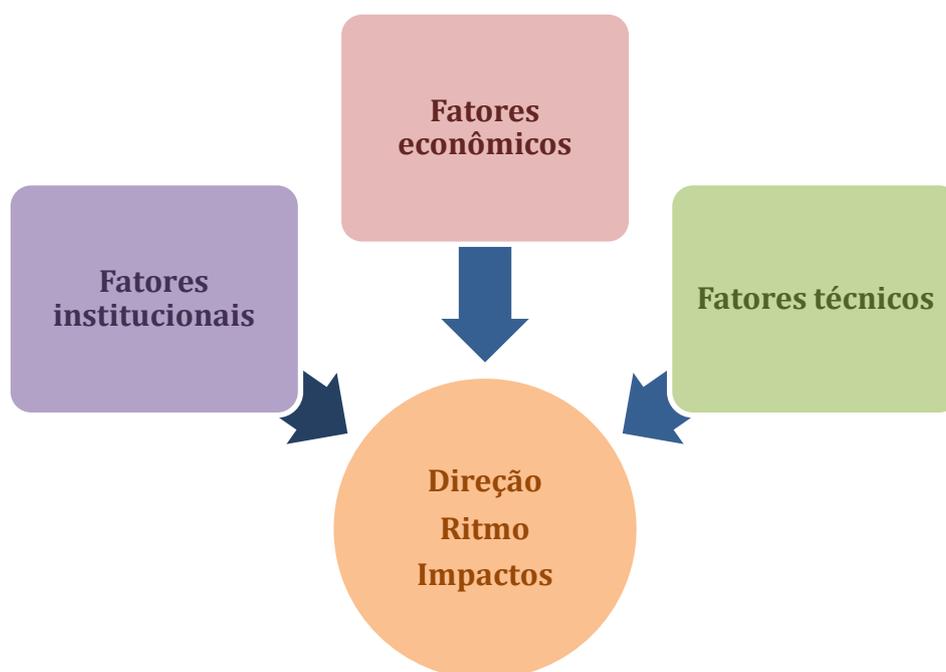


Figura 5 – Processo de difusão tecnológica

4.1 FATORES CONDICIONANTES

4.1.1 Fatores Institucionais

Segundo North e Davis (1971, p.7) um arranjo institucional é “... um arranjo entre unidades econômicas, que governa a forma pela qual essas unidades podem cooperar e/ou

competir”. De acordo com Fiani (2011, p.4) “os arranjos institucionais definem, por conseguinte, a forma particular como um sistema econômico coordena um conjunto específico de atividades econômicas”. Considerando o setor automobilístico como um arranjo institucional, torna-se relevante levantar tais aspectos no processo de difusão tecnológica do veículo elétrico automotivo.

As instituições são as regras do jogo em uma sociedade ou, mais formalmente, são as restrições elaboradas pelos homens que dão forma à interação humana (NORTH, 1990). As instituições são formadas por restrições formais (regras, leis e constituições) e informais (normas de comportamento, convenções e códigos de conduta) com suas características de execução e juntas definem a estrutura de incentivos da sociedade, especialmente econômicas. Sendo assim, as instituições políticas e econômicas, de forma subjacente, determinam o desempenho econômico (NORTH, 1994).

As inovações provocam um impacto significativo sobre o desenvolvimento econômico, mas sua difusão exige mudanças das regras que regem o setor impactado. O carro elétrico considerado como algo inovador e completamente inserido às motivações ambientais, não existirá sem que haja uma mudança na estrutura institucional existente. Como argumenta Kuznets

mesmo que o impulso para o crescimento seja proporcionado por uma inovação tecnológica importante, as sociedades que o adotam precisam modificar sua estrutura institucional preexistente. Isso implica mudanças substanciais na organização da sociedade – surgimento de novas instituições e diminuição da importância das antigas. Ocorrerão mudanças na posição relativa de vários grupos econômicos e sociais (KUZNETS, 1986, p.10).

Desta forma, políticas dirigidas à difusão do carro elétrico são fundamentais conforme mostra o quadro 2. Tais políticas serão mais bem detalhadas adiante.

Políticas	Impactos pretendidos
i) Estímulo à inovação (P&D)	Superar gargalos tecnológicos e acelerar o processo de inovação.
ii) Subsídios e incentivos fiscais	Equiparar o preço dos carros elétricos aos carros convencionais.
iii) Infraestrutura de abastecimento	Promover a disponibilidade de postos de abastecimento.
iv) Parcerias entre o Estado e a iniciativa privada	Projetos para o desenvolvimento tecnológico, promoção de efeito demonstração e uso dos carros elétricos.
v) Desenvolvimento de uma matriz elétrica limpa, de fonte renovável	Reduzir o impacto das fontes sujas de energia ao mesmo tempo fornecer uma energia compatível com a ideia do carro elétrico.
vi) Implantação de <i>Smart Grid</i>	Permite aos usuários controlar a recarga dos carros enquanto estão conectados a uma tomada normal.
vii) Regulação ambiental para o setor automotivo	Aumenta a obrigatoriedade por soluções ecologicamente corretas incentivando o carro elétrico.

Quadro 2 – Políticas necessárias à difusão do carro elétrico

Fonte: Elaboração própria.

i) Estímulo à inovação (P&D)

Ao longo do tempo o papel do setor público tem sido subestimado em relação à criação, produção e difusão das inovações, com a crença de que apenas o setor privado teria condições de assumir o papel de líder em questões de inovação e produção. Segundo Mazzucato (2014), a teoria econômica convencional justifica a intervenção do Estado quando o retorno social do investimento é maior do que o retorno privado, o que reduz a probabilidade de investimento de uma empresa do setor privado, como se o Estado estivesse corrigindo apenas “falhas de mercado”. Entretanto, como destaca Mowery (2010), os grandes projetos visionários como levar

“um homem na Lua” ou criar a ideia por trás da internet ¹⁶ exigiram muito mais do que o cálculo de retorno social ou privado. De acordo com Mazzucatto

... a maioria das inovações radicais, revolucionárias, que alimentaram a dinâmica do capitalismo – das ferrovias à internet, até a nanotecnologia e farmacêutica modernas – aponta para o Estado da origem dos investimentos “empreendedores” mais corajosos, incipientes de capital intensivo (MAZZUCATO, 2014, p.26).

John Maynard Keynes em seu célebre artigo “The End of Laissez-Faire”, de 1926, argumentou que o importante para o governo não é fazer algo que os indivíduos estão fazendo, e fazê-lo um pouco melhor ou um pouco pior, mas fazer aquilo que no momento não é feito de forma alguma (KEYNES, 1926 apud MAZZUCATO, 2014). Desta forma, caberia ao Estado assumir as áreas de maior risco e incerteza, formando e criando novos mercados, revelando um espírito revolucionário que dificilmente é encontrado no setor privado. De acordo com Mazzucatto (2014), a Apple está longe de ser o exemplo de “mercado” ao qual está associada. É uma empresa que não apenas recebeu financiamento do governo desde o início como usou de forma engenhosa tecnologia desenvolvida com financiamento público para criar produtos “inteligentes”. Apesar de Steve Jobs ter sido sem dúvida um gênio inspirador, o império do iPhone/iPad foi construído com essas tecnologias sendo financiadas pelo Estado.

Desta forma a questão da viabilidade do carro elétrico poderia passar apenas pelo comprometimento do Estado de forma efetiva, considerando que é uma tecnologia, apesar dos quase dois séculos de existência, considerada inovadora, porém, passível de risco e incerteza. Entretanto o que é perceptível, no caso do carro elétrico, é uma integração de vários agentes, e não apenas o Estado, ou seja, o sistema de inovação aparece como necessário para que o novo conhecimento e a própria inovação possam se difundir por toda a economia. Entende-se por sistema de inovação a relação

¹⁶ A internet surgiu a partir de pesquisas militares no auge da Guerra Fria. O governo dos Estados Unidos temia um ataque russo às bases militares que poderia trazer a público informações sigilosas, tornando os EUA vulneráveis. Então foi idealizado um modelo de troca e compartilhamento de informações que permitisse a descentralização das mesmas, pois se o Pentágono fosse atingido, as informações armazenadas ali não estariam perdidas. Em 1958 é fundada a ARPA (Advanced Research Projects Agency) para promover o desenvolvimento da tecnologia dentro do Departamento de Defesa. Em 1968 é realizada a primeira demonstração da ARPANET criando uma rede de computadores. Em 1973, a Norsar, agência governamental norueguesa, é a primeira instituição a se conectar à ARPANET. Em 1977 é criado o protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Em 1983 a ARPANET se desmilitariza e a parte militar forma a MILNET. (BRUSTOLIN, 2014)

entre diferentes atores como empresas públicas e privadas, instituições financeiras, centros de pesquisa e sistema educacional, para a produção e difusão do conhecimento técnico científico (FREEMAN, 1995).

Na realidade as empresas do setor automobilístico, juntamente com empresas de tecnologias complementares ao motor elétrico, vêm assumindo o que é considerado para muitos uma incerteza, que é o carro movido a baterias. Kemp et. al. (2012) argumentam que a transição para o transporte de baixo carbono requer uma nova noção de mobilidade, um grupo de várias novas tecnologias e ainda reforçada pelo comportamento mais sustentável. Eles propõem que, ao avaliar o funcionamento, resultado, viabilidade econômica, apelo social da tecnologia e do conhecimento resultante, o resultado desta avaliação deve ser utilizado para favorecer políticas públicas e privadas com o objetivo de promover um maior desenvolvimento da tecnologia.

De acordo com Rosenberg (1982), uma nova tecnologia muitas vezes requer o apoio de políticas eficazes, pois ela pode não ter custos baixos em todas as aplicações, especialmente durante os primeiros estágios de seu desenvolvimento. Logo, novas tecnologias precisam continuamente ser melhoradas para atender aos interesses tanto de produtores quanto de usuários, como também requerem outras tecnologias complementares que possam harmonizar produção e utilização. Segundo Steinhilber et. al. (2013), a indústria automotiva clama por financiamento dos governos para apoiar o seu próprio esforço de P&D para carros elétricos, necessitando de investimentos em tecnologia de bateria e tecnologia de produção de bateria.

Dada a importância da bateria no custo total desses carros elétricos, muitos de seus produtores iniciaram projetos de P&D juntamente com produtores de baterias (quadro 3). O relatório da International Energy de 2008 (apud PERDIGUERO e JIMÉNEZ, 2012) recomenda que os governos forneçam apoio para os produtores de baterias, especialmente as mais inovadoras no setor permitindo a construção e ampliação de unidades de produção, assegurando que os requisitos de investimento não sejam um obstáculo ao seu desenvolvimento. Segundo o relatório torna-se cada vez mais necessário o acesso e o uso de materiais, como o lítio, e *designs* inovadores

que possam reduzir os custos de produção dos carros elétricos e, com os fabricantes dos carros e produtores de baterias operando em conjunto, o custo de produção pode ser reduzido. O relatório também salienta a necessidade de programas de desenvolvimento tecnológico para a reciclagem de baterias de carros elétricos, uma vez que seu ciclo de vida termina.

Fabricantes de carros elétricos	Fabricantes de baterias
BYD Auto	BYD Group
Fiat-Chrysler	A123 Systems ¹⁷ , Altairnano
Ford	Johnson Controls-Saft
GM	LG Chem ¹⁸
Hyundai	LG Chem, SK Energy and SB LiMotive
Mercedes-Benz	Continental, Johnson Controls-Saft
Mitsubishi	GS Yuasa Corporation
Nissan	AESC
Renault	AESC
Toyota	Panasonic, EV Energy
Volkswagen	Volkswagen and Toshiba Corporation

Quadro 3 – União de projetos de P&D entre fabricantes de carros elétricos e fabricantes de baterias

Fonte: Elaboração própria, com base em International Energy Agency, 2008 (apud PERDIGUERO e JIMÉNEZ, 2012).

Quanto às iniciativas tomadas por governos para apoiar a indústria de carros elétricos, a European Commission financiou projetos de P&D através de seus programas

¹⁷ A A123 Systems desenvolve e fabrica baterias de íons de lítio (lítio ferro nanofosfato) e sistemas avançados de armazenamento de energia com alta potência, maximizam a energia utilizável e proporcionam vida longa com excelente desempenho de segurança. Fundada em 2001, a tecnologia nanofosfato, que pertence a A123 System é construída em novos materiais em nanoescala inicialmente desenvolvidos no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Hoje, A123 Systems está sediada em Livonia, Michigan (EUA) e emprega mais de 2.000 pessoas em todo o mundo. (A123 Systems, 2014)

¹⁸ A empresa sul coreana LG Chem Ltd., uma das maiores produtoras de produtos químicos e materiais avançados, é uma das principais fabricantes de baterias de íon de lítio. O investimento LG Chem Ltd. em baterias de íons de lítio tem crescido cinco vezes nos últimos sete anos, obtendo quatro centros de P&D (EUA, China, Japão e Coréia do Sul) e três instalações fabris (duas na Coréia do Sul e uma na China) dedicados à engenharia e produção de baterias de íons de lítio (LG CHEM, 2014).

JOULE I e II ¹⁹. Entre as entidades que recebem apoio financeiro estão a “European Electric Road Vehicle Association” (AVERE) e a “Association of Cities Interested in the Use of Electric Vehicles” (CITELEC). Alguns países, como França, Itália e Suécia, comprometeram-se em ter seus próprios programas de desenvolvimento tecnológico, com várias empresas realizando programas de P&D para carros elétricos com o amparo do governo.

Na Alemanha foi estabelecido, em 2010, o “National Plattform for Electric Mobility (NPE - Nationale Plattform Elektromobilität), incluindo os fabricantes de automóveis, fornecedores da indústria, organizações técnicas e associações de pesquisa, com o objetivo de tornar a Alemanha líder em mobilidade elétrica até 2020, não apenas com a introdução dos carros elétricos, mas com a transformação do sistema de transporte tendo como foco o motor elétrico. Entre 2009 e 2011, o governo federal disponibilizou 500 mil euros para P&D e dentre os vários projetos estabelecidos que incluem baterias, *design* leve dos veículos, tecnologias de informação e comunicação (TICs) e reciclagem. O NPE traz em seu corpo especialistas da indústria e da comunidade científica, governo, os sindicatos e a sociedade civil tendo como objetivo construir um sistema de transporte favorável com o meio ambiente, usando menos recursos naturais e, conseqüentemente, mais competitivo. (NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT, 2014)

No Japão, a política industrial em relação ao desenvolvimento de carros elétricos, incluindo veículos de energia limpa, tem sido muito ativa, com o MITI (Ministry of International Trade and Industry) promovendo carros elétricos desde 1971 através de programas de P&D envolvendo governo e indústria. O MITI tem promovido diversas políticas para demonstrar a viabilidade de carros elétricos em combinação com sistemas inteligentes de transporte, pesquisa em baterias de lítio e desenvolvimento de carros híbridos eficientes. Na China, o governo tem destinado, nos últimos anos, alguns bilhões de dólares ao setor automobilístico para a realização de projetos de inovação tecnológica. (PERDIGUERO e JIMÉNEZ, 2012)

¹⁹ JOULE I é o programa específico de Desenvolvimento de Pesquisa e Tecnologia (Research and Technology Development - RTD) no âmbito das energias não nucleares e uso racional de energia (1989-1992) que foi criado pela Decisão do Conselho de 31 de março de 1989 (EUROPEAN COMMISSION (a), 2014). O JOULE II corresponde ao período de 1990-1994 (EUROPEAN COMMISSION (b), 2014).

Nos Estados Unidos, o apoio do governo à indústria de carros elétricos já ocorre há algumas décadas. Em 1973 o Congresso dos EUA aprovou a “Electric and Hybrid Vehicle Research, Development, and Demonstration Act” destinada a promover novas tecnologias relacionadas com carros elétricos, baterias e motores desses veículos. Entretanto o plano falhou para atingir seus objetivos sendo arquivado pela administração Reagan. Atualmente, como parte do plano estratégico, o “American Recovery and Reinvestment Act” (ARRA), uma porção significativa dos recursos para o investimento industrial é atribuída à indústria de energia, que inclui crédito fiscal para a construção de carros elétricos. (PERDIGUERO e JIMÉNEZ, 2012)

O Departamento de Energia dos Estados Unidos tem incentivado os investimentos por meio do “Office of Science” em pesquisa básica, canalizado pelo “Massachusetts Institute of Technology” (MIT) que resultou no desenvolvimento de um novo material conhecido como *new nanostructured cathode* (novo cátodo nanoestruturado) que pode ser aplicado à tecnologia de bateria. A empresa A123 Systems foi criada para comercializar esta nova tecnologia e tem recebido ajuda do “Small Business Innovation Research Department” desde 2002 e do “Office of Energy Efficiency and Renewable Energy” desde 2006. (PERDIGUERO e JIMÉNEZ, 2012)

No Brasil o Programa VE (veículo elétrico) da Itaipu Binacional caracteriza o estímulo à P&D por parte do governo, que consiste no desenvolvimento de veículos movidos a energia elétrica tendo como parceiros, além da Itaipu Binacional, a Kraftwerke Oberhasli (KWO), controladora de hidrelétricas suíças, as montadoras Fiat e Renault, como também empresas de tecnologia, concessionárias de energia elétrica, instituição de pesquisa no Brasil, Paraguai e Suíça (ITAIPU BINACIONAL, 2014). O Program VE será melhor detalhado mais adiante, em outro item.

Não existem ainda no Brasil fábricas de carros elétricos, circulando apenas importados, conseqüentemente a P&D acontece apenas no exterior. Alguns raros empreendedores nacionais buscam capitalizar recursos como também parcerias com centros de pesquisa para dar continuidade aos seus projetos para introduzir no mercado seus carros elétricos.

ii) Subsídios e incentivos fiscais

Governos, motivados por metas de longo prazo para frear mudanças climáticas e o aquecimento global juntamente com a redução do uso do petróleo, vêm estabelecendo metas para aumentar a participação no mercado dos carros elétricos. Em apoio a esses objetivos alguns governos estão concedendo subsídios, incentivos fiscais e implementando políticas regulatórias para ajudar a acelerar o movimento de carros elétricos no mercado.

Panorama internacional

De acordo com Mock e Yang (2014) existem inúmeros incentivos públicos destinados a equipar o preço dos carros elétricos com os carros convencionais com o objetivo de aumentar suas vendas, dentre eles subsídios diretos, incentivos fiscais e economia no custo de combustível. Assim, tendo como base o relatório de Mock e Yang (2014), listam-se, em seguida, países que têm adotado esses incentivos:

- subsídios diretos

São oferecidos por uma série de países na compra de um carro elétrico, como:

- **França:** carros com emissões de CO₂ inferiores a 20 g/km recebem um bônus único de 7.000 euros e, para carros entre 21 e 50 g/km de emissão de CO₂, como o Volvo V60 *plug-in*, o bônus é de 5.000 euros. O valor do incentivo não pode exceder 30% do preço de compra do veículo, incluindo o VAT (*value-added tax*)²⁰ e o custo da bateria.

- **Reino Unido:** desde 2011, os consumidores que compram um carro elétrico novo (totalmente elétrico ou híbrido *plug-in*) que emite menos de 75 g de CO₂/km recebem um bônus de 25% do valor do carro, até a um máximo de 5.000 libras (cerca de 5.800 euros).

²⁰ VAT (*value-added tax*) ou taxa de valor adicional. Este imposto começou a ser cobrado em 1973 na Grã-Bretanha e hoje aplicado em muitos países. No Brasil tem-se o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) e o ISS (Imposto Sobre Serviços), que são similares ao VAT. Entretanto o VAT implica o pagamento de um único imposto.

- **Suécia:** programa executado de 2012 a 2014, em que um máximo de 5.000 carros com emissões de CO₂ de 50 g/km e menos, receberam uma única vez 40.000 coroas suecas (cerca de 4.500 euros).
 - **EUA e Califórnia:** um programa de subsídio federal permite um bônus único, dependendo da capacidade da bateria do carro, de até um máximo de 7.500 dólares em forma de crédito fiscal. Para o Renault Zoe (totalmente elétrico), o bônus seria de 7.500 dólares enquanto que para o Volvo híbrido *plug-in* V60 seria de 5.400 dólares. Na Califórnia, há outro programa de subsídio no nível estadual concedendo, de uma única vez, aos compradores dos carros totalmente elétricos mais 2.500 dólares e para o híbrido *plug-in* 1.500 dólares.
 - **Japão:** um programa do governo permitiu, desde 2009, um bônus único tanto para carros elétricos como outros carros com combustíveis mais eficientes. O programa foi estendido até 2013 com ajuste, fornecendo um bônus com base na diferença de preço entre o carro elétrico e o a gasolina, sendo limitado a 850.000 ienes (cerca de 6.300 euros).
 - **China:** desde 2010 existe um programa nacional que prevê um bônus único para carros elétricos e carros com célula de combustível. O programa foi estendido até 2015 com algumas revisões. O bônus é entre 35.000 e 60.000 yuanes (cerca de 4.200 e 7.200 euros) para carros totalmente elétricos, dependendo da autonomia da bateria do veículo e 35.000 yuanes (cerca de 4.200 euros) para carros híbridos *plug-in* com intervalo de bateria não menos de 50 km. Logo, o Renault Zoe receberia um bônus de cerca de 6.000 euros, enquanto o Volvo V60 receberia um bônus de cerca de 4.200 euros.
- Incentivos fiscais

São elementos importantes para estimular a compra dos veículos, existindo quatro principais categorias:

 - **VAT (*value-added tax*):** no Japão o imposto é de 5% enquanto na Dinamarca, Noruega e Suécia é de 25% aplicando-se, geralmente ao preço base do veículo, excluindo qualquer imposto sobre compra e registro. Quanto aos carros totalmente elétricos a Noruega é o único país que exclui carros totalmente elétricos do pagamento de VAT, o que representa uma redução do preço, para o

Renault Zoe, por exemplo, de 4.500 euros. Entretanto, na Noruega assim como em outros países, a isenção do VAT para os carros híbridos *plug-in* não se aplica. Em alguns países a incidência do VAT para os carros elétricos é maior do que para os carros convencionais, isto porque o seu preço base é maior e sujeito a um VAT maior, mesmo após o pagamento de bônus, como ocorre na China e Japão. Na Alemanha, o Renault Clio, que é um carro convencional com preço base de 13.277 euros está sujeito a 2.523 euros, enquanto o Renault Zoe, com preço base de 21.422 euros é taxado em 4.070 euros de VAT. Na Alemanha a alíquota de VAT é de 19% para carros enquanto que outros produtos como alimentos, livros e flores a alíquota é de 7%.

- ***one-time purchase/registration tax (imposto único de compra/de registro)***: alguns países cobram um imposto sobre a compra ou registro do veículo, além do VAT, e proporcionam uma redução de impostos para os carros totalmente elétricos. Na Holanda o imposto depende do nível de emissão de CO₂ do veículo, com taxas mais elevadas para diesel do que para os veículos a gasolina. Veículos a gasolina com menos de 95 g/km (gasolina) ou a diesel com menos de 88 g/km estão isentos do imposto de registro. No caso do Renault Zoe, o valor do benefício equivale apenas a 500 EUR, uma vez que as emissões do Renault Clio (99g/km) ficam apenas ligeiramente acima do limite de 95 g/km. No caso do Volvo V60, o benefício resultante é bem superior, cerca de 11 mil euros, pois a versão V60 não-híbrido emite 169 g/km de CO₂ e é um veículo diesel, de modo que as taxas de imposto aplicadas são bastante elevadas. Outros mercados com um forte efeito de imposto de registro são a Dinamarca e Noruega. Na Dinamarca, o cálculo é com base no preço do veículo, equipamentos de segurança a bordo e o consumo de combustível, e os carros totalmente elétricos estão isentos do imposto de registro. Para o Renault Zoe, a economia estimada é de cerca de 14 mil euros. No caso do híbrido *plug-in* Volvo V60, o valor base para o cálculo do imposto é de cerca de 77 mil euros, em comparação com cerca de 94 mil euros para a versão diesel regular. Na Noruega, o imposto é baseado no peso do veículo, potência do motor e emissões de CO₂ e os carros totalmente elétricos são isentos da taxa de registro. A economia para o Renault Zoe é estimada em torno de 4.100 euros. Para o Volvo V60, um imposto de registro de cerca de 37 mil euros aplica-se à

versão PHEV, em comparação com cerca de 35 mil euros para a versão diesel regular.

- **annual circulation tax:** alguns países cobram um imposto anual de propriedade do veículo, mas proporcionam uma redução de impostos para carros elétricos. Na Alemanha o imposto é calculado com base nas emissões de CO₂ e na capacidade do motor do veículo. Carros totalmente elétricos e híbridos *plug-in* estão isentos por um período de dez anos a partir da data do primeiro registro. Para o Renault Zoe, cujo preço base na Alemanha é de 21.422 euros, a isenção representa uma economia de 20 euros por ano, enquanto que o *plug-in* Volvo V60, cujo preço base é de 51.571 euros, a economia é cerca de 170 euros. Na Holanda o efeito é maior, pois o imposto geralmente é baseado no peso do veículo. Até o final de 2013 todos os carros que emitiam menos de 111g/km (gasolina) ou 96 g/km (diesel) de CO₂ estavam isentos do imposto. A economia anual no caso do Renault Zoe é estimado em torno de 380 euros, no caso do Volvo V60 cerca de 1.900 euros. Os limites para isenção fiscal foram ajustados a partir de janeiro 2014 por um período de quatro anos, de forma que apenas os carros com emissão de menos de 50 g/km de CO₂ ainda estão isentos do imposto de circulação anual.

- **company car tax:** carros de empresa são muito populares em muitos países europeus. Na Alemanha, em 2012, apenas 38% dos automóveis novos de passageiros foram registrados por proprietários privados, enquanto que 62% foram registrados como carros da empresa, sendo um percentual significativo. O mesmo ocorre para os carros elétricos já que em 2012 399 carros totalmente elétricos foram registrados por proprietários privados, em comparação com 2.617 registrados como carros de empresas. A ideia básica do sistema de carros de empresas é que ao invés de pagar um salário mais elevado ao seu empregado, a empresa oferece para fornecer-lhe um carro, arcando com todos os encargos relacionados, geralmente incluindo os custos de combustível. O empregado, por outro lado, tem acesso a um veículo no qual pode usá-lo para viagens particulares, porém, em troca, tem que pagar um imposto especial, o *company car tax*, para usufruir do benefício de ter acesso gratuito a um veículo. Na Holanda, normalmente, 25% do preço do veículo é considerado como parte da renda do motorista e está sujeito ao

imposto de renda. Em 2013, os automóveis de passageiros cujo nível de CO₂ não ultrapassasse a 50 g/km foram excluídos do imposto de automóveis corporativos. Carros emissores de 51-95 g/km (gasolina) ou 51-88 g/km (diesel) estavam apenas sujeitos a um benefício de 14% da renda tributável. Os benefícios estimados no caso do Renault Zoe são cerca de 1.100 euros por ano, e no caso do Volvo V60, cerca de 4.300 euros por ano, por um período de cinco anos. A partir de 2014, os carros corporativos com 50 g/km de CO₂ e menos deixaram de ser totalmente isentos de tributação.

- Economia nos custos de combustível

Os preços da gasolina e da eletricidade variam em todos os países. A Noruega tem preços relativamente elevados da gasolina, mas tarifas relativamente baixas de energia elétrica, assim as economias de custos resultantes da mudança para um carro elétrico são maiores do que em outros países. Já na Alemanha, o preço da gasolina é menor, em relação aos demais países europeus, enquanto o preço da eletricidade doméstica é comparativamente maior, logo a economia estimada é menor. Na China, o preço da eletricidade é significativamente mais baixo do que o da gasolina, e, portanto as economias percentuais de mudança para um veículo elétrico são altas. No entanto, porque os preços da gasolina são baixos, comparados com outros mercados, as economias absolutas estão em seu limite mais baixo. A economia de custos de combustível é considerada como um incentivo para o carro elétrico. Ocorre que alguns países, por conta do preço maior da energia elétrica em relação à gasolina, poderiam aumentar as tarifas sobre a eletricidade utilizada para veículos do que para a eletricidade doméstica, a fim de explicar a maior eficiência dos carros elétricos em comparação com os carros de motores a combustão e a eliminação de impostos que estão associadas a estes motores poluentes. Entretanto, não existe um movimento para maior taxa de energia elétrica como combustível de carros elétricos, sendo considerada então uma forma dos governos incentivarem a compra e uso desses carros ²¹.

²¹ A convergência tecnológica entre as redes elétricas inteligentes, os pequenos geradores individuais eólicos e solares e os carros elétricos, compartilhando-se equipamentos eletrônicos de controle, baterias, softwares e interfaces, reduz drasticamente o custo de aquisição ou adequação e permite ganhos para a utilização da energia elétrica na residência permitindo benefícios para usuários e operadores, como também reduz o custo da mobilidade pela eficiência. Logo, torna-se solução para

A China, em um esforço para promover a inserção de mais veículos não convencionais à frota anunciou, em 2014, que todos os carros 100% elétricos, híbridos ou movidos a células de combustível estariam isentos de impostos sobre compra até 2017. Com o corte, que reduz em 10% o preço de veículos nacionais e importados, o governo chinês espera tornar os ecológicos mais atraentes. A medida é parte da estratégia chinesa de combater os altos níveis de poluição atmosférica em suas grandes cidades. Atualmente, existem cerca de 70.000 carros elétricos em uso na China, mas até 2020 o governo espera que esse número aumente para cinco milhões. Nos últimos anos, o país vem expandindo sua rede de carregamento já que empresas de energia locais, como a State Grid, juntamente com empresas privadas, como a fabricante de carros elétricos Tesla, estão atuando na expansão generalizada de pontos de recarga em várias cidades chinesas. (EXAME.COM, 2014)

Panorama nacional

Em 2014, os incentivos preparados pelo governo para consumo de veículos com propulsão alternativa, não incluíram os carros totalmente elétricos. Até então os carros híbridos e 100% elétricos, por não possuírem uma classificação própria na tabela de incidência do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), pagam a mais alta alíquota desse imposto para veículos (25%). A ideia do governo, pelo menos em um momento inicial, é apoiar, com a desoneração do imposto de importação, apenas carros híbridos de autogeração, ou seja, àqueles que aproveitam a energia produzida pela desaceleração ou frenagem do veículo para recarregar as baterias. Carros com baterias que podem ser recarregadas diretamente na tomada – como modelos puramente elétricos ou os chamados híbridos *plug in* – estão fora dos primeiros estímulos. (ANTP, 2014)

A crise energética no Brasil pode ser um argumento para a restrição dos incentivos aos carros totalmente elétricos, já que pode haver uma dificuldade em explicar a sociedade o incentivo a esses carros em um momento em que o país vem acionando usinas térmicas para garantir o abastecimento de energia. Além disso, a

viabilidade dos automóveis elétricos ainda esbarra na ausência de uma grande rede de postos de recarga das baterias. Assim, considerados viáveis para a infraestrutura disponível, os carros híbridos de autogeração devem ser incluídos na lista de produtos beneficiados pelo regime de ex-tarifário²², o que permitiria reduzir o imposto de importação de 35% para 2%. (ANTP, 2014)

Os critérios do governo brasileiro para a propulsão alternativa estão distantes das expectativas do setor automobilístico de um programa com objetivos de longo prazo e de maior amplitude nas tecnologias contempladas. Em 2013, a ANFAVEA (Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores), entidade que abriga as montadoras instaladas no país, listou alternativas tecnológicas que poderiam ser estimuladas em dois ciclos de desenvolvimento: primeiro, com incentivos a importações e, na sequência, com estímulos à produção local. Na primeira fase, cada montadora teria uma quota para importar esses carros com redução no Imposto sobre IPI até 2017, enquanto que, na segunda fase, os incentivos seriam concedidos apenas às marcas que decidissem produzir localmente as novas tecnologias, com desenvolvimento de engenharia e fornecedores, assim como a localização progressiva de componentes. As tecnologias defendidas pela entidade vão desde os carros híbridos, que combinam o tradicional motor a combustão interna com o sistema de tração elétrica, a veículos puramente elétricos ou movidos a célula de combustível. (ANTP, 2014)

O Brasil caminha, atualmente, na contramão da corrida tecnológica ao concentrar seus incentivos apenas em carros híbridos de autogeração. O apoio irá beneficiar modelos como o Fusion da Ford, e o Prius da Toyota, considerado o híbrido mais vendido do mundo. Porém, montadoras que investem em carros puramente elétricos, como a Renault, Nissan e Mitsubishi, seguem sem os incentivos esperados para trazer essas tecnologias. Difundir os carros elétricos no Brasil requer, de forma efetiva, apoio do governo e redução dos impostos, como já ocorrem em países

²² Com o intuito de reduzir custos de investimentos e modernizar o parque industrial nacional, bem como melhorar a infraestrutura de serviços do país, o regime de ex-tarifário permite a redução temporária da alíquota do Imposto de Importação, para 2%, por dois anos, de Bens de Capital (BK) e Bens de Informática e de Telecomunicações (BIT), assim como de suas partes, peças e componentes, quando não houver produção nacional (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, 2014).

desenvolvidos. A Toyota estima que poderia vender o Prius, caso o carro tivesse pelo menos isenção de IPI, por menos de R\$ 100 mil, entretanto é vendido hoje por R\$ 120,8 mil (ANTP, 2014).

A aprovação de leis que garantam a isenção ou diminuição de impostos sobre os carros elétricos no Brasil, além de incentivos para a sua produção, seriam fundamentais para a sua difusão. Se houvesse um plano de redução ou isenção de impostos para a produção, tanto no produto final quanto em sua cadeia produtiva, seria possível disponibilizar carros elétricos nacionais com valores aproximados aos dos carros populares a gasolina comercializados hoje no país.

Projetos de carros elétricos nacionais, de empresas emergentes de base tecnológica, estão em andamento, como a VEZ (Veículo de Emissão Zero) do Brasil, que ainda está em fase de investimento sem ter iniciado a fabricação, e a ATTO Nacional Montadora Elétrica (caso 4). A ATTO está desenvolvendo e testando um carro elétrico urbano de dois lugares – o Atto-3 (figura 6), com futura produção em Cascavel, no Paraná. Entretanto o que ocorre no Brasil, em relação ao carro elétrico, é o mesmo que vem ocorrendo há tempos em outros setores da indústria nacional. Diferentemente de países desenvolvidos que incentivam fortemente suas indústrias e inovações, o país começa a receber carros elétricos de empresas estrangeiras sem incentivar àqueles que, legitimamente, se desenvolvem e serão produzidos no país.

Caso 4 – ATTO Nacional Montadora Elétrica

A ATTO Nacional Montadora Elétrica é o empreendimento brasileiro que concentra os esforços direcionados para a criação de uma cadeia produtiva de veículos elétricos inteligentes, tendo como ponto de partida a tecnologia e o mercado, o capital intelectual e a articulação para o desenvolvimento colaborativo. Com uma visão estratégia apoiada em dez anos de pesquisas, projetos, protótipos e testes, com parcerias importantes em diversos setores, e conselheiros de peso da história da indústria nacional, a ATTO engloba produtos, serviços e iniciativas que deverão revolucionar a economia brasileira a partir do Paraná, especificamente o oeste paranaense, onde está sendo instalado o Parque Industrial Consórcio Modular Vale do Lítio, que abrigará a montadora e os fornecedores de componentes, e prestadores de serviços. Com o objetivo de dar suporte para acolher e desenvolver os profissionais e empresas necessários para a transformação da região em um pólo industrial com uma cadeia produtiva de alta tecnologia como essa, outras iniciativas fizeram-se necessárias. Portanto a empresa, articulada com instituições locais e de outras regiões do país e do estado, complementando-se oportunamente recursos e competências com as demais empresas, está implantando um Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, o ATTO Research Center, um Instituto de Engenharia, a Academia Nacional de Engenharia e Gestão Ozires Silva e o Nacional Centro de Excelência em Matemática Aplicada Alcântara. A partir de 2015 os veículos urbanos elétricos da ATTO estarão sendo vistos circulando pelo país: bicicletas, scooters elétricos, o Atto-3 que é um carro elétrico urbano de dois lugares, além de outras novidades que serão lançadas como competições automobilísticas, entretenimento (*kart in door* elétrico) e serviços públicos, além de ônibus, caminhões e baterias.

Quanto aos incentivos governamentais, tem-se o pior ambiente no Brasil. No setor automobilístico nacional há a concentração de empresas estrangeiras sem P&D local, não há nas universidades qualquer cultura empreendedora, além de zero capital de risco. No governo federal, que concentra recursos e incentivos, a política é escrita pelas montadoras, àquelas com P&D externo. Os recursos, incentivos e regulamentos são, sob medida, para elas. Em resumo, no Brasil há uma cultura antiempreendedora onde se perpetua a indústria existente. Entretanto, “a solução virá da criatividade necessária para nascer e crescer nesse ambiente inóspito como uma plantinha linda no vulcão”.

Fonte: Entrevista com Carlos Eduardo Momblanch da Motta
ATTO Nacional Montadora Elétrica
Novembro de 2014



Figura 6 – Atto 3 protótipo de testes

Fonte: Arquivo pessoal de Carlos Motta da ATTO Nacional Montadora Elétrica.

Uma preocupação dos empreendedores brasileiros é a isenção de impostos sobre importações de carros elétricos, pois prejudicaria atividades de P&D e as iniciativas da indústria nacional. A venda de carros elétricos no Brasil, sejam eles nacionais ou estrangeiros, é essencial para o processo de difusão, mas é importante que a indústria nascente conte com incentivos governamentais para enfrentar a concorrência. Assim, uma iniciativa que isente impostos sobre os carros elétricos desenvolvidos e produzidos no Brasil, isentando também de impostos sua cadeia de suprimento, além de proteger e incentivar as iniciativas da indústria nacional pode contribuir para que projetos consigam sair do papel criando um mercado nacional e competitivo. (VEZ VEÍCULO DE EMISSÃO ZERO, 2014)

Assim, no campo da tributação é necessário realizar avanços para trazer os preços para um patamar próximo dos carros convencionais já que existe um diferencial

significativo de preço que necessita ser reduzido para viabilizar a comercialização do carro elétrico em escala industrial.

iii) Infraestrutura de abastecimento

Uma das grandes restrições ao consumo do carro elétrico, além do seu alto preço e a relativa baixa autonomia, é a recarga da sua bateria. A precariedade de infraestrutura de recarga age como um empecilho à aquisição do veículo. A infraestrutura de abastecimento inclui equipamentos de recarga, medidores de consumo e formas de cobrança, localizados em locais de estacionamento demorado e em vias públicas. Na realidade as estações de recarga podem se situar da seguinte forma:

- doméstico: que inclui garagens de casas e apartamentos residenciais podendo ser usado para abastecer carros elétricos durante toda a noite;
- local de trabalho: que inclui garagens de escritório onde os carros elétricos podem ser abastecidos em 7-8 horas;
- público: que inclui vias públicas e em locais de estacionamento demorado como supermercados e *shoppings* onde a recarga de baterias pode ser feita em cerca de 3-4 horas (se a recarga for rápida) ou 20-30 minutos (se a recarga for muito rápida – *quick charge*);
- troca de bateria (*swap*) – modelo *quick drop*: estações de bateria semelhantes em conceito de postos de gasolina onde a troca de baterias é realizada em 2-3 minutos. (INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS, 2010)

A grande desvantagem dos carros totalmente elétricos é o tempo necessário para recarregar suas baterias. Com a tecnologia da bateria de íon de lítio, um carro elétrico completamente recarregado consegue alcançar uma distância comparável com a de um motor de combustão interna com o tanque de combustível completo, porém precisará ser conectado a um recarregador no fim desse tempo. Atualmente isso significa que um carro elétrico com bateria descarregada estará fora de serviço durante várias horas antes de estar totalmente recarregado, tornando-se uma grande desvantagem. No futuro, com o desenvolvimento tecnológico, tecnologias de recarga mais rápidas poderão ser disponibilizadas superando a deficiência dos carros elétricos

em viagens longas. As estações de troca de bateria *swap* seria uma possível solução para o problema de recarga, pois haveria uma simples troca de uma bateria descarregada por uma nova totalmente carregada, diminuindo sensivelmente o tempo necessário para ter o carro elétrico pronto para se locomover novamente. Porém o custo elevado de uma estação *swap*, comparado às estações de recarga rápida (*quick charge*) tornou a tecnologia inadequada. Logo, a questão da infraestrutura de abastecimento ainda é grande obstáculo à difusão do carro elétrico.

Experiências internacionais

Alguns países vêm apresentando movimentos em direção à criação de infraestrutura de recarga. Em 2009, o governo português anunciou a implementação do Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal, que tem como principais objetivos a criação tanto de uma rede de carregamento – o Mobi. E - como um modelo de serviço para o carro elétrico. O Programa, centrado no usuário, visa implantar uma rede de carregamento acessível em qualquer ponto de Portugal e compatível com todas as marcas do veículo e aberta a todos os operadores (ADENE, 2013). A rede de carregamento Mobi.E tem como metas fornecer bases para a difusão do veículo elétrico, nas suas mais variadas vertentes e tipologias; projetar o país como estudo de caso internacional, promovendo a liderança de Portugal em soluções de carregamento de carros elétricos; além de proporcionar, em parceria entre empresas e centros de excelência, condições para gerar e atrair investimentos para o desenvolvimento de soluções para a mobilidade elétrica (ADENE, 2013).

Na Holanda a Fastned firmou parceria com a ABB, o grupo líder em tecnologias de eletricidade e automação, para fornecer a maior rede de carregamento rápido do país. Serão cerca de 200 postos espalhados pelas estradas do país, com capacidade para reabastecer um veículo em 15 a 30 minutos. A construção dos pontos de abastecimento deve ser concluída até 2015. Os equipamentos de recarga serão fornecidos pela ABB e cada carregador terá uma série de recursos de conectividade, como assistência remota, gerenciamento, manutenção e atualizações inteligentes de software (AUTOMOTIVE BUSINESS, 2013).

O plano para instalar postos de carregamento rápido de carros elétricos nas autoestradas holandesas foi iniciado em 2011, quando a Fastned pediu autorização ao Ministério de Infraestrutura para instalar uma rede de carregamento de veículos elétricos. Em dezembro de 2011, o governo holandês anunciou o lançamento de um processo de licitação para fornecer instalações de carregamento para as 245 estações de serviço existentes nas suas autoestradas. A Fastned, que ganhou a concessão para 201 estações, é uma empresa holandesa fundada em 2011 por Bart Lubbers e Michiel Langezaal com o objetivo de gerar uma infraestrutura de carregamento de âmbito nacional. A lógica do negócio baseia-se no conceito de que o primeiro a entrar nesse mercado poderá escolher as melhores localizações para o carregamento rápido no país, o que justifica um investimento precoce. Enquanto que a ABB, que opera em cerca de 100 países, sua parceira no projeto, é líder em tecnologias de energia e automação, possibilitando às empresas de eletricidade, água e gás, e à indústria, melhorar o seu desempenho, reduzindo o impacto ambiental. (ABB (a), 2013).

A Europa usa o padrão Open Charge Point Protocol (OCPP) para que os veículos elétricos estejam aptos a usar quaisquer estações. Significa um protocolo de aplicação para a comunicação entre estações de carregamento de carros elétricos e um sistema de gerenciamento central, também conhecido como uma rede de estações de carregamento, semelhante aos telefones celulares e redes de telefonia celular. O Open Charge Point Protocol é uma iniciativa da fundação E-Laad na Holanda e tem como objetivo criar um protocolo de aplicativo aberto que permite que estações de carregamento de carros elétricos e sistemas de gestão centrais de diferentes fornecedores possam se comunicar uns com os outros (GREEN TRANSPORTATION.INFO, 2014).

A montadora japonesa Toyota assinou, em 2013, contrato com a WiTricity Corp. (Wireless Electricity Delivered Over Distance), empresa que licencia tecnologia de recarga *wireless* para carros elétricos e híbridos (caso 5), com o objetivo de lançar no futuro veículos capazes de reabastecer baterias sem o uso de cabos. (CROWN CROATION WORLD NETWORK, 2014). Além da WiTricity, outras empresas trabalham em sistemas de recarga *wireless* para carros elétricos, como a HEVO Power (Hybrid e Electric Vehicle Optimization). A tecnologia da Hevo Power para carregar um carro

elétrico consiste em três componentes (figura 7) : (1) *power station*, é a superfície montada ou enterrada no chão e se conecta à energia fornecida pela rede; (2) *wireless receiver*, que é equipada em qualquer carro elétrico e se conecta ao sistema de gestão da bateria; e (3) *mobile app*, permite a comunicação entre os componentes de hardware, agindo como a única interface com o usuário final (HEVO POWER, 2014).

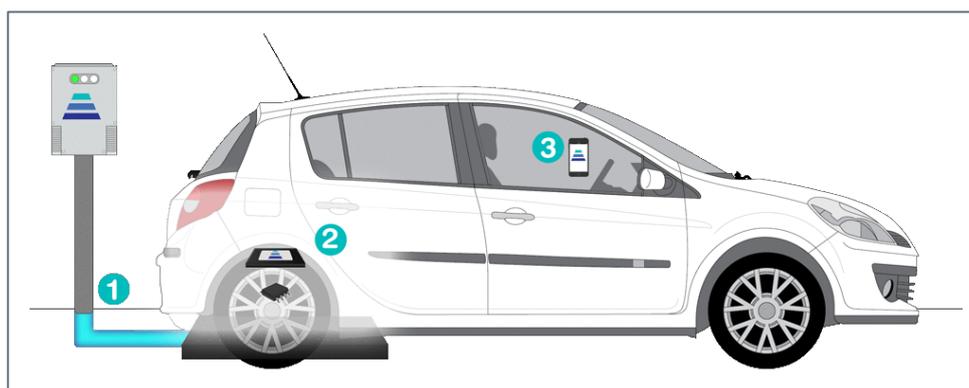


Figura 7 – Mecanismo de funcionamento da Hevo Power:

(1) *power station*, (2) *wireless receive*, e (3) *mobile app*

Fonte: HEVO POWER, 2014.

Caso 5 – WiTricity Coporation

A WiTricity Corp foi fundada em 2007 para comercializar uma nova tecnologia de eletricidade sem fio que foi inventada dois anos antes no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Uma equipe de físicos, liderados pelo professor Marin Soljagic, desenvolveu a base teórica para este novo método para a transferência de energia elétrica sem fio em 2005, e validadas as suas teorias experimentalmente em 2007. Com exclusiva licença do MIT, WiTricity Corp foi fundada pelo Prof Soljagic e alguns colegas do MIT e recebeu seu primeiro financiamento de capital de risco em novembro de 2007 por meio de Stata Ventures e Argonaut Private Equity. Stata Ventures é uma firma de investimento em tecnologia gerido por Ray Stata, fundador, presidente e ex-CEO da Analog Devices. A WiTricity Corp desenvolve tecnologia de recarga de energia elétrica sem fio de energia elétrica que irá operar com segurança e eficiência ao longo de distâncias que variam de centímetros a vários metros. A visão da WiTricity Corp é desenvolver uma família de componentes de energia elétrica sem fio permitindo uma gama de aplicações para que as indústrias tornem seus produtos verdadeiramente "*wireless*", não somente carros elétricos, mas também telefones celulares, computadores portáteis e robôs móveis.

Fonte: Site da WiTricity, 2014.

Nos Estados Unidos a empresa Better Place, fundada em 2007 na Califórnia, criou o modelo de *quick drop* baseado na troca de bateria (*swap*) em postos específicos em menos de quatro minutos, exigindo que o carro seja projetado para permitir essa operação. Os altos custos de troca de baterias, adicionado ao fato de restringir seu serviço a apenas um único modelo de carro elétrico – o Renault Fluence Z.E., levaram a Better Place a entrar em processo de falência em maio de 2013. Entretanto, apesar dos problemas a ideia permanece, tanto que a Tesla Motors desenvolve um modelo de troca de baterias em São Francisco e Los Angeles, nos Estados Unidos (FAST COMPANY, 2014; TRANSPORTED EVOLVED, 2014). Para especialistas da Renault no Brasil a ideia parecia ótima, mas o problema é que é uma tecnologia muito cara, pois tem que se estocar pelo menos dez *packs* de baterias, que são grandes. Além do mais o preço das estações é muito alto, cerca de um milhão de euros, e com 50 mil euros pode-se fazer uma estação de recarga rápida (*quick charge*) com seis pontos capaz de preencher 80% das baterias de um Twizy da Renault em apenas 10 minutos. Logo, é o mesmo tempo que levaria a troca das baterias em uma estação *quick drop*.

A cidade de Palo Alto, na Califórnia, região que se consolida na vanguarda da tecnologia mundial sediando empresas como Google, Apple, Facebook e Tesla Motors, desenvolve um projeto para incluir tomadas especiais para carros elétricos em todas as casas novas. A norma foi aceita, por unanimidade, pelo conselho local e o argumento é que com apenas U\$ 200 pode-se realizar uma instalação de uma estação de carregamento suficiente para dois veículos. O custo de instalação em uma residência nova é de cerca de um quarto do custo de instalação da estação em uma casa já construída. O conselho de Palo Alto objetiva incentivar a aceitação dos carros elétricos estudando a instalação de estações energéticas de carregamento rápido como forma de incentivar a aceitação desses carros na região (THE VERGE, 2014).

No início de 2012 a Tesla Motors construiu estações chamados *Superchargers* nos Estados Unidos, Europa e Ásia, projetados para carregar as baterias de forma rápida e sem custo adicional para os proprietários de um Tesla. Os *Superchargers* fornecem meia carga em menos de 20 minutos e são estrategicamente colocados próximos a restaurantes de estradas, cafés e centros comerciais, para permitir que os proprietários de carro possam dirigir de estação para estação, com paradas mínimas.

Nos Estados Unidos são atualmente 131 estações de recarga de baterias, na Europa são 98 e na Ásia 36. (TESLA, 2014)

Na França a Renault implantou coberturas fotovoltaicas nas fábricas em Douai, Mauberge, Flins, Batilly, Sandouville e Cléon, nas quais seus pátios de veículos ou estacionamentos foram cobertos pelos painéis, totalizando 400 mil metros quadrados de área. As coberturas fotovoltaicas somadas são capazes de gerar 59 MW, equivalente a uma produção de 52.600 MWh por ano, algo como o consumo anual de uma cidade de 15 mil habitantes. (AUTOMOTIVE BUSINESS (a), 2014)

Iniciativas no Brasil

A CPFL Energia (Companhia Paulista de Força e Luz) iniciou em 2013 o Projeto de Pesquisa & Desenvolvimento “PA0060 Inserção Técnica e Comercial de Veículos Elétricos em Frotas Empresariais da Região Metropolitana de Campinas”, integrando carros elétricos nas frotas de grandes empresas da região. O projeto visa construir um laboratório real de mobilidade elétrica na região metropolitana de Campinas, com o intuito de criar condições para a realização dos estudos de impacto da mobilidade elétrica no setor elétrico. (informações Daniela Pizzolatto – CPFL Energia , outubro de 2014)

Entre os objetivos do projeto da CPFL Energia (caso 6), destacam-se a avaliação dos impactos do carro elétrico na rede de distribuição de energia como possíveis interferências, demanda de energia necessária e adequações dos padrões construtivos. Além disso, estuda a proposição de regulamento tarifário para a cobrança das recargas como por exemplo horário de carregamento e cobrança em *roaming*²³, além da

²³ A cobrança horo-tarifária regulamentada pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) permite dar desconto em horários de menor demanda e sobretaxar no pico (medidor bidirecional inteligente). A cobrança em *roaming* com medidor inteligente permite identificar o usuário pelo veículo e não pela "tomada" para fazer a cobrança. O carro elétrico passa a ser considerado um “consumidor móvel”, pois tem a mobilidade para ora carregar a energia em um determina local e ora carregar em outro. Ocorre que, nessas movimentações o veículo pode utilizar a energia de diferentes concessões, por exemplo: um cliente residente em Campinas, onde a distribuidora de energia é a CPFL Energia, pode ter que viajar com seu carro elétrico até a capital São Paulo, onde a distribuidora é a AES Eletropaulo, em que não é cliente. Nesse caso, como será a cobrança da energia consumida no carregamento em SP? No Brasil, existem 67 distribuidoras de energia elétrica. Logo, essa é uma das questões em que o projeto da CPFL Energia pretende aprofundar.

realização de diversos outros estudos acadêmicos para a desmistificação do tema de mobilidade elétrica no país. O projeto busca o entendimento do modelo de negócio das distribuidoras de energia elétrica com os carros elétricos e desenvolve competências de provedor, instalador e explorador de infraestruturas de recarregamento. Até o momento participam desse projeto, como entidades executoras, o CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações) e a Universidade Estadual de Campinas e, como parceiros frotistas²⁴ na construção desse laboratório real, as empresas Natura e 3M, que utilizam os carros em sua frota, permitindo a compreensão real da mobilidade elétrica. Em contrapartida, realizam o pagamento de uma quantia mensal pela utilização dos veículos, que são fornecidos pela Renault-Nissan, que fomentará as pesquisas. (informações Daniela Pizzolatto – CPFL Energia, outubro de 2014)

²⁴ Frotistas são pessoas jurídicas que utilizam os veículos em seus processos de logística, vendas, marketing etc.

Caso 6 – Projeto de Mobilidade Elétrica da CPFL Energia

A CPFL é entusiasta do tema e estuda a mobilidade elétrica desde 2007. Inicialmente, os estudos eram focados no desenvolvimento da tecnologia dos veículos e baterias, mas em 2013 iniciou-se o Projeto P&D ANEEL da CPFL Energia (Projeto P&D ANEEL da CPFL Energia: PA0060 - Mobilidade Elétrica - Inserção técnica e comercial de veículos elétricos em frotas empresariais da região metropolitana de Campinas) para estudar o papel das distribuidoras de energia elétrica nesse contexto, compreender os impactos para a rede de distribuição e como as empresas do setor elétrico e regulação devem evoluir para se prepararem para incorporar a mobilidade elétrica. O Projeto de Mobilidade Elétrica da CPFL pretende endereçar os pontos chave para o desenvolvimento da mobilidade elétrica no Brasil e, para tanto, irá se construir na região metropolitana de Campinas um laboratório real de mobilidade provendo carros elétricos e a infraestrutura de recarga. Os estudos contemplados envolvem os impactos dessa tecnologia na rede de distribuição, no planejamento energético, tarifação e regulamentação, ciclo de vida e reaproveitamento dos carros e das baterias, utilização de carros elétricos como fonte de geração distribuída e novos modelos de negócio para o setor elétrico.

Vale destacar os estudos que estão sendo realizados com a infraestrutura de recarga (eletroposto), irá permitir o entendimento da convivência desses novos equipamentos com a rede de distribuição e sociedade. A CPFL está mapeando os equipamentos existentes, padrões e certificações de segurança, identificando os requisitos técnicos e condições mínimas de segurança para instalação nas condições locais (Brasil) e irá realizar ensaios com o objetivo de validar as condições mínimas de segurança para instalação em locais públicos. Os eletropostos utilizados serão o de carga lenta (3,7 KW), carga semi-rápida (22 KW) e carga acelerada (44 KW), entendendo os impactos na rede de cada um desses equipamentos.

Há a previsão de adquirir até 27 carros elétricos e instalar até 25 eletropostos (pontos de recarga), conferindo segurança aos usuários no uso real. A utilização diária dos carros elétricos por motoristas comuns também será avaliada no projeto, pois, além dos parceiros frotistas utilizadores do projeto (como Natura e 3M), planeja-se disponibilizar para aluguel em locadoras de automóveis. O projeto, patrocinado com recursos do programa de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), conta com a parceria no desenvolvimento dos estudos do CPqD, da Unicamp, das portuguesas CEIIA (Centro para Excelência e Inovação na Indústria Automóvel) e Mobi.E, e da Renault.

Até o momento, os dados levantados pelo projeto esclarecem que o valor do quilômetro rodado, em um carro a combustão, considerando o uso do etanol, é de aproximadamente R\$ 0,19, enquanto o veículo movido à eletricidade percorre a mesma distância com o custo de R\$ 0,05. Os seis carros atualmente utilizados percorreram quase 17 mil quilômetros e consumiram 3.249 KWh de energia, o que equivale ao consumo aproximado de 16 residências durante um mês.

Fonte: Entrevista com Marcelo da Silva Gongra Oliveira
CPFL Energia
Novembro de 2014

A Renault inaugurou em sua unidade de São José dos Pinhais, Paraná – o Complexo Ayrton Senna - um conjunto de painéis fotovoltaicos com 132 metros quadrados de área para a geração de energia a partir da captação da luz solar, que será direcionada ao abastecimento dos carros elétricos da marca, Zoe, Twizy e Kangoo, além de distribuí-la para a rede de iluminação próxima às instalações. O conjunto é formado por 80 placas com capacidade de gerar 20kwh e captada de forma contínua durante o dia, inclusive em dias nublados e com baixa luminosidade. A geração é suficiente para recarregar as baterias de um carro elétrico em 2 horas. (AUTOMOTIVE BUSINESS (a), 2014)

Juntamente com a inauguração do sistema fotovoltaico da Renault, no Complexo Ayrton Senna, começou a operar também, um eletroposto com a possibilidade de carregamento de até dois carros elétricos simultaneamente. O sistema foi homologado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), reconhecido e aprovado pela Companhia Paranaense de Energia (Copel). (AUTOMOTIVE BUSINESS (a), 2014)

Assim, torna-se claro a necessidade de implantação de uma infraestrutura pública de carregamento que garanta maior autonomia a esses veículos e postos de recarga rápida que possibilitem viagens de longa distância. Vale ressaltar, também, que para haver a recarga das baterias nas residências é necessário que as garagens possuam tomadas adequadas e suficientes, e o carregamento diurno em locais públicos exige a construção de uma infraestrutura de abastecimento de carros elétricos que atualmente está restrita a projetos pilotos de algumas cidades em diferentes países.

iv) Parceria entre Estado e iniciativa privada

O setor automobilístico, por ser um arranjo institucional, tem suas regras específicas. Segundo Fiani (2011) o arranjo institucional determina o modo especial como um sistema econômico coordena um conjunto específico de atividades econômicas. Assim, os arranjos institucionais tendem a definir a forma como as unidades econômicas podem cooperar como também competir. O desenvolvimento dos carros elétricos passa, de forma efetiva, por uma questão de coordenação desta

atividade econômica, não sendo possível promover o desenvolvimento e a difusão dos carros elétricos sem que haja uma cooperação dos agentes envolvidos. Não havendo cooperação não há a possibilidade de alcançar o propósito de promover o desenvolvimento da cadeia produtiva, dado que o progresso tecnológico necessita de uma série de mudanças e investimentos que alteram significativamente as atividades econômicas. Movimentos em direção à cooperação estão sendo realizados em muitos países. Empresas privadas em parceria com governos têm incentivado projetos e programas de P&D para a fabricação tanto dos ativos complementares que envolvem o carro elétrico – como as baterias – como o carro em si.

Os ativos complementares que foram surgindo para dar suporte ao motor a combustão, como grandes empresas de petróleo e postos de abastecimento, proporcionaram *path dependence*, ou seja, dependência de trajetória passada, indicando que o paradigma atual do motor a gasolina se manteve devido às ações ocorridas no passado. Assim, ativos complementares precisam ser desenvolvidos para difundir o carro elétrico. Caracterizam-se como ativos complementares do carro elétrico o desenvolvimento tecnológico de componentes, em particular as baterias, infraestrutura de carregamento que inclui equipamentos muito específicos e postos de carregamento.

Os desafios para a introdução dos carros elétricos no mercado mundial são enormes. Novos componentes deverão ser projetados, um novo conceito de postos de abastecimento deverá ser implantado, e a infraestrutura de energia elétrica deverá ser adaptada e possivelmente expandida. Neste sentido, pode-se prever a necessidade de definição e implementação de um novo conjunto de normas econômicas e sociais com capacidade de estabelecer e garantir regras que favoreçam as mudanças necessárias ao desenvolvimento, minimizando as possibilidades de atuação oportunista²⁵, com isso reduzindo os custos de transação²⁶ (FIANI, 2011).

²⁵ “Oportunismo para custos de transação é a exploração maliciosa das informações que se possui (e que a outra parte na transação ignora) para a obtenção de vantagens na transação. Mais especificamente, por oportunismo entende-se a transmissão de informação seletiva, distorcida ou a realização de falsas promessas (do inglês *self-disbelieved promises*) sobre o comportamento futuro do próprio agente”. (FIANI, 2011, p. 90)

²⁶ “Custos de transação são os custos que os agentes enfrentam toda vez que recorrem ao mercado. De uma maneira mais formal, custos de transação são os custos de negociar, redigir e garantir o cumprimento de um contrato”. (FIANI, 2002, p. 269)

No caso dos carros elétricos uma série de investimentos complementares deve ser realizada ao longo de sua cadeia produtiva. Entretanto, no momento da realização desses investimentos, se os agentes envolvidos começarem a atuar de forma oportunista, tentando obter condições mais vantajosas, o processo de desenvolvimento dos carros movidos à energia elétrica pode ser comprometido, ou até mesmo falhar. Assim, as normas podem favorecer um comportamento mais cooperativo. Como em toda tecnologia inovadora, mecanismos de incentivos e de fomento terão que ser implementados no favorecimento dos carros elétricos. O setor automobilístico, enquanto arranjo institucional, necessita claramente de apoio governamental para tornar viável um produto com tecnologia não convencional, mas que tem de ser compreendido mediante mudança no ambiente institucional inclusive por conta de questões ambientais e de mobilidade urbana. Davis e North defendem ambiente institucional como “o conjunto de regras fundamentais de natureza política, social e legal, que estabelece a base para a produção, a troca e a distribuição” (DAVIS e NORTH, 1971, p.6).

A difusão dos carros elétricos tende a beneficiar agentes econômicos direta e indiretamente envolvidos, pois gera ganhos expressivos para a indústria automobilística, indústria nascente de baterias de tração, de postos de recarga e também o setor elétrico. Segundo Evans “somente quando há uma combinação entre a incorporação de interesses coletivos e a autonomia, um Estado pode ser chamado de desenvolvimentista. São imprescindíveis tanto autonomia como parceria” (EVANS, 2004, p. 38). E ainda assinala que “a parceria, da forma aqui usada, implica um grupo concreto de conexões que ligam o Estado íntima e agressivamente a grupos sociais particulares com os quais o Estado compartilha projetos conjuntos de transformação” (EVANS, 2004, p. 93).

Parcerias entre Estado e iniciativa privada vêm surgindo no Brasil, de forma tímida, com o objetivo de inserir os carros elétricos em grandes cidades do país, através da frota pública como também em frotas de táxis privados, além de projeto de desenvolvimento tecnológico e promoção de efeito demonstração. Assim, algumas dessas parcerias são detalhadas a seguir:

a) Programa VE da Itaipu Binacional

No Brasil o Programa VE (caso 7) consiste no desenvolvimento e pesquisa veículos movidos a energia elétrica. A iniciativa tem como parceiros a Itaipu Binacional, a controladora de hidrelétricas suíças KWO, as montadoras Fiat e Renault além de empresas de tecnologia, concessionárias de energia elétrica e instituição de pesquisa no Brasil, Paraguai e Suíça. O Programa teve início com a assinatura de um acordo internacional de cooperação técnica, firmado pela Itaipu e pela KWO, em agosto de 2004. No campo acadêmico o Programa possibilita o intercâmbio de informações e conhecimentos entre institutos de pesquisas e universidades brasileiras, paraguaias e europeias, que agem como catalisadores para o desenvolvimento desta nova tecnologia. Além disso, o Programa VE proporciona a capacitação de profissionais e geração de emprego e renda. (ITAIPU BINACIONAL, 2014)

O Programa VE vem incluindo ações de tecnologia na área de meios de transportes movidos a eletricidade ambientalmente corretos. A ideia inicial de carros elétricos avançou para ônibus, caminhão e avião elétrico²⁷, pois o pioneirismo do projeto tinha potencial para alçar voos maiores. Os protótipos, na realidade carros de efeito-demonstração, têm sido desenvolvidos com bateria de sódio e o objetivo, com o avanço das pesquisas é que em pouco tempo deve estar criada a primeira bateria totalmente brasileira. Com o alto custo da bateria, a coordenação do projeto se voltou para o desenvolvimento próprio do produto. A iniciativa recebeu recursos da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) para realização das pesquisas e criação dos protótipos. Atualmente, as parcerias incluem empresas do setor elétrico brasileiro, montadoras e fabricantes de componentes automobilísticos, entre outras. Desta forma, o Programa VE avança no seu propósito de desenvolver e pesquisar veículos movidos a energia elétrica.

²⁷ No final de 2014 técnicos e engenheiros do Programa VE, da Itaipu Binacional, e da empresa ACS Aviation, de São José dos Campos, São Paulo, iniciaram no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Montagem de Veículos Movidos a Eletricidade (CPDM-VE) da Binacional, em Foz do Iguaçu (PR), a fase de pré-comissionamento do primeiro avião elétrico tripulado da América Latina. O protótipo, com propulsão elétrica e para duas pessoas, que tem como base o modelo esportivo acrobático ACS-100 Sora, foi denominado como Sora-e. O avião terá um motor elétrico duplo, fabricado na Eslovênia, com potência máxima de 140 kW, e um conjunto com seis packs de baterias, contendo 16 células cada um. A estrutura é feita com fibra de carbono e o painel terá tela com tecnologia touch screen. Para o Programa VE, o interesse com a parceria é o domínio da tecnologia de materiais compostos, usados no setor aeronáutico, e que são fundamentais para a redução do peso dos protótipos. (ENVOLVERDE JORNALISMO E SUSTENTABILIDADE (a), 2014)

Caso 7 – Programa VE da Itaipu Binacional

O Programa VE incorpora as preocupações de Itaipu e da maioria das empresas do setor elétrico, refletindo a urgência de ações para reduzir o impacto das fontes sujas de energia ao meio ambiente. O Programa VE foi formalizado em maio de 2006, com a assinatura do convênio 8226/2006, Itaipu/KWO (KWO – Kraftwerke Oberhasli AG, que controla nove usinas hidrelétricas na região dos Alpes, na Suíça). Para Itaipu representa um programa sustentável, de caráter ambiental, capaz de propiciar transferência de tecnologia. Ao longo dos anos, a ITAIPU, no âmbito do Programa VE, vem realizando uma série de pesquisas e tornou-se referência a nível mundial no desenvolvimento tecnológico de forma sustentável de meios de transporte com tração elétrica, bem como de aplicações de *Smart Grid* e de Sistemas de Armazenamento de Energia. São resultados deste trabalho os seguintes produtos: veículos elétricos de mobilidade individual, de passeio, caminhão com capacidade de carga de até cinco toneladas, miniônibus puramente elétrico, ônibus híbrido a etanol, Jipe Marruá, entre outros. Dentre as atuais linhas de pesquisa do Programa VE estão o Sistema de Armazenamento de Energia para instalação em comunidades isoladas (ilhas e áreas que não dispõem de rede elétrica), além dos projetos Bateria de Sódio Nacional, Avião Elétrico e Veículo Leve sobre trilhos brasileiro (VLT). Atualmente, são parceiras do Programa VE: ELETROBRAS, ANDE, RENAULT, FIAT, COPEL, CEMIG, CPFL, WEG, CHESF, LACTEC, LIGHT, CORREIOS, CEPEL, FPTI, MASCARELLO, AGRALE, IVECO, MOURA, PETROBRAS, EUROAR, CEEE, FURNAS, FIAMM, BOM SINAL, CEIIA, FINEP, MME e MCT.

Fonte: Entrevista com Celso Ribeiro Barbosa de Novais
 Coordenador Geral Brasileiro do Programa VE de Itaipu
 Chefe da Assessoria de Mobilidade Elétrica Sustentável da Itaipu Binacional, Brasil.
 Assessoria de Mobilidade Elétrica Sustentável – AM. GB
 Setembro de 2014

b) Projeto Eco-Elétrico

O Projeto Eco-Elétrico de Curitiba, Paraná, desenvolve-se em parceria com a Itaipu Binacional, a Aliança Renault-Nissan, e o CEIIA de Portugal. Os carros Zoe, Kangoo Z.E e Twizy da Renault, obtidos pela Prefeitura sem custos, devido a um contrato em comodato firmado entre as partes, são destinados à Guarda Municipal, à Secretaria Municipal de Trânsito (SETRAN), ao Instituto Curitiba de Turismo e aos Gabinetes da Vice-Prefeita e do Prefeito (figura 8). O projeto Eco-Elétrico (caso 8) é coordenado pela Vice-Prefeitura sendo um projeto inédito no país em sua dimensão, com Curitiba se diferenciando, ao utilizar para o atendimento das demandas internas de sua prefeitura um modal sustentável.

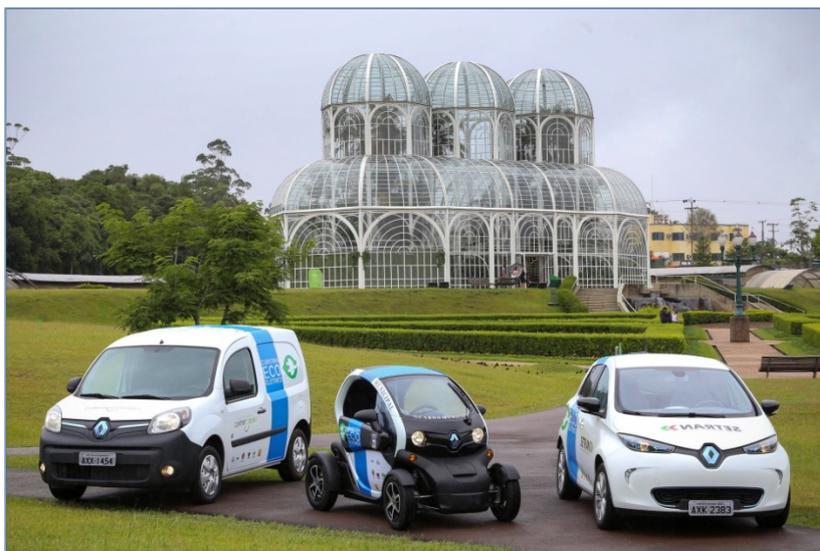


Figura 8 – Carros elétricos da Renault no Projeto Eco-Elétrico de Curitiba (PR)

Fonte: Arquivo pessoal Ivo Reck Neto, Vice-Prefeitura de Curitiba, 2014.

O Projeto Eco-Elétrico justifica a reputação de Curitiba como “cidade modelo” em função do planejamento urbano sustentável. O governo municipal, ao longo dos anos, tem buscado proporcionar qualidade de vida e ambiental para as pessoas e, ainda, ensiná-las a preservar a natureza. Iniciativas municipais como “Lixo que não é Lixo”, “Câmbio Verde” e “Arranjos Educativos Locais”²⁸ foram criadas para manter a organização ambiental da cidade. As melhorias do transporte também causaram ótimos resultados, através de faixas exclusivas inteligentes nas quais os ônibus circulam com mais rapidez, tornando o transporte público mais eficiente, com a introdução de ônibus híbridos, e contribuindo para a diminuição da poluição do ar. Desta forma, Curitiba vem contribuindo com atitudes sustentáveis que beneficiam a natureza e a população.

²⁸ O programa “Lixo que não é Lixo”, criada em 1989 pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente e a Secretaria Municipal de Abastecimento, incentivava a troca lixo por vale transporte na cidade, conscientizando os cidadãos sobre a coleta de lixo e o descarte correto, além de fazer com que a população utilizasse mais o transporte público. Uma evolução deste programa, o Programa Câmbio Verde, surgiu em 1991 com o objetivo de desenvolver a consciência do descarte correto do lixo orgânico e inorgânico através de uma atividade que gere lucro para os produtores agrícolas e para o cidadão. Em 2009, o SESI-Paraná desenvolveu o Programa Arranjo Educativo Local com espaços socioeducativos em que a gestão do lixo, técnicas de horta caseira e economia de água estão em pauta para ajudar a manter a organização ambiental da cidade. O propósito deste programa é desenvolver ações de sustentabilidade baseadas no cotidiano de cada bairro. (PENSAMENTO VERDE, 2014)

Caso 8 – Projeto Eco-Elétrico de Curitiba (Paraná, Brasil)

O Eco-Elétrico é o maior projeto de veículos puramente elétricos do país destinados à frota pública. Constituído em parceria entre a Prefeitura de Curitiba, Itaipu Binacional, Aliança Renault-Nissan e CEIIA (Centro para Excelência e Inovação na Indústria Automóvel) de Portugal, o projeto atende às demandas do município em seu programa de mobilidade urbana sustentável. Foram implantados em Curitiba oito postos de abastecimento – eletropostos - instalados em sete diferentes locais: Praça Rui Barbosa, Parque Tanguá, Parque Barigui, Secretaria de Administração, Prefeitura- Palácio 29 de Março, Setran-Prado Velho e Jardim Botânico. O eletroposto (*totem*) consiste em uma estrutura composta de sistemas de comunicação e carregamento onde um cabo é conectado para a recarga do veículo. Cada veículo possui seu próprio cabo. Logo optou-se em não deixar o cabo preso nos *totens* pela vulnerabilidade, pois em alguns locais eles ficam expostos.

O projeto Curitiba Eco-elétrico é único no país devido ao número de veículos elétricos que serão utilizados no serviço público. Em sua primeira fase, objetivou-se atender às demandas internas da PMC (Prefeitura Municipal de Curitiba) durante a Copa do Mundo da FIFA 2014. Para isso, 10 carros (modelos Zoe – 5 unidades; Kangoo – 3 unidades, Twizy – 2 unidades) e 3 micro-ônibus foram disponibilizados pela Renault - Nissan do Brasil e pela Itaipu Binacional sem custos à PMC, de acordo com contrato em comodato firmado entre as partes. Os veículos se destinaram à Guarda Municipal, à Secretaria Municipal de Trânsito (SETRAN), ao Instituto Curitiba de Turismo, ao Gabinete da Vice Prefeita e do Prefeito. Para a segunda fase do projeto (2015-2017), estão previstos estudos para implantar soluções de compartilhamento (*sharing*) de carros e bicicletas, voltados para serviços de interesse público e para o mercado corporativo. O desenvolvimento de *totens* de abastecimento multifuncionais estão previstos e devem agregar em um único equipamento serviços de recarga, cartão transporte, recarga dos veículos, parquímetro, câmera de monitoramento, botão de emergência, informações turísticas, bicicletas compartilhadas e wi-fi institucional. As próximas etapas (2018 – 2020) estabelecem estudos de integração aos diversos serviços de transporte público. Desta forma o projeto Eco-Elétrico somatiza com a implantação da estratégia da Prefeitura de Curitiba de Cidade Inteligente (*Smart City*), que contempla uma série de mudanças destinadas a modernizar a gestão pública e ampliar a oferta de serviços eletrônicos e de canais de relacionamento com a população. Nas prefeituras, o uso de veículos elétricos ainda é escasso, o que coloca Curitiba à frente no projeto de mobilidade sustentável direcionado ao atendimento das demandas internas de sua administração.

Fonte: Entrevista com Ivo Reck Neto
Coordenador técnico do Projeto Eco-Elétrico de Curitiba
Outubro de 2014

c) Aliança Renault-Nissan

Desde o início de 2014 a Renault passou a incrementar a frota de carros elétricos do Programa VE da Itaipu Binacional com a entrega de 20 unidades do hatch

compacto 100% elétrico Zoe, e com esta parceria a Renault concordou em compartilhar informações estratégicas, com suporte técnico, que permitirá que Itaipu realize estudos com o objetivo de subsidiar as empresas do setor elétrico em investimentos em infraestrutura de abastecimento para recarregar a bateria de veículos elétricos. O contrato firmado, no fim de 2013, entre a Renault e a Itaipu prevê a montagem de 32 modelos Twizy em regime SKD (semidesmontados). Além disso, um modelo Zoe e um Kangoo ZE foram adquiridos pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), e 6 unidades do Kangoo Z E pela Fedex Express, que utiliza os modelos elétricos em entregas de encomendas em São Paulo e Rio de Janeiro. (Automotive Business (b), 2014; atualizado por Silvia Barcik – Renault do Brasil, outubro de 2014)

Em sua divisão de veículos elétricos, a Aliança Renault-Nissan está investindo cerca de 4 bilhões de euros no desenvolvimento e aprimoramento dessa tecnologia. Desde que iniciou as vendas de modelos de carros elétricos, em 2011, entregou mais de 180 mil carros, incluindo o Nissan Leaf. Por sua vez, em sua gama de elétricos ZE (Zero Emissão), a Renault oferece o *hatch* Zoe, o utilitário Kangoo Z.E. e supercompacto Twizy (Automotive Business (b), 2014); atualizado por Silvia Barcik – Renault do Brasil, outubro de 2014)

No Brasil, a Renault vem buscando parcerias com municípios e empresas privadas e estatais como forma de inserir o carro elétrico no cenário urbano através de sua utilização em serviços públicos (Caso 9). A Renault do Brasil, cuja fábrica se localiza em São José dos Pinhais, Paraná, tem procurado incrementar as parcerias no próprio estado, como no caso do Programa VE da Itaipu Binacional, como também no Programa de Mobilidade Urbana Sustentável em Curitiba que prevê a implantação de modais de nova geração, com baixo impacto ambiental.

Caso 9 – Renault do Brasil atuando em parcerias para inserção dos carros elétricos

A Renault vem atuando juntamente em parceria com empresas privadas como também com governos municipais para inserir os carros elétricos na rotina de grandes cidades como exemplo de Curitiba com o projeto Curitiba Eco-Elétrico que corresponde às diretrizes do Programa Mobilidade Urbana Sustentável do Município, que visa o uso de modais com baixo impacto ambiental. A Renault começou a ter seus carros totalmente elétricos sendo utilizados por empresas no Brasil há cerca de um ano. Até o momento, 70 veículos, entre os modelos Zoe (compacto), Twizy e o furgão Kangoo Z.E, estão sendo usados por companhias como CPFL Energia, Itaipu Binacional, Fedex e Natura.

Em uma primeira fase de testes nos principais países da América Latina, o objetivo da Renault são as frotas institucionais, e não o público em geral. O mercado de carros elétricos ainda é bastante incipiente, porém existe um potencial de evolução. Entretanto para que estes carros cheguem até o consumidor latino-americano é necessário que se desenvolva infraestrutura para recarregar as baterias e também estimular financeiramente a aquisição desses veículos. Logo, o apoio governamental é fundamental para dar impulso ao negócio dos carros elétricos, como já ocorre nos mercados onde há expansão mais acentuada. Com a melhora futura das facilidades de utilização e a preocupação cada vez maior com questões ambientais, a Renault acredita que o mercado vai se expandir a um ritmo mais acentuado. Deve ocorrer, provavelmente, com os carros elétricos o mesmo que aconteceu com os celulares, ou seja, no início eles eram bem mais caros e havia menos antenas para captar o sinal.

Fonte: Entrevista com Silvia Mendes Pereira Barcik
Renault do Brasil S.A.
Relações Institucionais e Governamentais ▪ Veículo Elétrico ▪ Women@Renault
Outubro de 2014

A Nissan, que lançou em 2010 o elétrico Leaf, vem firmando parcerias em todo o mundo com governos, municípios e outras organizações para criar a infraestrutura necessária e incentivar políticas que levem os consumidores a ter acesso a carros elétricos. Engajada em construir um futuro ambientalmente mais justo, no conceito de emissão zero, a Nissan lidera mundialmente as discussões sobre as vantagens dos veículos elétricos, que estão revolucionando o modelo de mobilidade.

No Brasil, em 2012, a Nissan e a Petrobrás Distribuidora assinaram um memorando de entendimentos para estudar a expansão da infraestrutura para a recarga de carros elétricos, permitindo que as empresas estudem produtos e serviços necessários para atender a demanda dos carros híbridos, *plug-in* e puramente elétricos. O papel da Petrobras é viabilizar os pontos de recarga pelas cidades através dos

chamados Postos do Futuro, cujo primeiro foi inaugurado no Rio de Janeiro em 2009, com serviços de suporte de bateria de carros elétricos. (MOTOR DREAM, 2014)

A Nissan fez parcerias com os municípios de São Paulo e Rio de Janeiro com o objetivo de incluir carros elétricos na sua frota de taxi (caso 10). Em 2012, iniciaram-se os testes com os primeiros 10 táxis elétricos no Brasil e na América do Sul com uma parceria que envolveu a Prefeitura de São Paulo, Nissan e as frotas de táxis, sem qualquer gasto para a Prefeitura que apenas aprovou o projeto e autorizou estes carros a se tornarem táxis (NOTÍCIAS AUTOMOTIVAS, 2014). No Rio de Janeiro a parceria com a prefeitura do município e a Petrobrás incluiu 15 táxis elétricos (figura 9) na frota de táxis da cidade e estes carros fazem sua recarga em uma área reservada do posto da Petrobrás, atualmente em quatro locais - Lagoa Rodrigo de Freitas, Barra da Tijuca, Aeroporto Santos Dumont e Aeroporto Tom Jobim (Galeão) - além das concessionárias Nissan (CARPLACE, 2014).



Figura 9 – Taxi elétrico Nissan Leaf no Rio de Janeiro (RJ)
Fonte: AUTOFORUM.COM.BR, 2014.

Caso 10 – Nissan e o projeto de táxis elétricos em São Paulo e no Rio de Janeiro

Desde o início do projeto para incluir o Brasil na rota dos veículos elétricos, existe a ideia de criar as parcerias entre os agentes públicos e privados para a sua viabilização. O programa começou em São Paulo, em junho de 2012, onde se uniram à Nissan a prefeitura da cidade e a empresa de distribuição de energia elétrica da região. O escopo foi entregar 10 veículos elétricos para que taxistas utilizassem durante o dia a dia de trabalho.

No Rio de Janeiro, o projeto iniciou-se em março de 2013 com a inclusão da BR Distribuidora com o intuito de quebrar o paradigma de que as empresas que comercializam gasolina e etanol são contrárias ao crescimento de veículos elétricos. Na realidade, essas empresas querem ser reconhecidas como empresas de energia que podem fornecer insumos para o funcionamento de qualquer veículo. Foram instalados dois “eletropostos” em postos de abastecimento, ou também chamados e conhecidos como postos de gasolinas, onde os motoristas recarregam o veículo em meio aos olhares curiosos e atentos de outros clientes. O programa do Rio de Janeiro, com o total de 15 veículos, se tornou o maior programa de táxi elétrico da América do Sul, além de criar externalidades para os motoristas, cooperativas e o próprio serviço de taxi da cidade. Os motoristas escolhidos passaram por treinamentos, envolvendo funcionalidade do veículo, atendimento ao público e até mesmo técnicas de comunicação com a imprensa. Esses treinamentos foram ligados ao fato da cidade receber os dois maiores eventos esportivos do planeta: a Copa do Mundo em 2014 e as Olimpíadas em 2016. Com isso, a Nissan quer testar a viabilidade dos carros elétricos e trazer o debate para a sociedade em geral, envolvendo assim o Estado, os taxistas como formadores de opinião, as empresas criando modelos de negócios, e o público em geral avaliando e mostrando interesse para, assim, avançar na questão da mobilidade elétrica.

Apesar do sucesso inicial, medido pela ausência de emissão de poluentes, questões importantes de discussão sempre foram colocadas na mesa de trabalho como: definição sobre repasse de energia e possibilidade da venda “a varejo” da energia elétrica; incentivos para a produção local de carregadores utilizados nos carros elétricos, pois esse material atualmente é importado; incentivos para produção ou importação desses carros, pois a indústria automotiva pretende baratear o veículo a partir do atingimento de alguma escala mínima que torne possível a melhor absorção dos investimentos e custos fixos desse tipo de produção; implementação de eletropostos nas cidades, logo haverá segurança por parte dos clientes de poderem se locomover no veículo, evitando o risco de pararem sem energia; incentivos financeiros ao cliente final para ele migrar e experimentar esse novo tipo de tecnologia e incentivos não financeiros ao cliente final para aumentar o seu bem estar como vagas especiais de estacionamento e acesso as pistas exclusivas de transporte público. Assim, é possível afirmar que o sucesso desse tipo de veículo em outros países mostra uma relação positiva com ações de apoio do Estado. Aqui no Brasil, a Nissan não consegue imaginar uma situação diferente.

Fonte: Entrevista com Márcio Picança
Nissan do Brasil Automóveis Ltda
Novembro de 2014

Em 2013 foi assinado um Memorando de Entendimentos entre o governo do Estado do Rio de Janeiro e líderes dos setores público e privado, representando um passo para a implantação de um fábrica de carros elétricos no município de Resende. A cidade fluminense foi escolhida para a construção da fábrica por sua proximidade com os portos de alta qualidade de Itaguaí e do Rio de Janeiro, disponibilidade para início da produção em curto espaço de tempo e melhor acesso tanto à mão de obra qualificada devido ao complexo industrial automobilístico localizado na região, quanto a fornecedores.

A unidade industrial, a ser instalada pela Aliança Renault-Nissan, conta tanto com a ação conjunta das Secretarias de Transportes, de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços do Estado do Rio de Janeiro como também de empresas parceiras e comprometidas no projeto do carro elétrico - Light e Ampla que são principais distribuidoras de energia elétrica do estado, Petrobrás Distribuidora e Rio Negócios (GOVERNO DO RIO DE JANEIRO, 2013).

A Petrobrás Distribuidora participa do projeto para estudar a implantação da infraestrutura para recarga dos carros elétricos em postos de serviços de bandeira Petrobras no Rio de Janeiro. A Light promoverá estudos para a implantação da infraestrutura necessária à rede de abastecimento/carregamento desses veículos. A Ampla irá estudar a implantação de infraestrutura tecnológica e inovadora, para garantir o suprimento de energia de forma sustentável. Enquanto que a Rio Negócios participará do grupo de trabalho de desenvolvimento do carro elétrico, representando a Prefeitura do Rio de Janeiro, com o propósito de promover comercialmente a cidade como destino de negócios desse setor industrial e tecnológico emergente. A missão é identificar oportunidades e portfólios de projetos, desenvolver o polo setorial e consolidar a inteligência dessa nova atividade no país (GOVERNO DO RIO DE JANEIRO, 2013). O projeto está incluído no Programa Rio Capital da Energia, que tem como premissas a inovação tecnológica, a eficiência energética e a redução de emissões (FOLHA SERRA SUSTENTABILIDADE, 2014).

O grupo Renault-Nissan, na figura de seu CEO Carlos Ghosn, ao tentar revolucionar a indústria automobilística, está atraindo até mesmo seus concorrentes

para o que é considerado o próximo passo do setor – o carro elétrico. A Renault-Nissan ao longo dos últimos anos tem realizado parcerias não apenas com prefeituras e estados de muitos países com a inserção dos táxis elétricos em suas frotas, como também sendo participando de projetos nacionais de P&D como é o caso do Programa VE da Itaipu Binacional. O grupo é atualmente líder em vendas (61%) de carros elétricos na Europa, com o maior portfólio de veículos do gênero em comercialização, e já investiu cerca de 4 bilhões de euros no desenvolvimento dessa tecnologia e produziu, entre dezembro de 2010 e julho de 2013, mais de 100 mil veículos movidos exclusivamente a eletricidade (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2013).

A intenção em construir uma fábrica de carros elétricos em Resende é altamente relevante para o desenvolvimento econômico e tecnológico do Estado do Rio de Janeiro, bem como do país. Sua produção seria primordial para alavancar um veículo de alta eficiência que tem como vantagens custos de utilização muito inferiores aos dos carros de motor a combustão como também e níveis praticamente zero de emissões de gases poluentes. Entretanto, ocorreram, na Nissan, estudos e grupos de trabalhos sobre o tema, mas não se iniciou a preparação da fábrica de carros elétricos. A Nissan opera, desde 2014, em Resende, no sul do Estado do Rio de Janeiro, a fábrica de veículos convencionais, mas a de carros elétricos, que faria parte do complexo industrial, ainda não “saiu do papel”. Não há decisão política, por parte do governo brasileiro, em atuar fortemente no mercado de carros elétricos.

Desta forma a Aliança Renault-Nissan tem buscado inserir seus carros elétricos no Brasil em frotas institucionais com o objetivo não somente de promover a mobilidade com emissão zero de poluentes como também, através da divulgação dos seus carros, criar mecanismos para que haja, ao mesmo tempo, intenção de consumo e disposição do governo de incentivar o desenvolvimento e a produção de carros elétricos no país. Do contrário, o país permanecerá ainda por mais tempo como um mercado de testes para estes carros.

Entretanto, considerando uma mudança de rumo, com a desejada produção de carros elétricos no Brasil, com grande parte sendo utilizada no próprio país, torna-se indispensável a instalação de pontos de recarga, tanto em locais com tempo maior de

estacionamento, como também garagens residenciais e comerciais, e, principalmente, junto às vias públicas. Logo, uma infraestrutura de abastecimento será necessária, contribuindo, de fato, para a difusão. Conseqüentemente, a política de impostos para estes veículos deverá ser revista, em especial o IPI. Atualmente, como ainda não há uma definição específica os carros elétricos encontram-se na categoria “outros”, cuja alíquota de 25% é inviável desestimulando os possíveis compradores.

A cooperação, parceria, do Estado com os agentes privados, no caso com as empresas privadas que estão investindo na produção dos carros elétricos, é fundamental para promover o seu desenvolvimento. Embora países europeus e Estados Unidos disponibilizem incentivos fiscais para os carros elétricos, eles ainda demonstram pouca atratividade aos consumidores devido, principalmente, à insuficiente infraestrutura de carregamento. Nestes termos, os incentivos ao desenvolvimento industrial são relevantes, mas devem incluir a criação de uma infraestrutura é fundamental. O Estado em cooperação com os agentes privados devem criar condições efetivas para não somente o desenvolvimento tecnológico do carro movido a energia elétrica, como também a sua difusão.

v) Desenvolvimento de uma matriz elétrica limpa, de fonte renovável

O carro elétrico representa uma solução potencialmente viável para a melhoria do transporte, da segurança climática e da qualidade de vida da população dos grandes centros urbanos. Conseqüentemente a utilização de fontes renováveis e limpas de energia para a mobilidade urbana surge como um importante fator para assegurar um futuro sustentável.

O carro movido a energia elétrica é uma solução para uma mobilidade eficiente e sustentável, como também uma importante oportunidade para a produção e distribuição de energias limpas e renováveis. Na realidade são eventos que se relacionam e interagem tornando-se um tanto inadequado vislumbrar o carro elétrico sem associar seu abastecimento com energia limpa. No uso local o carro elétrico se apresenta como uma tecnologia “limpa”, mas depende de outras fontes de geração de eletricidade que podem não ser. Na realidade mesmo que toda a energia venha de

térmica a carvão, considerada a mais poluente, o uso local do carro elétrico ainda é menos poluente do que os carros convencionais.

A energia utilizada hoje para os transportes provém principalmente do petróleo e está associada a uma série de problemas ambientais que incluem mudanças climáticas globais e poluição do ar urbano. Considera-se como fonte de energia não renovável o petróleo, carvão mineral, gás natural e nuclear (quadro 4). A energia nuclear, apesar dos riscos de acidentes cujas consequências são desastrosas para os seres humanos e o ecossistema, é a única energia não renovável que não emite os gases do efeito estufa, sendo reconhecida como uma fonte limpa.

A utilização de fontes renováveis de energia para a mobilidade urbana e a mudança de paradigma nos sistemas de transporte são importantes fatores para assegurar um futuro sustentável. Como fonte de energia renovável, aquela que não corre risco de esgotamento, considera-se a hidrelétrica ou hidráulica, eólica, solar e biomassa (quadro 5). Entretanto o fato de ser renovável não a credencia como energia limpa como é o caso da biomassa que no processo de sua produção libera poluente como o gás metano, que é produzido pela decomposição da matéria orgânica e é um dos principais gases do efeito estufa, contribuindo assim para o aquecimento global.

Assim, o carro elétrico propicia avanços na tecnologia de sistema de armazenamento de grandes quantidades de energia, o que ajudará a impulsionar economicamente a utilização de energia de fontes intermitentes, tais como solar e eólica. Desta forma, os carros elétricos passam a representar um elemento importante, funcionando não apenas como consumidores, mas principalmente como armazenadores de energia. Como tipicamente um carro fica estacionado, em média 20 das 24 horas do dia, a energia armazenada em suas baterias funciona como um sistema de amortecimento capaz de anular as variações da geração da energia eólica ou solar.

Fonte não-renovável	Aquisição	Aplicação	Vantagens	Desvantagens
Petróleo	Matéria orgânica proveniente de restos animais e vegetais (fóssil). Extraído de reservas marítimas e continentais.	Matéria-prima da gasolina, diesel e de produtos como plástico, tinta, cera, gás e asfalto. Combustível para a geração de eletricidade.	Facilidade de transporte e distribuição. Conhecimento tecnológico para sua exploração e refino.	Libera dióxido de carbono na atmosfera cooperando com o efeito estufa.
Carvão mineral	Rocha sedimentar combustível. Provém da transformação química de grandes florestas soterradas. Extraído de minas localizadas em bacias sedimentares	Matéria-prima para fertilizante. Aquecimento. Combustível para a geração de eletricidade.	Facilidade de transporte e distribuição. Conhecimento tecnológico para seu aproveitamento.	É composto basicamente por carbono, enxofre, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio; liberando então poluentes como dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. Colabora para a chuva ácida.
Gás natural	Combustível fóssil formado quando camadas de animais e vegetais soterrados ficam expostos a intenso calor e pressão ao longo de milhares de anos. A energia que as plantas naturalmente absorvem da luz do Sol é armazenado em forma de carbono em gás natural.	Matéria-prima de derivados da indústria petroquímica. Combustível para a geração de eletricidade.	Existe em grande quantidade de reservas. Não emite poluentes. Utilizado nas formas gasosa e líquida.	Elevado investimento para a construção de metaneiros (navios-tanque destinado ao transporte de gás natural liquefeito) e gasodutos destinados ao transporte e à distribuição.
Nuclear	Energia liberada em uma reação nuclear, ou seja, em processos de transformação de núcleos atômicos. Reatores nucleares produzem energia térmica por ruptura de átomos de urânio. A energia aciona um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica. Fabricação da bomba atômica.	Instalações de usinas próximas aos centros de consumo. Não emite poluentes que colaborem com o efeito estufa.	Não existe conhecimento tecnológico para tratar lixo nuclear. Elevados investimentos para a construção de usinas. Existe risco de contaminação.

Quadro 4 – Fontes não renováveis de energia

Fonte: Elaboração própria.

Fonte renovável	Aquisição	Aplicação	Vantagens	Desvantagens
Hidrelétrica ou hidráulica	Energia proveniente do movimento das águas. Produzida por meio do aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio, utilizando desníveis naturais, como quedas de água, ou artificiais, produzidos pelo desvio do curso original do rio	Produção de energia elétrica.	Não emite poluente, não colaborando para o efeito estufa.	Impactos sobre a flora, fauna, solo, alterações do microclima da região, ciclo hidrológico. Deslocamento de pessoas residentes devido à inundação de grandes áreas.
Eólica	Os parques eólicos são conjuntos de centenas de aerogeradores individuais ligados a uma rede de transmissão de energia elétrica.	Produção de energia elétrica.	Não produz gases de efeito de estufa durante a produção. Grande potencial para a geração energia elétrica. Não ocupa grandes áreas.	Produz poluição sonora. Interfere em transmissão de rádio e TV. Necessita de investimentos para a transmissão da energia.
Solar	Abrange técnicas ativas e passivas. Entre as técnicas solares ativas estão o uso de painéis fotovoltaicos e coletores solares térmicos para aproveitar a energia. Entre as técnicas solares passivas estão a orientação de um edifício para o Sol e a seleção de materiais com massa térmica favorável ou propriedades translúcidas.	Aquecimento. Produção de energia elétrica.	Não emite poluente, não colaborando para o efeito estufa. Não necessita de turbinas e geradores para produzir energia elétrica.	Exige elevado investimento para o seu aproveitamento.
Biomassa	O termo biomassa abrange os derivados recentes de organismos vivos utilizados como combustíveis ou para a sua produção. A matéria orgânica é decomposta em caldeira ou biodigestor. O processo gera gás e vapor que aciona uma turbina e move um gerador.	Aquecimento. Produção de energia elétrica e de biogás (metano).	Permite o reaproveitamento de resíduos e é menos poluente que outras formas de energias como àquela obtida a partir de combustíveis fósseis.	Exige elevado investimento para o seu aproveitamento

Quadro 5 – Fontes renováveis de energia

Fonte: Elaboração própria.

O lado ambiental dos carros 100% elétricos dependerá, com certeza, de onde virá a energia que será utilizada para recarregar suas baterias. Considerando a poluição dos grandes centros urbanos, adicionado ao futuro esgotamento das energias fósseis, não-renováveis, a atual estrutura da rede elétrica deverá ser alterada. Atualmente a energia é gerada para atender à demanda, pelo simples ligar e desligar de usinas, porém poderá se tornar uma estrutura de rede elétrica na qual a energia poderá ser consumida de acordo com sua oferta, que passará a ser cada vez mais variável. Desta forma, a adoção dos carros elétricos se torna promissora pois ao invés de simples consumidores de energia, esses veículos, através da armazenagem de suas baterias, poderão ser favorecidos com energias totalmente limpas, como a energia eólica e a energia solar.

A energia eólica²⁹ e a energia solar têm se mostrado excelentes opções quando se trata de uso de energia limpa. A energia eólica é gerada por meio de aerogeradores, nas quais a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico, e a quantidade de energia transferida é função da densidade do ar, da área coberta pela rotação das pás (hélices) e da velocidade do vento (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (b), 2014).

A energia solar, assim como a eólica, caracterizam-se como inesgotáveis sendo consideradas alternativas energéticas muito promissoras para enfrentar os desafios da expansão da oferta de energia com menor impacto ambiental e suas aplicações práticas podem ser divididas em dois grupos: (i) energia solar fotovoltaica que é o processo de aproveitamento da energia solar para conversão direta em energia elétrica, utilizando os painéis fotovoltaicos e (ii) a energia térmica (coletores planos e concentradores) relacionada basicamente aos sistemas de aquecimento de água (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (c), 2014).

No Brasil as grandes usinas hidrelétricas são as principais geradoras de eletricidade. A maior parte da matriz brasileira está concentrada nessa fonte e os planos de expansão da geração de energia também privilegiam a construção de

²⁹ O termo eólico tem sua origem no latim *aeolicus* que significa pertencente a Éolo, o deus dos ventos na mitologia grega, logo significando algo que pertence ou tem relação com o vento (BRASIL ESCOLA, 2014).

grandes usinas. Apesar de ser uma fonte de energia limpa com baixos níveis de emissão de gases de efeito estufa, as usinas hidrelétricas causam grandes impactos ambientais e sociais. As fontes renováveis, como eólica e solar, podem e devem ter um papel mais relevante na matriz energética brasileira. Entretanto, devido à limitação inerente dessas fontes limpas, que ora geram energia a plena carga, ora têm a geração totalmente paralisada por questões naturais, a conexão dessas novas fontes energéticas à rede de distribuição elétrica acaba criando um fator de instabilidade. Apesar disso, os investimentos em fazendas eólicas e usinas solares no mundo vêm apresentando crescimento.

De acordo com o Global Wind Report de 2013 a capacidade mundial de produção de energia eólica alcançou 318 GW com um aumento de cerca de 12% de 2012 para 2013 (tabela 1). Os países que lideram a lista dos produtores de energia eólica no mundo são China, Estados Unidos, Alemanha, Espanha e Índia, seguidos por Reino Unido, Itália, França, Canadá, Portugal, Dinamarca, Suécia, Japão e Brasil (tabela 2). (GWEC, 2014)

Regiões	Acumulado até o final de 2012	2013	Total (até o final de 2013)
África e Oriente Médio	1.165	90	1.255
Ásia	97.715	18.216	115.927
Europa	109.817	12.031	121.474
América Latina e Caribe	3.530	1.235	4.764
América do Norte	67.748	3.063	70.811
Região do Pacífico	3.219	655	3.874
Total Mundial	283.194	35.289	318.105

Tabela 1 – Capacidade instalada de energia eólica por regiões do mundo (MW)

Fonte: Elaborado com base em GWEC, 2014.

Países	Acumulado até o final de 2012	2013	Total (até o final de 2013)
China	75.324	16.088	91.412
Estados Unidos	60.007	1.084	61.091
Alemanha	31.270	3.238	34.250
Espanha	22.784	175	22.959
Índia	18.421	1.729	20.150
Reino Unido	8.649	1.883	10.531
Itália	8.118	444	8.552
França	7.623	631	8.254
Canadá	6.204	1.599	7.803
Portugal	4.529	196	4.724
Dinamarca	4.162	657	4.772
Suécia	3.746	724	4.470
Japão	2.614	50	2.661
Austrália	2.584	655	3.239
Brasil	2.508	953	3.461

Tabela 2 – Capacidade instalada de energia eólica nos países líderes (MW)

Fonte: Elaborado com base em GWEC, 2014.

A China está na primeira posição na lista dos países produtores de energia eólica com cerca de 29% do total da capacidade mundial instalada. O país lidera a expansão do setor com 91.412 MW instalados no final de 2013 com cerca de 29% da participação global, representando quase 30 vezes a capacidade do Brasil com 3.461 (tabelas 1 e 2). A China sofre de uma poluição do ar cada vez mais grave com a situação mais crítica no norte do país. O governo chinês vem tomando medidas que inclui a proibição de novas usinas de energia movidas a carvão na região de Pequim, Tianjim, Hebei e Sahandong com o objetivo de combater a poluição do ar, oferecendo à indústria de energias renováveis a oportunidade de expandir e consolidar seu papel como fornecedor de energia limpa. (GWEC, 2014)

A capacidade eólica acumulada dos Estados Unidos, que ocupa a segunda posição em capacidade instalada de energia eólica, alcançou de 61.091 MW em 2013, o que corresponde a 19% do total do planeta. A Alemanha aparece em terceiro lugar entre os maiores produtores de energia eólica no mundo com uma capacidade instalada de 34.250 MW representando cerca de 11% do que é acumulado no mundo todo. A Espanha, ocupando a quarta colocação, apresenta no final de 2013 uma instalação de 22.959 MW com cerca de 7% do total mundial. (tabelas 1 e 2)

De acordo com o Global Wind Report de 2013 o Brasil alcançou 3,5 GW de energia eólica (gráfico 1), capacidade instalada suficiente para abastecer oito milhões de famílias e responsável por 3% do consumo nacional de energia elétrica. Segundo o relatório quase metade da nova capacidade instalada, em 2013, originou-se de três novos complexos eólicos: Asa Branca (RN) constituído de cinco parques eólicos, Calango (RN) também distribuídos por cinco parques eólicos e Renascença (RN) composto de quatro parques eólicos. (GWEC, 2014)

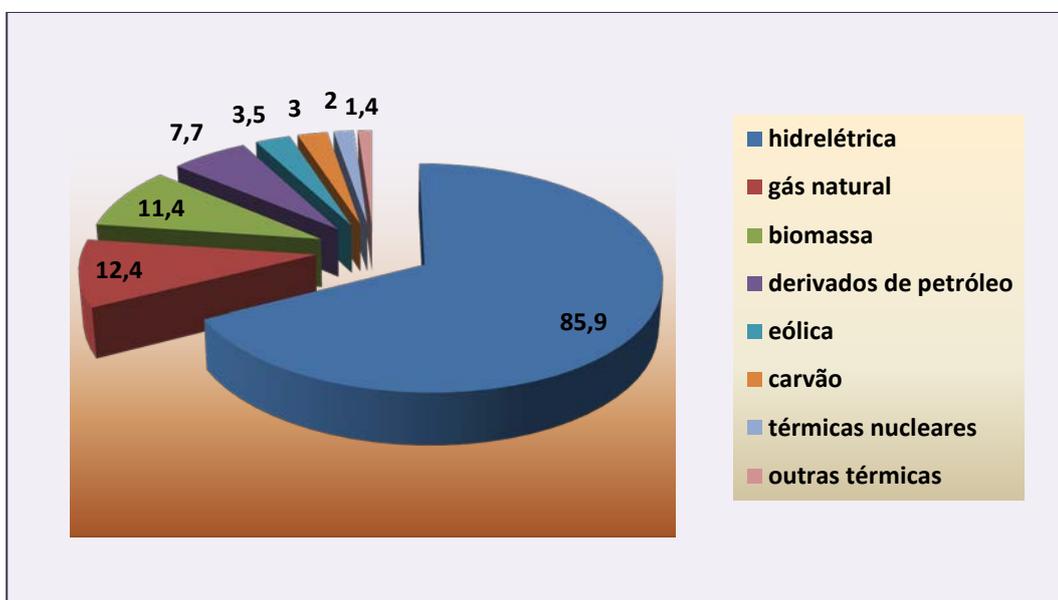


Gráfico 1 – Matriz energética brasileira – capacidade instalada (em GW)

Fonte: Elaborado com base em dados GWEC (2014).

Quanto à energia solar os países líderes nas instalações de geração desta energia são Alemanha, China, Itália, Japão, Estados Unidos, seguidos por Espanha, França,

Austrália, Bélgica e Reino Unido (PURE ENERGIES, 2014). Em novembro de 2014 entrou em funcionamento a usina solar Topaz no condado de San Luis Obispo considerada até o momento o maior projeto já criado e localizada no condado de San Luis Obispo, na Califórnia, capaz de gerar mais de 500 megawatts com custo avaliado em US\$ 2,5 bilhões, empregando aproximadamente 9 milhões de painéis solares espalhados por uma área de 24 quilômetros quadrados. A expectativa é que a usina seja capaz de gerar 550 megawatts, energia suficiente para abastecer 160 mil domicílios e evitar que 377 mil toneladas de CO₂ anuais sejam colocadas na atmosfera. Entretanto, a iniciativa não deve manter seu recorde durante muito tempo, pois a Califórnia deve receber em breve a Solar Star, uma usina de energia solar capaz de gerar 579 megawatts. (TECMUNDO (b), 2014)

Na Alemanha, 50 por cento das necessidades de eletricidade do país foram supridas, em junho de 2014, pela energia solar, considerada então um recorde mundial. Além dos incentivos, um componente relevante para a alta produção de energia solar é uma política governamental de fomento para os cidadãos instalarem painéis solares nos telhados de suas casas. O recorde de 50 % da demanda de energia da Alemanha ser atendida pela produção de energia solar significa que 74 % de toda a energia produzida no país originam-se de fontes renováveis, com a energia eólica em segundo lugar. Este recorde é também consequência de políticas que incentivam energia limpa, pois o governo paga aos produtores de energia renovável uma quantidade pré-determinada para a eletricidade que geram, em contratos de longo prazo. (LIBERTY VOICE, 2014)

A utilização de energias renováveis só deve aumentar na Alemanha à medida que o país continue seu "*energiewende*", ou seja, transformação de energia, que visa abastecer todo o país por recursos renováveis até 2050 (LIBERTY VOICE, 2014). As decisões políticas sobre energias renováveis na União Europeia estão se tornando cada vez mais importantes, considerando o crescimento contínuo nos últimos anos da geração e consumo de energia de fontes alternativas como o objetivo de obter 20 % da produção de energia vindo de fontes renováveis (SANZ-CASADO et al., 2014).

No atual contexto em que países de todo o mundo buscam caminhos para diminuir as emissões de gases de efeito estufa, ampliar a oferta de energia elétrica para atender a uma demanda crescente e, simultaneamente, diminuir o impacto ambiental da produção de energia é um desafio para o Brasil. A chamada economia de baixo carbono pode gerar conhecimento, novas tecnologias, empregos e oportunidades de negócios, e um dos setores mais promissores é o de geração de energia elétrica. As grandes usinas hidrelétricas são as principais geradoras de eletricidade no Brasil na qual a maior parte de nossa matriz está concentrada nessa fonte, e os planos de expansão da geração de energia também privilegiam a construção de grandes usinas. Apesar de ser conhecida como uma fonte de energia limpa com baixos níveis de emissão de gases de efeito estufa, as usinas hidrelétricas de grande porte, como as que estão sendo construídas na Amazônia, causam grandes impactos ambientais e sociais. Outras fontes renováveis de menor impacto ambiental podem e devem ter um papel mais relevante na matriz energética brasileira. (WWF-BRASIL, 2012)

O verão de 2014, como também de 2015, revelou riscos no setor elétrico brasileiro, pois com a forte estiagem, o nível das represas e dos reservatórios alcançou preocupante redução. Logo, mais termoeletricas foram acionadas crescendo a geração de energia com térmicas a gás natural, carvão, óleo diesel e óleo combustível, aumentando assim as emissões de gases de efeito estufa. Pensar em carro elétrico no Brasil requer um grande questionamento para qual caminho se quer seguir ir e explorar. Países desenvolvidos buscam, de forma contundente, alternativas, investindo em projetos de energias renováveis com os carros elétricos sendo inseridos, consequentemente, no contexto.

O Brasil é um país privilegiado por seus recursos naturais, sol abundante e ventos contínuos em seus vários pontos. Assim, com crise no suprimento e alto custo da energia, o BNDES irá financiar o desenvolvimento da indústria de energia solar fotovoltaica no Brasil, com juros subsidiados e regras flexibilizadas. (BNDES, 2014) Os empreendedores que utilizarem maior parcela de conteúdo nacional terão crédito mais barato. A futura entrada da fonte solar na matriz energética brasileira também abre caminho para o desenvolvimento de uma cadeia de fornecedores locais de

equipamentos o que é uma oportunidade para o desenvolvimento dessa indústria. (BLUE SOL EDUCACIONAL ENERGIA SOLAR, 2014)

Em agosto de 2014 a Usina Fotovoltaica Cidade Azul começou a operar comercialmente em Tubarão, no sul de Santa Catarina com 3MW, o suficiente para abastecer 2.500 casas diariamente, sendo praticamente um quarto de toda a energia solar produzida no país. A usina foi desenvolvida pela empresa Tractebel Energia em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) com a instalação de 19.424 painéis solares em uma área de 10 hectares, equivalente a dez campos de futebol. Segundo a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) operam no país 164 usinas solares e a participação desse tipo de energia dentro energia consumida no país alcança cerca de 0,01%. A Usina Cidade Azul, entretanto, não é a usina com a maior capacidade instalada, e sim a de usina de Tauá, no Ceará, que poderá gerar até 5 MW quando operar em toda sua capacidade. (UOL ECONOMIA, 2014)

Desta forma, considera-se que a revolução da energia “verde”, que vem ocorrendo nos últimos anos, é resultado de um desenvolvimento tecnológico longo e complexo e também do processo de difusão ocorrido em uma escala global. Segundo Mazzucatto

o processo se beneficiou dos grandes investimentos do governo que estimularam o surgimento de novas oportunidades de mercado. As inúmeras políticas visavam produzir desenvolvimento tecnológico, eficiência do mercado, escala e regulação eficaz. O objetivo mais abrangente desse processo é a aceleração do crescimento econômico através da inovação em tecnologias limpas para abrandar a mudança do clima e promover a diversidade energética. A visão de longo prazo é transformar nosso atual sistema produtivo em um sistema industrial sustentável verde. Essa é a uma missão traçada para produzir benefícios duradouros para o público e cumprir a promessa de desempenho econômico superior. (MAZZUCATTO, 2014, p. 222-223)

Assim, considerando que as questões ambientais estão, cada vez mais, no centro das decisões econômicas e sociais, a geração e fornecimento de energia tornam-se pontos cruciais para o desenvolvimento sustentável das nações. A mudança da matriz energética mundial para novas fontes renováveis, cujo potencial é bastante elevado, depende do espírito público, com políticas que tornem a energia “verde” acessível. O

carro elétrico se une então a esta perspectiva, pois não há como pensar nesse tipo de carro sem pensar em energias renováveis para abastecê-lo.

vi) Implantação de *Smart Grid*

A ideia de integração de carros elétricos nas redes elétricas surge a partir da mudança de paradigma nas questões da mobilidade em que a incerteza quanto à escassez de combustíveis fósseis, e os problemas ambientais associados, poderão levar a uma substituição gradual dos carros convencionais por carros elétricos. Considerando que esses carros requerem a utilização de baterias que apresentam capacidade de armazenamento, a implementação em larga escala deste conceito, pode provocar impactos consideráveis no desenho e operação do sistema elétrico.

O setor elétrico apresenta quatro distintas funções: operações de geração, transmissão, distribuição e sistema. Uma vez obtida a eletricidade, seja pela queima de combustíveis fósseis ou pela fissão nuclear, ou então pelo aproveitamento do vento, sol ou dos recursos hídricos, a energia é enviada por alta tensão, de alta capacidade de linhas de transmissão para distribuidoras de energia local. A eletricidade é então transformada em uma tensão mais baixa e enviada, através de linhas de distribuição local, para o consumo de plantas industriais, empresas comerciais e consumidores residenciais. Como a energia elétrica é gerada e consumida quase que instantaneamente, o funcionamento de um sistema de energia elétrica requer que o operador da rede equilibre constantemente o poder de geração e consumo. (GAO, 2011)

As *utilities*³⁰ que possuem e operam ativos de energia elétrica, e que incluem a geração de energia, linhas de transmissão, linhas de distribuição e subestações, disponibilizam, em áreas residenciais e comerciais, uma estrutura que contém equipamentos técnicos, tais como interruptores e transformadores para garantir segurança de corrente e tensão regular. As *utilities* podem ser tanto de propriedade dos municípios quanto de iniciativa privada enquanto que os operadores do sistema

³⁰ *Utilities* são empresas prestadoras de serviços públicos, como as distribuidoras de energia elétrica.

podem ser associados com uma empresa de eletricidade em especial, como também independente e responsável por várias empresas de energia, gerenciando o fluxo de energia elétrica. Além disso, gerenciam e controlam a transmissão e distribuição de energia elétrica utilizando TIs (tecnologias de informação) para controlar o sistema, tornando o setor elétrico altamente dependente desses sistemas de controle. (GAO, 2011). No Brasil as *utilities* de produção (usinas de geração) são principalmente estatais enquanto que as de distribuição são privadas, e o sistema é gerenciado pelo operador nacional que é a ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico).

Como o setor elétrico amadureceu e a tecnologia avançou, governos e empresas do setor começaram a articular uma visão ampla e integrada para a transformação da rede elétrica tornando-a mais eficiente, oferecendo aos consumidores informações em tempo real e facilitando formas alternativas de energia. O aquecimento global, o aumento das emissões de carbono, o aumento da população mundial e a crescente demanda por energia têm motivado os agentes a caminhar para a utilização não somente de energias renováveis como também sua integração com os sistemas de transmissão e distribuição. O setor elétrico está diante da oportunidade de evoluir e encontrar soluções práticas que reflitam a realidade dos consumidores e das empresas de energia do século XXI. Assim, eficiência operacional, novas fontes de energia, menor emissão de carbono, tarifas mais ajustadas e maior participação do consumidor são algumas questões que se apresentam como desafios para o segmento.

O *Smart Grid* aparece como uma proposta mundial de criação de uma rede de energia inteligente. A lógica do *Smart Grid* está na palavra inteligência pois as novas redes serão automatizadas com medidores de qualidade e de consumo de energia em tempo real, ou seja, as residências irão conversar com a empresa geradora de energia e, em um futuro próximo, até irão fornecer eletricidade para ele. A inteligência também será aplicada no combate à ineficiência energética, isto é, a perda de energia ao longo da transmissão. O *Smart Grid* aumentaria o uso de sistemas de TIs automatizando ações que os operadores do sistema tinham que anteriormente fazer de forma manual. A figura 10 ilustra a configuração de uma possível rede inteligente onde se inclui o carro elétrico sendo abastecido na garagem da residência, a economia de energia por meio de sistemas e dispositivos inteligentes, o acompanhamento *online* do consumo de

energia, a rede elétrica residencial integrada à fontes alternativas de energia e detecção e correção automática de faltas de energia. Logo, serão cidades transformadas pela automação e eficiência energética.

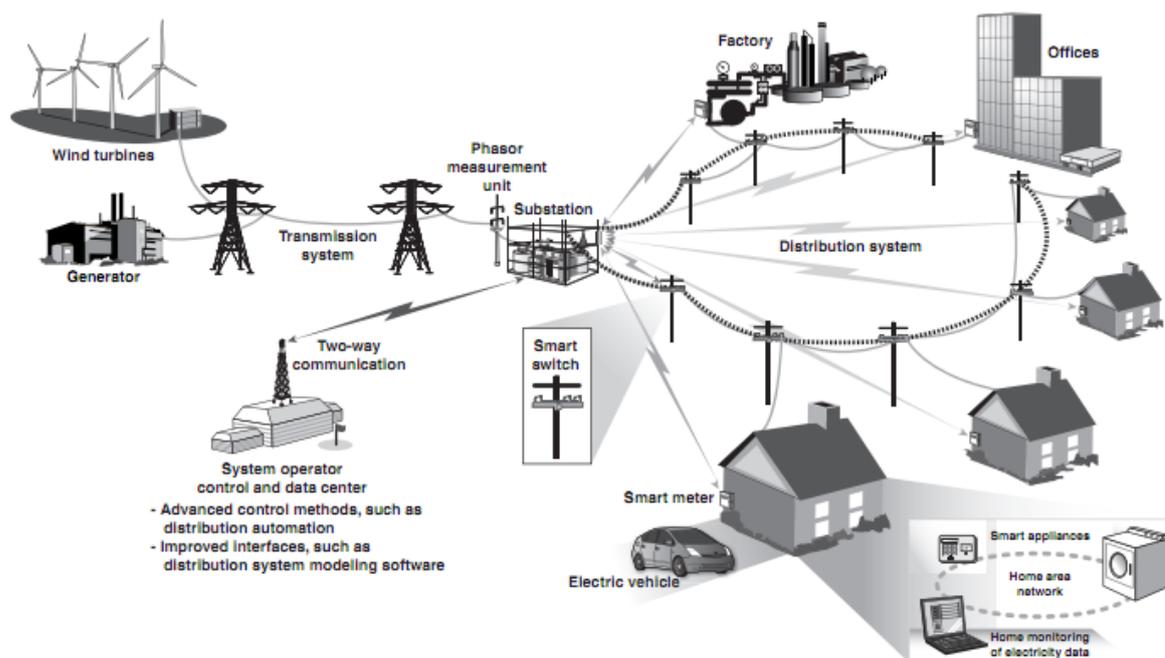


Figura 10 – Configuração do *Smart Grid*

Fonte: GAO, 2011.

No atual modelo de distribuição no momento que há queda de energia nas residências é necessário contactar a empresa distribuidora de energia e pedir que se faça o reparo. Como o *Smart Grid* é uma rede inteligente, assim que a pane ocorre, a empresa sabe onde acontece a queda de energia e em poucos minutos pode mobilizar funcionários para realizarem o conserto. A comunicação de mão dupla entre as residências e a operadora, sensores ao longo de toda a rede, controle e automatização do consumo residencial são algumas das mudanças que ocorrem com o *Smart Grid*. Entretanto para que a comunicação inteligente aconteça os medidores de energia analógicos precisam ser substituídos por modelos digitais com chips e conectados à internet para transmitir dados. O *grid* (grade) equivale às redes que transportam energia elétrica das usinas onde é gerada para os consumidores. A grade inclui entre outros fios, subestações, transformadores e interruptores.

A necessidade de uma rede elétrica mais ágil e automatizada tem feito com que o mercado de tecnologias de *Smart grid* apresente evolução com os últimos dois anos mostrando uma aceleração nos avanços tecnológicos e mudanças de prioridades entre os *stakeholders*. Previsões indicam que a receita da tecnologia *smart grid* global irá aumentar de 44 bilhões dólares em 2014 para cerca de 70 bilhões de dólares em 2023. (NAVIGANT RESEARCH (b), 2014)

Os *Smart Grids* estão em testes em algumas localidades. Em Boulder, por exemplo, cidade do estado do Colorado, nos Estados Unidos, o consórcio Xcel Energy vem testando mecanismos para potencializar o uso de energia nas quais formas tradicionais e emergentes de produção de eletricidade estão sendo avaliadas em algumas residências para verificar a eficiência deste tipo de rede. Chamada de *SmartGridCity* estas aplicações devem fornecer utilidade significativa e benefícios aos consumidores, incluindo maior confiabilidade no serviço oferecido, redução nos custos de manutenção e operação e melhor gerenciamento das fontes de energia renováveis, além da redução do consumo de energia (NEURAL ENERGY, 2014).

Na China, o desenvolvimento de uma rede inteligente tornou-se o foco principal da construção da sua rede de energia. O setor elétrico chinês está passando por um processo de atualização em que a segunda fase do seu projeto de Smart Grid – fase de construção com previsão de 2011 a 2015 – está sendo implantada conforme o State Grid Corporation of China. A primeira fase, que compreendeu os anos de 2009 e 2010, concentrou-se no desenvolvimento e planejamento do Smart Grid, enquanto que a terceira fase, que será no período de 2016 a 2020, o projeto já estará em fase de conclusão com a interação entre fontes de energia, rede de distribuição e usuários. (STATE GRID CORPORATION OF CHINA, 2014)

No Vietnã, o governo emitiu a Decisão n.º 1670/QĐ-TTg datada de 08 de novembro de 2012, que aprovou o roteiro de desenvolvimento de *Smart Grid* com o objetivo de melhorar a qualidade do fornecimento de energia além de assegurar confiabilidade, estimulando a exploração eficaz dos recursos naturais de energia, garantindo a defesa nacional, participando de proteção do meio ambiente e o

desenvolvimento sócio-econômico sustentável (CENTRAL POWER CORPORATION, 2014).

No Brasil, onde há aproximadamente 65 milhões de medidores analógicos no país, a troca por medidores digitais, segundo a ANEEL demorará para acontecer. Apesar da regulação dos modelos digitais ainda ser um projeto a previsão é que no máximo em dez anos todos os medidores sejam substituídos. Além da mudança de leitores, toda a infraestrutura de captação de dados provenientes desses aparelhos precisa ser criada ou aprimorada, pois do contrário não há como medir o consumo, diferenciando valores ou horários, ou detectar problemas. (TECMUNDO (a), 2014)

O projeto de *Smart Grid* em Armação de Búzios, cidade litorânea do Estado do Rio de Janeiro, iniciado em 2011, transformou Búzios em um laboratório permanente, ou em um *Living Lab* que é um conceito que descreve a implementação de redes elétricas com medidores inteligentes de consumo energético. Os investimentos, de cerca de R\$38 milhões, entre recursos públicos e privados, preveem a instalação de *Smart Grid* que inclui automação, medidores inteligentes e sensores que permitem a coleta remota de grande volume de dados (telemetria) e o seu tratamento em tempo real, de forma que a distribuidora e os consumidores saibam a qualidade e a quantidade da energia consumida. A iniciativa conta com a participação da espanhola Endesa que é uma empresa de distribuição, geração, conversão e transmissão de energia, e no Brasil se faz presente através da *holding* Endesa Brasil (controladora da distribuidora Ampla³¹), atuando em estreita parceria com os governos estadual e municipal. (INFRAESTRUTURA URBANA, 2014)

O projeto de *Smart Grid* em Búzios promete melhoria da eficiência e da confiabilidade das redes elétricas, economia e sustentabilidade da produção e distribuição de energia, com redução expressiva nos custos com consumo energia além de fontes alternativas de energia diminuição das emissões de CO₂. O projeto prevê então a autogeração e armazenamento de energia renovável como solar e eólica e,

³¹ A Ampla Energia e Serviços S.A. é uma concessionária de distribuição de energia elétrica que atua no Estado do Rio de Janeiro. A empresa de capital aberto e tem como principal acionista a holding Endesa Brasil.

posteriormente a operação da rede de distribuição de energia *smart grid* integrada com a infraestrutura já montada. Os "veículos inteligentes" que incluem carros e bicicletas elétricos para aluguel e patrulhamento, entrarão em cena nessa fase do projeto, como também as estações necessárias para o seu carregamento rápido e lento. No final do processo, todo o sistema de Búzios contará com painéis fotovoltaicos instalados nos telhados das residências, parques eólicos, medidores inteligentes, lâmpadas led para iluminação pública alimentada por fontes de energia renováveis (solar e eólica) e transmissão e armazenamento de energia renovável para pontos de carregamento de veículos elétricos. Além disso, três linhas de transmissão de média tensão (15 kV)³² com mais de 67 km estarão instaladas, além de 450 transformadores de média e baixa tensão. (INFRAESTRUTURA URBANA, 2014)

Futuras aplicações de *Smart Grid* podem incluir os carros elétricos como fatores-chave para armazenamento de energia através da recarga de baterias, em particular, o armazenamento de energia elétrica que é gerada quando a demanda por energia é menor. Assim, a alimentação dos carros movidos à eletricidade deverá ser efetuada preferencialmente em horas de menor fluxo de carga na rede. O carro elétrico parado e ligado à tomada irá incluir uma nova funcionalidade bastante útil, tanto para seu proprietário quanto para a rede elétrica. Ao contrário dos eletrodomésticos tradicionais, como a geladeira, lâmpadas ou motor, o carro não usa a energia que recebe da rede de forma imediata, sendo então estocada em baterias para uso futuro. O carregamento das baterias dos carros elétricos permite que seja introduzida uma boa

³² As redes de distribuição são compostas por linhas de alta, média e baixa tensão. As linhas de transmissão com tensão igual ou superior a 230 kV constituem a chamada rede básica. Apesar de algumas transmissoras também possuírem linhas com tensão abaixo de 230 kV, as chamadas Demais Instalações da Transmissão (DIT), grande parte das linhas de transmissão com tensão entre 69 kV e 138 kV são de responsabilidade das empresas distribuidoras. Essas linhas são também conhecidas no setor como linhas de subtransmissão. Além das redes de subtransmissão, as distribuidoras operam linhas de média e baixa tensão, também chamadas de redes primária e secundária, respectivamente. As linhas de média tensão são aquelas com tensão elétrica entre 2,3 kV e 44 kV, e são muito fáceis de serem vistas em ruas e avenidas das grandes cidades, frequentemente compostas por três fios condutores aéreos sustentados por cruzetas de madeira em postes de concreto. As redes de baixa tensão, com tensão elétrica que pode variar entre 110 e 440 V, são aquelas que, também afixadas nos mesmos postes de concreto que sustentam as redes de média tensão, localizam-se a uma altura inferior. As redes de baixa tensão levam energia elétrica até as residências e pequenos comércios/indústrias por meio dos chamados ramais de ligação. Os supermercados, comércios e indústrias de médio porte adquirem energia elétrica diretamente das redes de média tensão, devendo transformá-la internamente para níveis de tensão menores, sob sua responsabilidade. (ABRADEE, 2014)

parcela de energia renovável no sistema de transportes, diminuindo em larga escala a emissão de gases prejudiciais para o clima do planeta.

A difusão dos carros elétricos está associada à difusão de redes inteligentes, pois a ideia de que os carros elétricos sejam simples consumidores de energia se desloca para a percepção de que eles podem ser ofertantes de energia. Esse sistema, denominado *vehicle to grid* (V2G), pode assumir grande importância na inserção em larga escala de fontes renováveis e intermitentes na matriz elétrica, como eólica e solar, fazendo com que os carros elétricos tenham a função de geradores distribuídos. Assim, conforme Guille e Gross (2009) V2G é todo o conceito de usar os carros elétricos como um recurso distribuído, de carga e dispositivo de geração/armazenamento, pela sua integração na rede, tornando esses carros como *players* ativos em operações de rede e desempenhando um papel importante na melhoria da confiabilidade, economia e atributos ambientais das operações do sistema.

Kempton e Tomić (2005) sugerem que os carros elétricos podem participar, de forma rentável em três setores do mercado de energia elétrica: potência de pico, operação de reservas e regulação de frequência. A potência de pico é o fornecimento de energia elétrica durante os períodos de alta demanda, operação de reserva é a geração de *backup* que está disponível para responder a um rápido aumento da demanda ou da perda inesperada de um gerador. E a regulação da frequência é usada para equilibrar a oferta e a demanda em uma base instantânea.

Para Kempton e Tomić (2005) tanto as receitas quanto os incentivos para os proprietários de carros elétricos que participam do V2G deve ser grande o suficiente para cobrir os custos de ligação à rede, os custos da aquisição de energia elétrica, e os custos de depreciação da bateria, bem como proporcionar uma taxa de retorno razoável, a fim de incentivar a participação de empresas neste novo mercado. Assim, segundo Richardson (2013), a prestação de serviços oferecidos pelo sistema pode, potencialmente, reduzir o custo de propriedade de carros elétricos através de geração de receita.

O sistema V2G está condicionado ao desenvolvimento, em paralelo, das redes inteligentes, pois a oportunidade e possibilidade de trocas bidirecionais de energia entre as empresas de distribuição de energia elétrica e o consumidor final só será possível com a introdução dessas novas tecnologias. Apesar de algumas raras implementações o V2G ainda está em fase conceitual e à espera de sua ampla execução, tornando-se um grande desafio especialmente para a difusão dos carros elétricos.

Desta forma, considerando o paradigma convencional, o carro elétrico representaria um uso de energia adicional, ou seja, uma carga adicional. Entretanto, sendo inserido em um *Smart Grid*, o carro elétrico tem uma carga controlável. No sistema V2G, as tecnologias disponibilizadas pelo *Smart Grid* irão possibilitar que o dispositivo de armazenamento de energia, ou seja, a bateria, seja recarregado quando o preço da eletricidade é menor, fora do horário de ponta; enquanto que o excesso de energia armazenada poderá ser vendido quando o preço está no seu pico. Assim, benefícios tanto para o distribuidor de energia quanto para os consumidores representam vantagens do sistema V2G.

De acordo com a International Energy Agency (2011) o desenvolvimento de redes inteligentes é essencial, se a comunidade global, alcançar objetivos partilhados para a segurança energética, o desenvolvimento econômico e mitigação das mudanças climáticas. Ainda segundo a International Energy Agency (2011) os *Smart Grids* permitem respostas favoráveis aos anseios por aumento de demanda de energia e eficiência energética. Ao mesmo tempo integram as questões de inserção dos recursos de energia renováveis na matriz energética mundial, com os serviços de recarga dos carros elétricos, reduzindo picos de demanda e estabilizando o sistema elétrico.

vii) Regulação ambiental para o setor automotivo

A regulamentação é um processo dinâmico e de longo prazo que deve atuar não somente sobre as demandas atuais do setor, mas também considerar as tendências do segmento para o futuro. Para a indústria automobilística representa um dos desafios, em virtude da crescente demanda da sociedade por tecnologias que propiciem a

redução de poluentes. Assim, a difusão do carro elétrico pode ser favorecida por regulações ambientais que incentivem o seu desenvolvimento e a produção, considerando que praticamente, em nível mundial, toda a regulamentação está focada nos carros com motor a combustão.

Na Europa, o Fórum Mundial para a Harmonização de Regulamentação de Veículos (World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations - WP.29), que é secretariado pela United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)³³ e existe por mais de cinquenta anos, oferece um único enquadramento para a harmonização global e o desenvolvimento da regulamentação técnica relacionada ao setor automotivo. O Fórum Mundial, de caráter permanente, é responsável por discussões sobre a regulamentação, contemplando segurança veicular, sistemas antifurto, proteção ambiental e eficiência energética (PEDRO et al., 2014).

Qualquer país membro da Organização das Nações Unidas, e qualquer organização de integração econômica regional estabelecido pela ONU pode participar plenamente das atividades do Fórum Mundial, como também tornar-se uma parte contratante dos Acordos administrados pela WP.29, além de organizações não-governamentais mas a título consultivo (OECD, 2014). No processo de regulamentação europeu, os membros da União Europeia (UE) são responsáveis pela elaboração das Diretivas da EU adotadas após a aprovação do Conselho da UE e do Parlamento Europeu, sendo obrigatórias para todos os países-membros da UE. Os regulamentos da UNECE, juntamente com o WP.29, não são aplicados de forma mandatária, mas, se uma parte signatária decide aplicar um regulamento, este se torna obrigatório. O WP.29 busca a harmonização entre os regulamentos da UNECE e as diretivas da União Europeia e, por isso, muitos deles são tecnicamente equivalentes. (PEDRO et al., 2014)

O WP.29 administra três acordos que são The 1958 Agreement, The 1997 Agreement e The 1998 Agreement. O acordo de 1958 foi realizado no âmbito da UNECE, com o objetivo de uniformizar regulamentos para veículos e componentes relacionados à segurança, meio ambiente, eficiência energética e requisitos antifurto.

³³ A United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) faz parte das Organizações das Nações Unidas (ONU).

O acordo promove, além da harmonização de regulamentos, o reconhecimento mútuo do certificado de conformidade para as partes contratantes³⁴. (OECD, 2014) De acordo com Pedro et al. (2012) Estados Unidos e Canadá não aderiram, pois seguem um sistema de certificação própria e consideraram de difícil implementação o reconhecimento mútuo das certificações.

Os acordos de 1997 e de 1998 existem paralelamente ao de 1958. Enquanto o de 1997 refere-se à inspeção técnica periódica, o de 1998 estabelece um processo mediante o qual países de todo o mundo se unem para desenvolver regulamentos técnicos globais ou *global technical regulations* (GTR) para veículos e suas partes (OECD, 2014). Segundo Pedro et al. (2012) os Estados Unidos e Canadá aderiram a esses acordos pois possibilitou a participação sem o reconhecimento mútuo das certificações.

O crescente aumento dos veículos automotivos no Brasil desde a década de 1980, somado às condições precárias de sua manutenção, fizeram com que a busca por redução dos níveis de emissão dos principais poluentes veiculares fosse um caminho a ser seguido. Entre os poluentes estão o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), material particulado (MP), aldeídos (CHO), óxidos de enxofre (SOx) e compostos de chumbo (Pb)³⁵. Além desses, inclui-se o dióxido de carbono (CO₂) que, embora seja considerado de baixa toxicidade, deve ser levado em consideração, pois compõe os gases que contribuem para o efeito estufa. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (a), 2014).

Assim em 1986, a Resolução nº 18 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) criou o PROCONVE (Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores)³⁶, coordenado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos

³⁴ The 1958 Agreement tem 48 partes contratantes que inclui a comunidade europeia com seus 27 além de Austrália, Azerbaijão, Bielorrússia, Bósnia e Herzegovina, Antiga República Iugoslava da Macedónia, Croácia, Coréia do Sul, Japão, Malásia, Montenegro, Nova Zelândia, Noruega, Rússia, Sérvia, África do Sul, Suíça, Turquia, Tunísia, Ucrânia e Tailândia.

³⁵ Os limites máximos de emissão dos compostos de chumbo (Pb) não são regulamentados no Brasil, em função do chumbo tetraetila ter sido abolido como aditivo da gasolina na década de 1980 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (a), 2014).

³⁶ Foi criado pelo CONAMA o PROMAT (Programa de Controle de Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares) (PROCONVE/PROMAT, 2004).

Recursos Naturais), definindo os primeiros limites de emissão para veículos leves, além de contribuir para o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar instituídos pelo PRONAR (Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar). Em 1993 a lei nº 8.723 do PROCONVE endossou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular, colaborando para induzir o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, e permitindo que veículos nacionais e importados passassem a atender aos limites estabelecidos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (a), 2014)

O cumprimento dessas exigências é estabelecido por meio de ensaios padronizados em dinamômetro e com combustíveis de referência. Além disso, o PROCONVE também impõe a certificação de protótipos e o acompanhamento estatístico em veículos na fase de produção, a autorização do IBAMA para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento ou reparo de veículos e motores encontrado sem desconformidade com a produção ou projeto, e a proibição da comercialização de modelos de veículos não homologados (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (a), 2014).

A homologação de protótipos é o maior alicerce do PROCONVE fazendo com que as montadoras apliquem conceitos de projetos que assegurem um baixo potencial poluidor aos veículos novos, em uma taxa de deterioração das emissões ao longo de sua vida útil tão baixa quanto possível. O controle pelo Programa ocorre a partir da classificação dos veículos em razão de seu PBT (peso bruto total), sendo que as fases caracterizadas por "L" para veículos leves abaixo de 3,5 toneladas (furgões e caminhões leves) e "P" para veículos pesados (ônibus e caminhões pesados) acima de 3,5 toneladas, vêm sendo implantadas segundo cronogramas diferenciados (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (a), 2014).

Em janeiro de 2012, o PROCONVE P7 estabeleceu que a maioria dos veículos pesados nacionais, caminhões e ônibus a diesel deverá ser equipada com a tecnologia *Selective Catalytic Reduction* (SCR) que incide na filtragem dos componentes químicos emitidos pelo motor no catalisador do veículo, sendo necessária para esse processo a adição do Arla 32, composto de 32,5% de ureia diluída em água desmineralizada no

sistema de exaustão do veículo (PEDRO et al., 2012). O quadro 6 mostra a evolução da estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados – Fases P.

Fase	Implantação	Característica/Inovação
P1 e P2	1990-1993	Em 1990 estavam sendo produzidos motores com níveis de emissão menores que aqueles que seriam requeridos em 1993, ano em que teve início o controle de emissão para veículos deste tipo com a introdução das fases P1 e P2. Nesse período, os limites para emissão gasosa (fase P1) e material particulado (fase P2) não foram exigidos legalmente.
P3	1994-1997	O desenvolvimento de novos modelos de motores visaram a redução do consumo de combustível, aumento da potência e redução das emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) por meio da adoção de <i>intercooler</i> ³⁷ e motores turbo. Nesta fase se deu uma redução drástica das emissões de monóxido de carbono (CO) em 43% e hidrocarboneto (HC) em 50%.
P4	1998-2002	Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P3.
P5	2003-2008	Teve como objetivo a redução de emissões de material particulado (MP), NOx e HC.
P6	2009-2011	Assim como na fase cinco, teve como objetivo a redução de emissões de material particulado (MP), NOx e HC.
P7	2012-	O nível de emissão tolerado pode ser alcançado com dois sistemas diferentes de pós-tratamento de gases: o SCR (<i>Selective Catalyst Reduction</i> , ou Catalisador de Redução Seletiva) e o EGR (<i>Exhaust Gas Recirculation</i> ou Recirculação de Gases do Escapamento). Essas inovações, para o seu correto funcionamento, implicam que os veículos sejam abastecidos com óleo diesel com baixo teor de enxofre (S-50 ou S-10).

Quadro 6 – Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados (Fases P)

Fonte: Elaborado com base em Ministério do Meio Ambiente (a), 2014.

Com o objetivo de minimizar o impacto ambiental do uso de combustíveis destinados a veículos a diesel, a Portaria 139 do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), de março de 2011, estabeleceu critérios para o Programa de Avaliação da Conformidade para o Arla 32, com foco na proteção do meio ambiente, por meio da certificação compulsória por organismos confiados pelo

³⁷ A função básica do *intercooler* é trocar o ar quente, pobre em oxigênio, por ar frio, rico em oxigênio. (APS DISTRIBUIDORA, 2014)

Inmetro. Entretanto, alguns fabricantes optaram pelo sistema *Exhaust Gas Recirculation*(EGR), em que há uma recirculação forçada dos gases de exaustão do catalisador do veículo, ou seja, faz a recirculação de gases do escapamento até soltá-los mais limpos na atmosfera dispensando a utilização de reagentes no processo. Ambas as tecnologias têm custos maiores, justificando a elevação do preço inicial nos preços dos veículos. (PEDRO et al., 2012)

Para se adequar ao PROCONVE P7 todas as montadoras que produzem veículos a diesel no Brasil tiveram que adaptar a tecnologia nas suas linhas de motores. Apesar do aumento inicial dos custos, o que se verifica é um ganho de eficiência do motor, com a engenharia do PROCONVE P7, além do aproveitamento energético mais eficaz dado uma solução ambiental superior. Os caminhões adaptados ao regulamento têm melhorias qualitativas significativas, estimando-se que a potência do motor aumente cerca de 5% e que haja uma redução considerável no consumo de combustível, além do ganho de eficiência do motor. Em termos ambientais a emissão de partículas poluentes deve ser reduzida em torno de 16 vezes enquanto que a de NO_x (óxidos de nitrogênio) em cerca de 10 vezes.

O PROCONVE P7, inserido na lógica maior do PROCONVE, que visa a redução de poluentes em diversas categorias de veículos, torna-se um incentivo para as montadoras instaladas no Brasil adotarem tecnologias mais eficientes e ambientalmente sustentáveis. Segundo Pedro et al. (2012) a implantação do Proconve P7 está em consonância com as normas que disciplinam as emissões na Europa na fase Euro 5³⁸, em vigor desde setembro de 2009 no que se refere à homologação e, desde janeiro de 2011, para registro e venda de veículos novos.

Além do PROCONVE P7 a Resolução 415/2009 do CONAMA regulamenta as emissões máximas permitidas para veículos leves, mediante o PROCONVE L6, que

³⁸A fim de limitar a poluição causada pelos veículos rodoviários, as normas Euro 5 e Euro 6 introduzem requisitos comuns relativos às emissões de veículos a motor e das suas peças de substituição específicas. Estabelece igualmente medidas que permitem melhorar o acesso às informações sobre a reparação de veículos e promover a produção rápida de veículos em conformidade com as suas disposições. A norma Euro 6 será aplicável a partir de 1 de Setembro de 2014 no que diz respeito à homologação e a partir de 1 de Janeiro de 2015 no que diz respeito à matrícula e venda de novos tipos de veículos (EUROPASÍNTESIS DA LEGISLAÇÃO DA EU, 2014).

entrou em vigor em 2013 (PEDRO et al., 2012). O L6 estabelece, basicamente, novos limites máximos para a emissão de escapamento de veículos automotores leves novos e de passageiros, com massa menor ou igual a 1.700 Kg, e veículos leves comerciais com massa superior a 1.700 Kg. Ambas as categorias são para uso rodoviário, e contemplam tanto veículos de ciclo Otto quanto Diesel³⁹ (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (a), 2014). O quadro 7 mostra a evolução da estratégia de implantação do PROCONVE para veículos leves – Fases L.

O PROCONVE necessita de uma contínua atualização devido à das tecnologias. Assim a intenção é que a recente regulamentação ambiental venha atenuar os elevados níveis de poluição provocados especificamente pelo uso de motores a combustão, mesmo que ao longo prazo, com substituição gradativa desses motores. No futuro, o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias, especificamente os veículos elétricos, podem propiciar um avanço significativo na redução das emissões veiculares, abrindo espaço para discussões sobre como regulamentar a produção nesses casos. Considerando que não existe ainda uma regulação própria para carros elétricos, os formuladores de políticas públicas têm papel relevante na dinâmica tecnológica do setor, estimulando o desenvolvimento da tecnologia e a sua difusão.

³⁹Ciclo Otto é atribuído a Nikolaus Otto (1832-1891), enquanto que o ciclo Diesel é atribuído a Rudolf Diesel (1858-1913). No motor tipo Otto é aspirado para dentro do cilindro a mistura de ar e combustível e a taxa de compressão está em torno de 10 para gasolina, não podendo ser muito maior do que isso pois o aquecimento da mistura antes do final da compressão deflagraria a indesejável autoignição. A pressão de fato se eleva por mais do que 10 vezes durante a compressão, atingindo valores que excedem em 20 vezes a pressão no início do tempo de compressão. De forma concomitante a temperatura também se eleva mas a queima somente se inicia com o centelhamento na vela de ignição. O motor Diesel aspira apenas ar no final da compressão a pressão é superior a 60 vezes a pressão inicial e a temperatura também é muito mais alta que no final da compressão de uma máquina de Otto. A injeção do combustível pela bomba injetora para dentro deste gás altamente aquecido é seguida de autoignição e expansão dos gases. (UFRGS, 2014)

Fase	Implantação	Característica/Inovação
L1	1988-1991	Caracterizada pela eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção. Iniciou-se o controle das emissões evaporativas e as principais inovações tecnológicas que ocorreram foram: reciclagem dos gases de escapamento para controle das emissões de NOx; injeção secundária do ar no coletor de exaustão para o controle de CO e HC; implantação de amortecedor da borboleta do carburador para controle do HC e a otimização do avanço da ignição.
L2	1992-1996	Investiu-se na adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo. As principais inovações nos veículos foram a injeção eletrônica, os carburadores assistidos eletronicamente e os conversores catalíticos. Em 1994 iniciou-se o controle de ruído dos veículos.
L3	1997-2004	Ocorreram reduções bastante significativas em relação aos limites anteriores, e o fabricante/importador empregou, conjuntamente, as melhores tecnologias disponíveis para a formação de mistura e controle eletrônico do motor como, por exemplo, o sensor de oxigênio (denominado "sonda lambda").
L4	2005-2008	A prioridade foi a redução das emissões de HC e NOx, (substâncias precursoras de Ozônio). Para o atendimento desta fase, se deu o desenvolvimento de motores com novas tecnologias como a otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos de injeção, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica.
L5	2009-2013	A prioridade na fase L5 é a redução das emissões de HC e NO. De maneira análoga à fase L4, as inovações tecnológicas se deram na otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica. Nesta fase deu-se a redução de 31% das emissões de hidrocarbonetos não metano para os veículos leves do ciclo Otto e de 48% e 42% para as emissões de NOx para os veículos leves do ciclo Otto e Diesel, respectivamente. Além disso, as emissões de aldeídos foram reduzidas em, aproximadamente, 67% para os veículos do ciclo Otto.
L6	2013-	O nível de emissão tolerado pode ser alcançado com dois sistemas diferentes de pós-tratamento de gases: o SCR (Selective Catalyst Reduction, ou Catalisador de Redução Seletiva) e o EGR (Exhaust Gas Recirculation ou Recirculação de Gases do Escapamento).Essas inovações, para o seu correto funcionamento, implicam que os veículos sejam abastecidos com óleo diesel com baixo teor de enxofre (S-50 ou S-10).

Quadro 7 – Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos leves (Fases L)

Fonte: Elaborado com base em Ministério do Meio Ambiente (a), 2014.

Na realidade a indústria automotiva não vem desenvolvendo carro híbrido ou totalmente elétrico devido a sua consciência sustentável ou mesmo preocupada com a eficiência energética, mas devido às legislações ambientais que definem um percentual bastante desafiador de emissão de poluentes. Para o combustível europeu, americano e asiático seria impossível atingir os índices de emissão exigidos se não fosse o uso das tecnologias do motor híbrido, puro elétrico como também *Start & Stop* ⁴⁰. Caso não existissem estas tecnologias no portfólio das fabricantes de automóveis, estas teriam que parar de vender carros ou pagar mais impostos. No Brasil, como existe o etanol ⁴¹, os índices de emissão estão bem abaixo dos exigidos nos Estados Unidos e países europeus e asiáticos, onde estão as matrizes das maiores montadoras. (informações Ricardo Takahira - Magneti Marelli Sistemas Automotivos, fevereiro de 2015)

Considerando a tecnologia desenvolvida no Brasil de utilizar o etanol na gasolina, permitindo menores emissões de poluentes, principalmente se comparada com modelos movido somente a gasolina, seria muito mais fácil atingir os limites impostos pela legislação estrangeira. A melhor gasolina nacional tem agora 27% de etanol. Entretanto a eficiência seria menor com motor apenas para o etanol e não *flex-fuel*⁴². (informações Ricardo Takahira - Magneti Marelli Sistemas Automotivos, fevereiro de 2015)

⁴⁰ O *Start & Stop* é um sistema que desliga o motor de forma instantânea quando o carro encontra-se parado por alguns segundos e volta a ligá-lo quando o freio é aliviado. Foi criado pela francesa Valeo em 2004 para equipar o Citroën C3. O objetivo é a economia de combustível, mas a intenção também é preservar o meio ambiente, ou diminuir a agressão a ele. (IG EDUCAÇÃO, 2015)

⁴¹ Etanol é um álcool de origem vegetal usado como combustível para veículos, representando uma fonte de energia alternativa. Etanol, álcool ou álcool etílico se refere à mesma substância e é extraído de matérias primas, plantadas e colhidas a cada estação, entre elas, a cana de açúcar, o milho, trigo, cevada etc. sendo a cana de açúcar a mais produtiva, onde o processo de fabricação é realizado em grandes usinas. O etanol faz parte dos biocombustíveis, entre eles, o biodiesel e o biogás, fontes de energia que emitem muito menos gases poluentes em comparação com os combustíveis fósseis, podendo ser usado como combustível, na sua forma pura ou misturado à gasolina é também matéria prima industrial, largamente utilizada na fabricação de perfumes, materiais de limpeza, solventes, tintas etc. (SIGNIFICADOS.COM.BR, 2015)

⁴² Motor que trabalha com álcool ou gasolina, ou qualquer mistura dos dois combustíveis. O motor tem um sensor que faz o reconhecimento automático do teor de oxigênio do combustível, detectando assim a presença do álcool. A informação é passada para a unidade de comando que realiza de forma automática a adaptação de todas as funções de gerenciamento do motor ao combustível usado. O motor bicombustível dá ampla liberdade de escolha para os usuários. Eles podem escolher o combustível de acordo com o desempenho que pretendem do veículo, pois há diferenças no rendimento do motor com uso da gasolina ou do álcool. (NOVACANA.COM, 2015)

Para apoiar a difusão do carro elétrico, as exigências legais precisariam ser mais exigentes, porque a trajetória dos automóveis a gasolina já alcançou um limite de superação de redução de poluentes. Segundo especialistas da Secretaria de Transporte do Estado do Rio de Janeiro há pouco a ser feito para reduzir o enxofre especificamente no combustível a diesel, pois se chegou a um limite da retirada de enxofre e um esforço adicional torna os processos mais caros. Além disso, ainda segundo especialistas da Secretaria de Transporte do Estado do Rio de Janeiro, a redução demasiada do enxofre pode comprometer a eficiência do combustível. Para dar continuidade ao processo de despoluição atmosférica é necessário utilizar uma nova tecnologia como o carro elétrico havendo necessidade, portanto, de uma legislação que abra caminho para o desenvolvimento e a difusão dos carros elétricos.

4.1.2 Fatores Econômicos

Os fatores econômicos que afetam a difusão do carro elétrico estão sumarizadas no quadro 8.

Fatores econômicos	Impactos
i) escala de produção	Estimula as montadoras a avançarem na curva de aprendizado.
ii) preço de aquisição	Afeta a competitividade.
iii) custos de manutenção	Custo da manutenção do carro elétrico é menor do que os carros movidos a combustão interna.
iv) custos com “combustível”	Constitui hoje o principal estímulo à difusão, pois o custo por Km rodado é menor que o carro a gasolina.

Quadro 8 – Fatores econômicos que afetam a difusão do carro elétrico

Fonte: Elaboração própria.

i) Escala de produção

Aumentar a escala de produção de carros elétricos constitui um grande desafio, pois não existem ainda volumes significativos de produção capaz de proporcionar reduções unitárias de custos. A Nissan⁴³ foi a primeira fabricante a apostar em um modelo de negócio capaz de tornar vendável um carro 100% elétrico, projeto esse que deu origem ao Leaf, com a proposta de que os carros elétricos seriam no futuro a melhor solução de mobilidade para as massas. O projeto Leaf indicava um carro atraente, espaçoso, com sensação de solidez e com preço acessível para venda em grande escala. Em maio de 2008 a Nissan anunciou que lançaria o modelo em menos de dois anos nos Estados Unidos e no Japão e, posteriormente, no mundo. Em agosto de 2009 a versão final do *hatch* a baterias foi revelada, durante a inauguração da nova sede da Nissan em Yokohama no Japão. (ÉPOCA NEGÓCIOS, 2010).

A crise de 2008⁴⁴ atingiu as montadoras tanto pela alta do preço do petróleo quanto pela falta de crédito e liquidez. Em 2007 foram produzidos 69 milhões de carros, nos 12 meses seguintes esse número diminuiu para 55 milhões. Governos como o de Barack Obama, nos Estados Unidos, Angela Merkel, na Alemanha e Nicolas Sarkozy, na França, tomaram iniciativas socorrendo financeiramente as montadoras mas com a condição que estas deveriam projetar automóveis mais econômicos e menos poluentes nos próximos anos. A Nissan, ou melhor, o Grupo Renault-Nissan, na figura do seu CEO Carlos Ghosn, considerou como projetos estratégicos tanto os carros elétricos quanto os investimentos para aproveitar a oportunidade de crescer em

⁴³ A história da Nissan com carros elétricos data de 1947 com o “Tama Electric Vehicle”, que foi designado, em 2010, como patrimônio da engenharia mecânica (NISSAN MOTOR CORPORATION, 2014).

⁴⁴ A crise financeira de 2008 iniciou nos Estados Unidos após o colapso da bolha especulativa no mercado imobiliário, alimentada pela grande expansão de crédito bancário e potencializada pelo uso de novos instrumentos financeiros, e se espalhou pelo mundo em poucos meses. O evento detonador da crise foi a falência do banco de investimento Lehman Brothers em setembro de 2008, após a recusa do Federal Reserve em socorrer a organização causando forte impacto sobre o estado de confiança dos mercados financeiros, rompendo a convenção dominante de que a autoridade monetária norte-americana iria socorrer todas as organizações financeiras afetadas pelo estouro da bolha especulativa no mercado imobiliário, causando pânico nessas organizações resultando um aumento significativo da sua preferência pela liquidez, principalmente no caso dos bancos comerciais. O aumento da demanda pela liquidez acionou um processo de venda de ativos financeiros em larga escala com queda súbita e violenta dos preços dos ativos financeiros, e retração do crédito bancário para transações comerciais e industriais. A “evaporação do crédito” resultou em uma rápida e profunda queda da produção industrial e do comércio internacional em todo o mundo. (JOSÉ LUIS OREIRO ECONOMIA, OPINIÃO E ATUALIDADES, 2014)

mercados emergentes, principalmente China, Brasil, Índia e Rússia. (ÉPOCA NEGÓCIOS, 2010)

Assim, quanto aos carros convencionais, a Nissan inaugurou, em 2010, uma fábrica em Chennai na Índia e, em 2014, em Resende, Rio de Janeiro, Brasil, enquanto que a Renault, também em 2014, inaugurou uma instalação fabril em Tânger, no Marrocos. Quanto aos carros elétricos a Nissan (caso 11) possui fábricas no Japão, Estados Unidos e Inglaterra, e a Renault na França, Espanha e Coreia do Sul. Sabendo-se que não há escala de produção, pois a produção de carros elétricos hoje é sensivelmente menor do que os carros convencionais, a Nissan conseguiu em 2013 levar o seu Nissan Leaf ao status de ser o carro elétrico mais vendido na Europa (gráfico 2) e no mundo (gráfico 3).

Caso 11 – Nissan vislumbrando aumento de escala de produção para os carros elétricos

A Nissan possui fábricas para produção do Nissan LEAF em Yokohama no Japão, Tennessee nos Estados Unidos e Sunderland na Inglaterra, logo em três continentes diferentes, sendo responsáveis por uma grande parte do total de carros elétricos produzidos ao redor do mundo.

A escala sempre foi um fator importante para a indústria automotiva em geral, logo não é diferente para os carros elétricos. Assim, como ocorre com os carros a combustão, ao se planejar uma unidade fabril ou uma linha de produção, o objetivo é que essa produção seja oferecida ao maior público possível, seja dentro do país ou fora, atingindo então a escala máxima desejada. Nesse modelo de produção em grande escala, a restrição que existe fica por conta das peças exclusivas para os carros elétricos, já que é um material não compartilhado por outras linhas de produção, o que causa ainda mais necessidade de elevar a escala da linha dos elétricos.

Para ilustrar uma comparação, vale dizer que o total da produção da indústria automotiva em 2013 atingiu cerca de 65 milhões de unidades no mundo, enquanto no mesmo ano de 2013, cerca de 67 mil unidades vendidas de carros elétricos, das marcas Nissan e Renault, onde o principal é o Nissan LEAF. Logo há a necessidade de se buscar escala para melhorar as condições de produção dos fabricantes.

Fonte: Entrevista com Márcio Picança
Nissan do Brasil Automóveis Ltda
Novembro de 2014

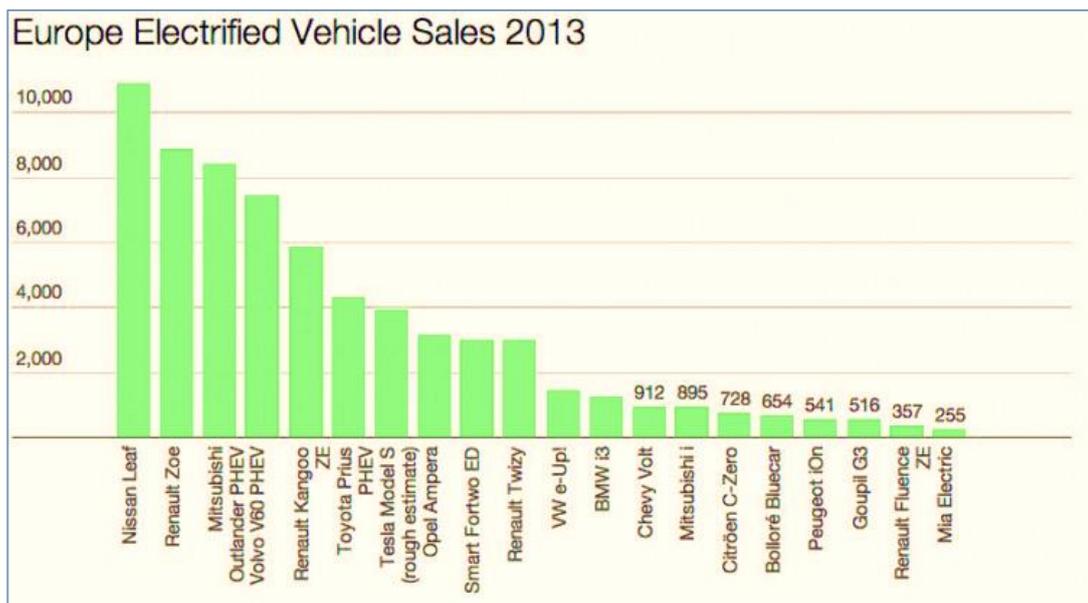


Gráfico 2 – Ranking dos carros elétricos mais vendidos na Europa em 2013
(O gráfico inclui carros totalmente elétricos e *plug-in* híbridos- PHEV)
Fonte: ABB (b), 2014.

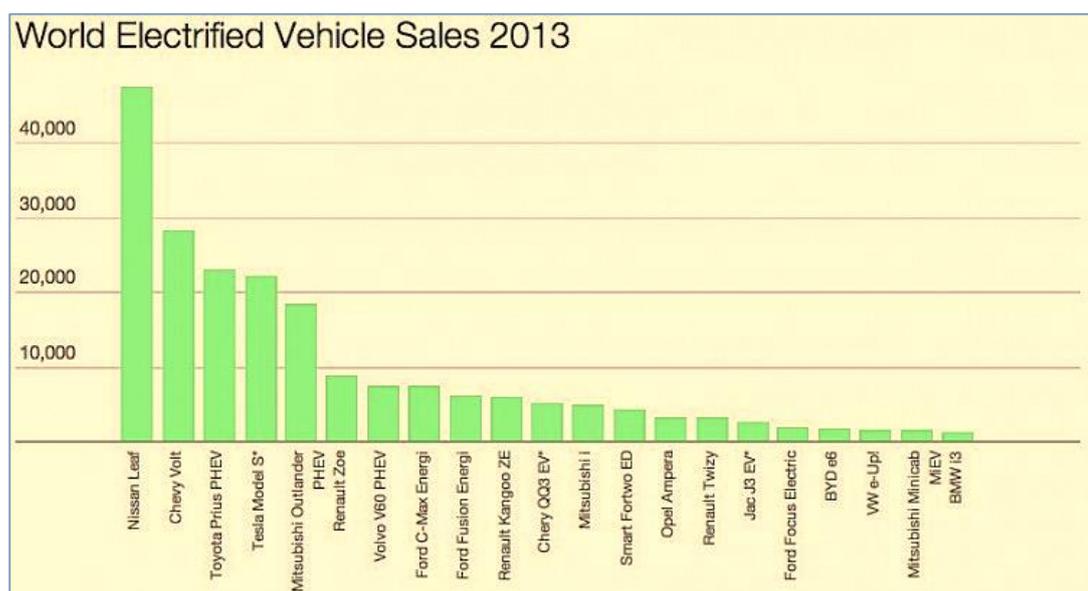


Gráfico 3 – Ranking dos carros elétricos mais vendidos no mundo em 2013
(O gráfico inclui carros totalmente elétricos e *plug-in* híbridos- PHEV)
Fonte: ABB(b), 2014.

Praticamente quase todas as montadoras têm desenvolvido carros elétricos, algumas apenas como carro conceito e, outras, produzindo e comercializando de fato. A Tesla Motors aparece como a única que fabrica apenas carros totalmente elétricos, carros estes com preços elevados e com autonomia bastante superior do que os demais. A Tesla Motors foi fundada em 2003 pelos empresários americanos Martin Eberhard e Marc Tarpenning e nomeada Tesla devido a Nikola Tesla⁴⁵. A empresa foi formada para desenvolver um carro elétrico esportivo, com Martin Eberhard sendo seu CEO (*Consultive Executive Officer*) e Marc Tarpenning seu CFO (*Consultive Financial Officer*). O financiamento para a empresa foi obtido a partir de uma variedade de fontes, principalmente de Elon Musk ⁴⁶, que contribuiu com mais de US\$ 30 milhões para o novo empreendimento e tornando-se presidente da empresa a partir de 2004. Em 2008 a Tesla Motors lançou o seu primeiro carro, o Roadster completamente elétrico, que alcançava autonomia de 394km com uma única carga de bateria de íon de lítio, algo até então sem precedentes para um carro elétrico. Apesar do subsídio de 7.500 dólares dado pelo governo americano para compra de um carro elétrico, o preço de 109 mil dólares do Roadster tornou-o um item de luxo. (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA (b), 2014)

Em 2008 Musk assumiu o cargo de CEO com a saída de Eberhard e Tarpenning e, em 2012, a Tesla parou a produção do Roadster para se concentrar em seu novo sedan, o Model S, alcançando cerca de 426 km de autonomia. Em 2014 foi lançado o utilitário esportivo Model X com autonomia de cerca de 370km e anunciado para 2016 o Model D, que é um carro de autocondução (*self-driving car*). (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, 2014)

⁴⁵ Nikola Tesla (1856-1943) tem suas criações, especialmente no campo da comunicação, inseridas até hoje na tecnologia do dia a dia, quase sempre sem o devido reconhecimento ao inventor. Entre as suas contribuições nos campos da engenharia mecânica e eletrotécnica, estão os sistemas de potência elétrica em corrente alternada, sistemas polifásicos de distribuição de energia, o efeito Tesla de transmissão sem fio de energia, a robótica, o controle remoto, o radar, a ciência computacional, a balística e a invenção mais famosa sobre a qual reside a maior controvérsia que é o rádio. A paternidade do aparelho mudou de mãos em disputas judiciais e de motivação comercial. Entretanto, de forma tardia, nove meses após a morte de Tesla, a Suprema Corte dos Estados Unidos deu ganho de causa ao inventor, ao estabelecer que nada havia no trabalho de Marconi que não tivesse sido anteriormente descoberto por Tesla. (TERRA, 2014)

⁴⁶ Elon Reeve Musk é um bilionário empreendedor sul-africano norte-americano envolvido na estruturação de empresas como Paypal, SpaceX e Tesla Motors.

Assim, as empresas que estão produzindo carros 100% elétricos, sendo eles carros mais populares, como a Nissan, ou carros mais luxuosos como a Tesla Motors estão acumulando experiência na produção, e sendo as primeiras a se moverem, têm esforço maior, assumindo custos elevados com maiores investimentos em P&D. Porém, elas avançam na curva de aprendizado, ou seja, estão ganhando experiência por meio do *learning by doing*, podendo estimular o processo de adoção desta tecnologia por parte de outras empresas. Segundo Mueller (1997) as vantagens do *learning by doing* vêm na forma de menores custos de produção e preços mais baixos.

Os carros totalmente elétricos ainda estão na fase inicial da curva de aprendizado (figura 11), com início lento. Contudo, o aumento na escala de produção estimula as montadoras a avançar na curva de aprendizado que é a fase de aceleração, ocorrendo mais investimentos e inovações, até alcançar o nível de platô, onde retornos de escalas persistem e a tecnologia se difunde (figura 11).

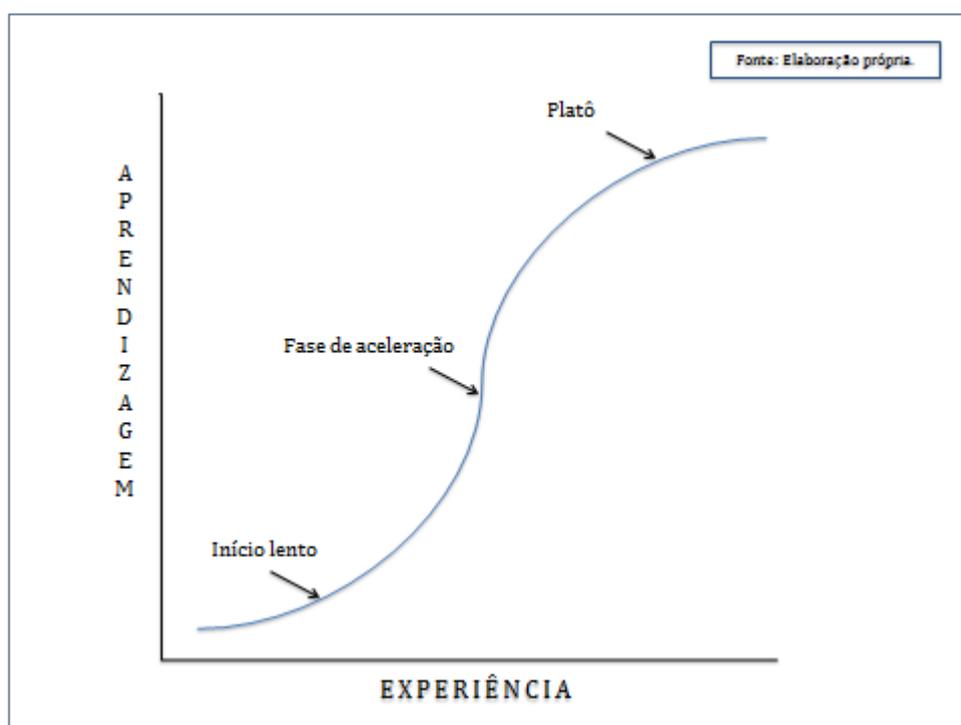


Figura 11 – Curva de aprendizado
Fonte: Elaboração própria.

ii) Preço de aquisição

Espera-se que os carros elétricos possam reduzir significativamente as emissões de transporte rodoviário, em razão da geração de energia cada vez mais renovável. Embora as questões tecnológicas estejam sendo progressivamente superadas, a viabilidade econômica e, portanto, a sua possível adoção, ainda é limitada, sobretudo pelos preços mais elevados do que para os carros convencionais (KIHM e TROMMER, 2014). A tabela 3 apresenta uma comparação entre os preços base de automóveis 100% elétrico, híbrido *plug-in* e convencional, ou seja, puramente com motor a combustão, na Alemanha. Os valores mostram claramente a diferença entre os preços dos carros, com os preços dos carros convencionais bem inferiores.

Automóveis	Preço base *
Renault Zoe (100% elétrico)	US\$ 21,422
Renault Clio (gasolina)	US\$ 13,277
Volvo V60 (híbrido <i>plug-in</i> diesel)	US\$ 51,571
Volvo V60 (diesel)	US\$ 43,412

Tabela 3 – Preço de automóveis 100% elétrico, híbrido *plug-in* e convencional na Alemanha

* Não inclui o VAT (*value-added tax*) europeu.

Fonte: Elaborado com base em MOCK e YANG, 2014.

Assim, os preços dos carros totalmente elétricos não são, atualmente, competitivos, pois dependem de incentivos e subsídios governamentais. Como mencionado anteriormente, alguns governos têm buscado mecanismos de diminuir os preços através de incentivos e subsídios, mas mesmo assim os preços ainda são elevados. A tabela 4 mostra os preços base dos carros 100% elétricos nos Estados Unidos, excluindo o subsídio de 7.500 dólares que é dado pelo governo ao comprador. Logo, as vendas dos carros totalmente elétricos aumentaram sensivelmente nos Estados Unidos, passando de 14.251 unidades em 2012 para 47.694 em 2013 (tabelas 5 e 6).

Modelo de carro 100% elétrico	Preço base nos EUA (a)	Autonomia (b)
BMW i3	US\$ 42,300	130,36 Km
Chevrolet Spark EV	US\$ 27,500	131,97km
Fiat 500e	US\$ 32,600	140,01 Km
Ford Focus Electric	US\$ 30,800	122,31 km
Kia Soul EV	US\$ 34,500	149,67 Km
Mercedes B-Class Electric Drive	US\$ 42,400	136,79 Km
Mitsubishi- iMiev	US\$ 23,800	99,78 Km
Nissan LEAF	US\$ 29,800	135,18 km
Smart Electric Drive	US\$ 25,700	109,44 Km
Tesla Model S	US\$ 81,000	426,48 Km
Tesla Model X	US\$ 80,000	370,15 Km
Volkswagen E-Golf	US\$ 36,300	133,58 Km

Tabela 4 – Preço-base de carros totalmente elétricos nos Estados Unidos

(a) Os Estados Unidos fornecem, desde 2010, subsídio de US\$ 7,500 para quem adquire um carro elétrico.

(b) Autonomia significa que o carro roda determinada quilometragem com uma carga de bateria.

Fonte: Elaboração própria, com base em PLUGINCARS, 2014 e CONVERSÃO DE UNIDADES, 2014.

Month	HEV	PHEV	BEV	TOTAL
January	21,778	603	824	23,205
February	36,222	1,023	639	37,884
March	48,206	3,200	961	52,367
April	39,901	3,116	775	43,792
May	37,184	2,766	612	40,562
June	34,558	2,455	863	37,876
July	31,610	2,537	479	34,626
August	38,369	3,878	837	42,216
September	34,835	4,503	1,306	40,644
October	33,290	4,994	2,040	40,324
November	35,002	4,544	2,211	41,757
December	43,690	4,965	2,704	51,359
2012 Total	434,645	38,584	14,251	486,612

Tabela 5 – Vendas de carros elétricos nos Estados Unidos em 2012

Obs: HEV – carros elétricos híbridos

PHEV – carros elétricos híbridos *plug-in*

BEV – carros totalmente elétricos (a bateria)

Fonte: EVs ROCK, 2014.

Month	HEV	PHEV	BEV	TOTAL
January	34611	2354	2022	38987
February	40173	2789	2616	45578
March	46327	3079	4553	53959
April	42804	2735	4403	49942
May	48796	3209	4545	56550
June	44924	4169	4573	53666
July	45494	3499	3943	52936
August	53020	6407	4956	64383
September	33576	4477	3650	41703
October	33565	6367	3733	43665
November	36085	4903	3930	44918
December	36,155	5,020	4,770	45,945
2013 Total	495,530	49,008	47,694	592,232

Tabela 6 – Vendas de carros elétricos nos Estados Unidos em 2013

Obs: HEV – carros elétricos híbridos

PHEV – carros elétricos híbridos *plug-in*

BEV – carros totalmente elétricos (a bateria)

Fonte: EVs ROCK, 2014.

As vendas de carros elétricos têm aumentado não só nos Estados Unidos como também na Europa, especialmente França, Alemanha e Noruega. A Noruega é um país com consideráveis reservas de hidrocarbonetos, maior produtora de petróleo na Europa e exportador significativo de gás natural, que poderia torná-la uma candidata improvável para inserir o carro elétrico na mobilidade urbana. Em novembro de 2013 quase 1.700 carros 100% elétricos foram vendidos, incluindo os importados usados (gráfico 4). Considerando que a população da Noruega é de 5 milhões de habitantes, a linha vermelha mostra um número progressivo da venda de carros elétricos nos últimos meses de 2013, fazendo com que a taxa atual da adoção de carros elétricos da Noruega seja a mais alta do mundo. O Tesla Model S foi o carro elétrico mais vendido em setembro de 2013 e o Nissan Leaf o mais vendido em outubro do mesmo ano, atingindo 5,6% do mercado de carros novos (ENERGY POLICY INFORMATION CENTER, 2014).

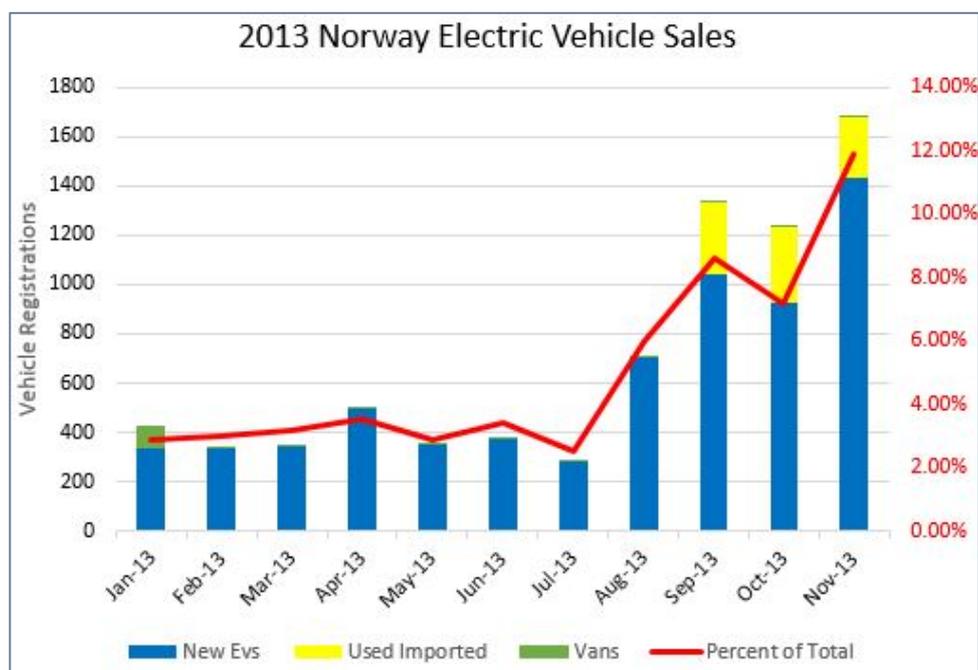


Gráfico 4 – Vendas de carros 100% elétricos na Noruega em 2013

Fonte: ENERGY POLICY INFORMATION CENTER, 2014.

As razões para o sucesso dos carros elétricos na Noruega são compreendidas. A maioria de sua população é centrada perto da capital Oslo, reduzindo a demanda de viagens de longa distância, mais de 4.000 estações de carregamento já foram instaladas no pequeno país, 127 dos quais são carregadores rápidos e os preços da gasolina são

elevados, mesmo para os padrões europeus, com média de US\$ 9 por galão, já que a Noruega consome cerca de 13% da sua produção de petróleo, exportando a grande maioria. Além disso, o país oferece uma série de incentivos que vão desde estacionamento gratuito para carros elétricos, viagens gratuitas em *ferry boats*, estradas com acesso livre aos pedágios, até redução de impostos sobre a aquisição dos carros elétricos. (ENERGY POLICY INFORMATION CENTER, 2014)

O governo norueguês está subsidiando de forma agressiva os carros elétricos com quase 100% na compra do veículo. Ao isentar carros elétricos de impostos típicos e taxas adicionais, a Noruega tem realizado grandes esforços para tornar a propriedade do carro elétrico mais atraente. Esses benefícios vêm quase que inteiramente das receitas do que de subsídios diretos, pois a isenção ocorre a partir dos impostos normalmente cobrados sobre a aquisição de carros a gasolina. (ENERGY POLICY INFORMATION CENTER, 2014) Entretanto, o que tem ocorrido atualmente é uma crescente pressão para que os incentivos tanto fiscais quanto para a venda sejam reduzidos. A política de incentivos foi tão satisfatória que, em Oslo, os congestionamentos têm sido provocados pelo aumento de carros elétricos na cidade. Considerando que esses carros usam a faixa seletiva de ônibus (figura 12), os motoristas desses veículos têm argumentado que os atrasos causados pelos carros elétricos trazem um custo pois, segundo eles, o tempo perdido no trânsito por milhares de passageiros de ônibus é muito maior que o tempo ganho por algumas dezenas de condutores de carros elétricos. Entretanto, o governo norueguês afirma que ainda é cedo para eliminar os incentivos fiscais pois, nitidamente, o mercado ainda não é competitivo o suficiente, comparado aos carros movidos a combustíveis fósseis. (FOLHA DE SÃO PAULO, 2014)

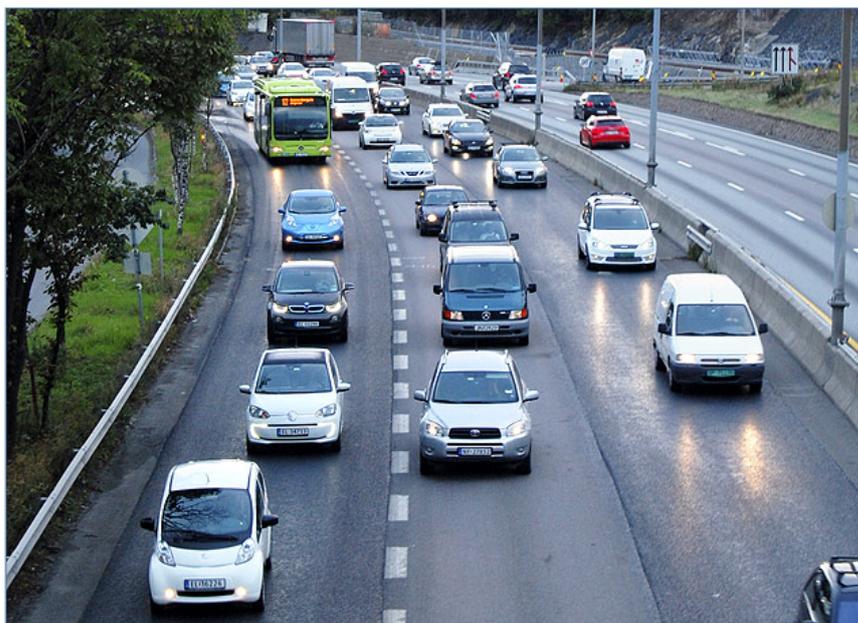


Figura 12 – Carros elétricos congestionam a faixa de ônibus durante o horário de rush, em Oslo, capital da Noruega
Fonte: FOLHA DE SÃO PAULO, 2014.

Por meio de políticas públicas, o governo norueguês, ao longo das últimas décadas, tem buscado o bem-estar a sua população, considerando que o termo “desenvolvimento sustentável” foi cunhado pela ex-primeira ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland quando, na década de 1980, a Organização das Nações Unidas (ONU) lhe encomendou um estudo que originou o “Relatório Brundtland” ou “Nosso Futuro Comum”. De acordo com o relatório, ser sustentável significa conseguir prover as necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras em garantir as próprias necessidades. (ENVOLVERDE JORNALISMO E SUSTENTABILIDADE (b), 2015) No contexto do documento, o desenvolvimento sustentável, em sua essência, é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas (DIAS, 2011). Assim, a adoção de incentivos generosos do governo norueguês aos carros elétricos compactua com a busca em reduzir a emissão de gases poluentes dos carros convencionais, responsáveis por 10% das emissões totais no país (FOLHA DE SÃO PAULO, 2014).

À espera de incentivos para carros elétricos, a Renault é uma das marcas mais dispostas a investir no nicho no Brasil, juntamente com a companheira de grupo Nissan; a marca francesa investe por enquanto apenas nas vendas para frotistas. A Aliança Renault-Nissan é a única montadora de automóveis que comercializa uma ampla gama de veículos 100% elétricos e recarregáveis a partir de fontes da energia totalmente renováveis.

Em 2013, a Aliança vendeu 66.809 carros elétricos no mundo, uma alta de 52% em relação ao ano anterior. As vendas do Nissan LEAF tiveram um progresso de 77%, atingindo 47.717 carros, enquanto que as vendas dos quatro modelos elétricos da Renault – Kangoo Z.E., Fluence Z.E., ZOE e Twizy – aumentaram 13%, passando para 19.093 unidades. O Kangoo Z.E. teve 4.174 unidades vendidas, uma alta de 46% em relação a 2012, o que representa aproximadamente 12% de todos os Kangoo convencionais. A participação da Aliança no mercado mundial dos automóveis zero emissão em 2013 ficou em 63%, incluindo o Twizy, que é o triciclo de dois lugares da Renault. O Nissan LEAF é o carro elétrico mais vendido do mundo, com uma participação de mercado de 52,1%, mas na Europa, a Renault é líder, com 38,6% de participação de mercado. Entre dezembro de 2010, ano do lançamento do Nissan Leaf, e dezembro de 2013, as vendas de carros elétricos zero emissão da Aliança chegaram a 134.383 unidades em nível mundial, o que é superior aos carros elétricos de todas as principais montadoras de automóveis juntas. O Nissan LEAF teve um total de 96.847 unidades vendidas durante este período. Entre outubro de 2011, lançamento do Kangoo Z.E., e dezembro de 2013, a Renault vendeu 37.536 carros 100% elétricos. (RENAULT, 2014)

A Renault espera que no Brasil, os elétricos sejam vendidos para clientes e não apenas para parceiros (caso 12). Em 2014 a Renault anunciou o início da montagem de 32 unidades do Twizy em kits pela Itaipu Binacional, além de fechar a venda para a fornecedora de energia CPFL das duas primeiras unidades do Fluence Z.E., vindos da Coréia do Sul. A empresa planeja vender primeiro seus carros elétricos de forma ampla para posteriormente fabricá-los, mas há a necessidade de incentivos no país tanto para a aquisição, no sentido de baratear o preço ao consumidor final, quanto para a produção (AUTOESPORTE, 2014). Assim, considerando que o preço de um

determinado produto é composto pelos custos de produção, margens de lucro e impostos, os incentivos fiscais no país são imprescindíveis para tornar o carro elétrico competitivo e atraente ao consumidor.

<p>Caso 12 – Renault aguarda incentivos para as vendas de seus carros elétricos ao consumidor brasileiro</p> <p>A Renault espera que os elétricos comecem a ser vendidos para outros clientes e não apenas para parceiros, como acontece no Brasil, mas para isso aguarda incentivos para massificar as vendas. A empresa tem parceiros fortes que consomem a gama de elétricos da Renault, como Itaipu e Fedex, mas obviamente quem produz um carro quer que ele seja utilizado no dia a dia das pessoas, ainda mais os elétricos que são mais esportivos, modernos e silenciosos. Os elétricos ainda são o melhor uso de energia, claro que o seu custo ainda tem que ser reduzido, mas os clientes ajudam a popularizar os carros e aqueles que têm recomendam o carro. Na França, a taxa de satisfação dos milhares dos compradores do Zoe chega a 98% e a taxa de recomendação é de 97%. Para se ter uma ideia, em geral, um bom carro da Renault tem aprovação de 80% ou pouco mais. O comprador de um elétrico costuma até emprestar o carro para amigos, sendo um fenômeno completamente novo.</p> <p>Entretanto há a necessidade de incentivos no Brasil. Na Europa os governos cobrem parte do valor, o que aproxima o valor dos elétricos dos carros normais, cerca de 10% apenas de diferença. Na Inglaterra são cinco mil libras esterlinas de incentivo. O governo brasileiro precisa criar sistemas para pelo menos o preço de produção e de mercado dos elétricos ficar parecido com os modelos a combustão. O Fluence elétrico, no qual será fornecido duas unidades para a CPFL Energia, para um consumidor normal no Brasil sairia três vezes mais caro que um Fluence convencional do mesmo tipo, logo cerca de R\$ 240 mil.</p> <p>A Anfavea (Associação dos Fabricantes de Veículos Automotores) ainda conversa com o governo, principalmente com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. A cada mês que se espera por incentivos é um mês a menos que os carros deixam de ser vendidos no país.</p> <p>Fonte: AUTOESPORTE, 2014.</p>
--

iii) Custos de manutenção

Os carros elétricos têm menos custos de manutenção já que não precisam de mudanças de óleo frequentes e outras operações de manutenção, pois os motores têm menos peças móveis (PORTAL ENERGIA ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2014). Na realidade todos os carros totalmente elétricos têm uma fração das partes móveis de carros a

gasolina e são muito confiáveis significando que, além de não haver mudanças de óleo, não há velas de ignição, conversores catalíticos ou outro equipamento de emissões. Como resultado, os carros só precisam ser limpos uma vez ou duas vezes por ano para verificar os sistemas do veículo e girar os pneus. Mesmo os carros plug-in híbridos, que têm motores de combustão interna, ainda exigem menos manutenção do que os carros típicos da gasolina desde que os motores sejam usados com menos frequência, e também a existência de frenagem regenerativa⁴⁷ evita o desgaste nos freios. (DRIVE ELECTRIC VERMONT, 2014)

O carro elétrico da Tesla Motors, Model S por exemplo, requer pouca ou nenhuma manutenção em comparação aos carros movidos a gasolina, devido ao fato de ter pouquíssimas peças mecânicas que podem funcionar mal. As únicas peças que necessitam de substituição regular são limpa pára-brisas e pneus. As pastilhas de freios exigem substituição, mas não de forma frequente como os carros a gasolina, uma vez que seu uso é menor graças a frenagem regenerativa. (CLEAN TECHNICA, 2014) Os carros elétricos possuem outra vantagem em relação à manutenção, que é o fato de não haver a substituição dos sistemas de escape e embreagem pois esses carros não liberam as emissões de escape e não têm caixa de marcha (EVAOSD NEWSLETTER, 2013).

O Institute of Automobile Economics revelou, em 2012, que os carros elétricos têm custos de manutenção cerca de 35 % menores em comparação com carros com motores a combustão interna com o uso de oito anos. A pesquisa foi conduzida pela University of Economics and the Environment, em Nueringen-Geislingen, Alemanha. (EVAOSD NEWSLETTER, 2013) No Brasil a ATTO Nacional Montadora Elétrica, no

⁴⁷ A frenagem regenerativa permite a um carro elétrico recapturar e armazenar parte da energia cinética que seria convertida em calor (nas lonas ou discos nas rodas) durante a frenagem por atrito no carro convencional. Quando o motorista pisa no freio para reduzir a velocidade do carro elétrico, o motor elétrico de tração atua como gerador de eletricidade acionado pela roda ou eixo da roda. A energia elétrica gerada com a frenagem do veículo é armazenada na bateria. Para possibilitar uma frenagem rápida e abrupta, os carros elétricos são providos também dos freios tradicionais. A frenagem regenerativa, além de contribuir para a redução do consumo de combustível, no caso dos carros elétricos híbridos, e do consumo de energia elétrica, no caso dos carros elétricos a bateria e híbridos *plug-in*, proporciona redução do desgaste das lonas ou discos de freios, por freiar o veículo via campo eletromagnético, isto é, sem atrito, resultando em maior durabilidade para essas partes do sistema de freios. (ABVE, 2014)

projeto do Atto 3, tem realizado simulações e testes de campo para comprovar os custos de manutenção verdadeiramente menores dos carros elétricos (caso 13).

Caso 13 – ATTO Nacional Montadora Elétrica pesquisando custos de manutenção

A adoção dos veículos a tração elétrica neste período histórico permite a exploração da tecnologia da informação, eletrônica e de comunicação de maneira a não apenas viabilizar sua penetração rápida no cotidiano como a permitir um novo patamar de segurança, eficiência e convivência no transporte. Um exemplo importante é o cálculo dos gastos em manutenção e operação, vital para os operadores de transporte de qualquer tamanho, públicos ou privados, mas ainda mais importante para o cidadão comum porque, desatento, não se protege calculando custos, viabilidades, alternativas, além de ter opções mais restritas.

Planilhas de operadores de transporte público, pesquisas em vários países, referendados por simulações e testes de campo da ATTO Nacional Montadora Elétrica, demonstram que veículos elétricos comparados a similares a combustão interna permitem economias de até 70% no geral, comparando Trólebus com ônibus a Diesel, por exemplo, sendo que o gasto em combustível versus energia elétrica de um elétrico compacto comparado com um compacto de motor 1.0 proporciona uma economia de até 80% e a manutenção reduzida em até dois terços. Além de terem menos peças, os elétricos vibram menos, duram até três vezes mais, consomem menos pneus e lonas ou pastilhas de freio, pois têm freios e tração eletrônicos, regeneram energia da frenagem em eletricidade, não utilizam óleo lubrificante, filtros, possibilitam a interligação de câmeras, sensores, satélites e sistemas de segurança que permitem a máxima conversão de energia em transporte com eficiência energética, em menor tempo com menores danos ao ambiente.

Fonte: Entrevista com Carlos Eduardo Momb Blanch da Motta
 ATTO Nacional Montadora Elétrica
 Novembro de 2014

O Programa de Mobilidade Elétrica e o projeto de P&D da CPFL Energia ao estudar os impactos de utilização de carros elétricos obtiveram valores que foram levantados pela Renault e consolidados no projeto. Os testes foram realizados pela Renault com o Kangoo elétrico e Kangoo a combustão, carros da Renault. Os valores revelam, na comparação, uma diferença significativa no custo de manutenção já que o Kangoo a combustão apresenta um gasto de manutenção de R\$ 2.041,00 para 80.000 km rodados, enquanto o kangoo elétrico tem um custo de R\$ 417,00 para os mesmos quilômetros rodados (tabela 7).

Plano de manutenção programada	Kangoo Elétrico	Kangoo combustão
10.000 km	R\$ 136,00	R\$ 253,00
20.000 km	R\$ 417,00	R\$ 498,00
30.000 km	R\$ 551,00	R\$ 438,00
40.000 km	R\$ 417,00	R\$ 638,00
50.000 km	R\$ 136,00	R\$ 438,00
60.000 km	R\$ 909,00	R\$ 623,00
70.000 km	R\$ 136,00	R\$ 438,00
80.000 km	R\$ 417,00	R\$ 2.041,00

Tabela 7 – Comparação do custo de manutenção entre o Kangoo elétrico e o Kangoo combustão da Renault

Fonte: Arquivo pessoal CPFL Energia, 2014.

Os custos de manutenção constituem estímulos para a difusão de carros elétricos. No Brasil, a manutenção dos carros elétricos que existem no país, basicamente de frotistas, tem sido realizada pelos fabricantes. Entretanto o fato das oficinas no Brasil não estarem preparadas hoje para esta nova tecnologia não significa que não estarão caso haja mercado. Na realidade isso não significa um obstáculo para a difusão, pois haverá capacitação apenas para a parte eletrônica, já que o controle da mecânica será igual. Além disso, não exigirão mudanças de infraestrutura nas oficinas para atender aos carros elétricos. Logo, tem-se um ativo complementar, no caso as oficinas de manutenção, que deverá seguir a mesma trajetória dos carros elétricos e seu desenvolvimento dependerá do padrão em que o carro elétrico se estabeleça. Assim, haverá uma adaptação para a eletricidade, em termos de manutenção de carros, a partir do que já existe.

iv) Custos com “combustível”

Considerando a volatilidade do preço do petróleo, e a perspectiva de término deste combustível fóssil, os carros elétricos surgem como uma solução possibilitando que as famílias se protejam contra picos futuros no preço médio da gasolina. O custo da energia elétrica despendida pelos carros elétricos, com um sistema de armazenamento de energia em baterias, é bastante inferior ao custo do combustível utilizado por carros com motores a combustão interna, para a mesma distância percorrida e em condições idênticas de utilização.

No Brasil, o Programa de Mobilidade Elétrica da CPFL Energia concluiu, na sua primeira fase, que utilizar um veículo 100% elétrico é quase quatro vezes mais barato do que o uso de um carro convencional, com motor a combustão. O Programa de Mobilidade Elétrica da CPFL Energia obteve dados que foram levantados durante a pesquisa pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e esses dados constataram que o valor do quilômetro rodado em um carro convencional, considerando o uso de etanol, é de aproximadamente R\$ 0,19, enquanto o carro elétrico percorre a mesma distância com um custo de R\$ 0,05. (AUTOMOTIVE BUSINESS (c), 2014)

Os primeiros resultados mostraram que os seis carros elétricos disponibilizados para o projeto, rodaram quase 17 mil quilômetros e consumiram 3.249 kWh (quilowatt por hora), que seria equivalente ao gasto de 16 residências durante um mês. O custo da energia, ou o custo do “combustível” desde o início do programa, em 2013, foi de R\$ 975,00, enquanto que os carros a combustão foi de R\$ 3.223,00 (tabela 8). Os carros deixaram de emitir 2,3 toneladas de gás carbônico, que equivale a 900 carros à combustão rodando por dia. Atualmente, a CPFL Energia (“CPF Paulista”) tem como parceiras Natura e 3M. As parcerias institucionais e de pesquisa foram firmadas com o CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Telecomunicações), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Renault e as portuguesas CEiiA (Centro para Excelência e Inovação na Indústria Automóvel) e Mobi. E (Rede de Mobilidade Elétrica em Portugal).

Projeto CPFL Energia: na primeira fase foram adquiridos 5 Kangoos Z.E. e 1 Zoe Z.E, sendo utilizados pelos três diferentes parceiros.

Balanco da Primeira Fase do Projeto (dados consideram a utilização até 07-08-2014)

	Qtde Veículos	Qtde Eletro-postos	Km percorrido	Energia consumida (kWh)	Consumo (kWh/km)	Custo energia	Equivalente combustível (2)	Emissões CO2 evitadas (kg)
 02 Kangoos 01 ZOE (1)	02	02	5.042	1.077	0,21	R\$ 323	R\$ 962	686
 02 Kangoos	02	02	9.518	1.876	0,20	R\$ 563	R\$ 1.817	1.294
 01 Kangoo	01	01	2.323	296	0,13	R\$ 89	R\$ 443	316
TOTAL	06 VEs	05	16.883	3.249	0,19	R\$ 975	R\$ 3.223	2.296 (3)

Referência Renault: 0,15

Notas: (1) CPFL Paulista: não incluem os dados de utilização do ZOE; (2) Considerados Álcool a R\$ 1,89/litro; (3) Os veículos deixaram de emitir 2,3 toneladas de CO2 (dióxido de carbono), o total de gás emitido por 27 automóveis populares que rodam 15 quilômetros por dia durante um mês.

Tabela 8 – Pesquisas quanto ao custo da energia (combustível) de carros elétricos, do Projeto P&D ANEEL da CPFL Energia: PA0060 – Mobilidade Elétrica – Inserção técnica e comercial de veículos elétricos em frotas empresariais da região metropolitana de Campinas

Notas: (1) CPFL Paulista: não incluem os dados da utilização do ZOE.

(2) Considerados Álcool a R\$ 1,89/litro.

(3) Os veículos deixaram de emitir 2,3 toneladas de CO₂ (dióxido de carbono), o total de gás emitido por 27 automóveis populares que rodam 15 quilômetros por dia durante um mês.

Fonte: Arquivo pessoal CPFL Energia, 2014.

A intenção da CPFL Energia é estudar amplamente o tema de mobilidade elétrica no Brasil e desmistificá-lo em todos os seus aspectos, confirmando até o fim da pesquisa que o impacto na demanda de energia adicional é controlável. Segundo a empresa os investimentos já considerados para expansão do sistema elétrico no país são capazes de suportar a ampliação da demanda por energia trazida com a utilização em massa dos carros elétricos. Um dos objetivos da primeira fase do programa foi também determinar o impacto para a carga de energia elétrica com a utilização em massa de carros elétricos e suas projeções iniciais apontaram que o uso desta tecnologia, considerando uma frota de carros elétricos de 5 milhões de unidades, projetada para 2030, consumiria 0,6% da carga total do Sistema Interligado Nacional de energia elétrica. Entretanto, segundo a CPFL, se a frota fosse de 13,3 milhões de

veículos elétricos, este consumo não passaria de 1,7%. (AUTOMOTIVE BUSINESS (c), 2014)

Assim, o custo do “combustível”, ou seja, da energia elétrica, constitui hoje o principal estímulo à difusão, pois o custo por Km rodado é menor que o carro a gasolina, mesmo considerando a variação dos preços relativos de gasolina e energia elétrica. Logo, da mesma forma que o custo de manutenção, o custo com o “combustível” do carro elétrico representa um ponto positivo para a aquisição e difusão do carro elétrico.

4.1.3 Fatores Técnicos

Considera-se que a evolução tecnológica das baterias para carros elétricos constitui o principal condicionante técnico para a difusão do carro elétrico, que levará a uma direção da bateria a ser utilizada, visando maior autonomia, menor peso e baixo custo. A direção assumida por uma tecnologia se refere às opções adotadas ao longo de uma trajetória evolutiva, que no caso das baterias para carros elétricos, surgiram no século XIX.

Diferentemente das baterias dos carros convencionais, que são utilizadas principalmente para acionar o motor de partida, a bateria de um carro elétrico fornece a energia que aciona os motores elétricos e acionam as rodas. Inicialmente, Um inversor transforma a corrente contínua gerada pela bateria em corrente alternada⁴⁸, que por sua vez envia energia para o motor elétrico.

⁴⁸ “Sistemas de energia elétrica existem como tal há pouco mais de 120 anos. Em sua infância, esses sistemas confrontaram-se com o dilema de um desenvolvimento distribuído ou centralizado. A primeira vertente, defendida por Thomas Alva Edison, preconizava o atendimento da demanda através de instalações de corrente contínua, nas quais os geradores (dínamos) localizavam-se próximos aos pontos de consumo. A segunda opção, defendida pelo jovem Nikola Tesla, com suporte de George Westinghouse, propunha a construção de centrais geradoras próximas às fontes de energia primária (rios ou minas de carvão) e transmissão a longas distâncias (para a época), utilizando corrente alternada e transformadores. [...] Durante quase um século, os sistemas de energia elétrica cresceram e evoluíram tecnologicamente, porém mantendo o paradigma proposto por Tesla e Westinghouse”. (FALCÃO, 2009).

A bateria é um dispositivo projetado para armazenar energia química e convertê-la em eletricidade, sendo composta de uma ou mais células eletroquímicas contendo cada uma dois eletrodos (anodo e catodo, ou polo negativo e polo positivo) e um eletrólito, que separa os eletrodos e por onde transitam as cargas elétricas de um eletrodo a outro. Enquanto uma metade de célula, chamada de eletrodo negativo (anodo), possui uma grande quantidade de pequenas partículas subatômicas carregadas negativamente chamadas de elétrons, a outra metade, chamada de eletrodo positivo (catodo), possui um déficit de elétrons. Quando as duas metades são conectadas por um fio ou um cabo elétrico, os elétrons fluirão do eletrodo negativo para o positivo, dando origem ao fluxo de elétrons ou corrente elétrica. Desta forma, o fluxo de elétrons em movimento pode ser aplicado para fazer funcionar o motor elétrico (HOW STUFF WORKS, 2014).

Entretanto, conforme os elétrons passam para o lado positivo, o fluxo é reduzido gradualmente, e a tensão da eletricidade produzida pela bateria diminui. Eventualmente, quando houver a mesma quantidade de elétrons no lado positivo e no negativo, a bateria é considerada "morta" e não mais capaz de produzir um fluxo elétrico. Os elétrons são gerados pelas reações químicas, porém existem muitas reações químicas diferentes que são utilizadas em baterias disponíveis no mercado, como por exemplo, as pilhas alcalinas comumente utilizadas em lanternas e controles remotos de TV, que geram eletricidade através de uma reação química que envolve zinco e óxido de manganês (HOW STUFF WORKS, 2014).

Muitas pilhas alcalinas, quando "morrem" são consideradas descartáveis, ou seja, são inutilizadas devendo ser recicláveis. As baterias de automóvel, por outro lado, precisam ser recarregáveis para não precisar de substituição. Em uma bateria recarregável, a energia elétrica é usada para reverter as metades positiva e negativa das células eletroquímicas, reiniciando o fluxo de elétrons. O problema reside na pouca capacidade de armazenamento de energia, ou de carga da bateria em relação ao consumo do veículo. Como a carga ainda é relativamente pequena, a autonomia do carro elétrico é baixa comparada a de um carro convencional. Considera-se ainda o fato da praticamente inexistência de postos de recarga de baterias nas rodovias.

Alguns fabricantes de automóveis estão acelerando seus esforços para produzir mais veículos que utilizam sistemas de transmissão elétrica. Os fatores que estão contribuindo para esta tendência são os avanços na tecnologia das baterias e a maior confiança em veículos movidos a energia elétrica. Em 2012, a Toyota lançou o Prius Plug-in, equipado pela primeira vez com bateria de íon de lítio (Li-ion), correspondendo uma mudança em relação às baterias de níquel-hidreto metálico (Ni-MH) bem estabelecida que ainda são utilizadas em seus Prius híbridos, representando um grande endosso da capacidade dessa química para ser aplicado de forma consistente no setor automotivo. Desde então, a maioria das outras grandes montadoras têm introduzido o íon de lítio nos carros totalmente elétricos, para armazenamento de energia a bordo.

Ao longo dos anos, desde o século XIX, baterias recarregáveis para o carro elétrico foram sendo desenvolvidas, e hoje se encontram em diferentes estágios de desenvolvimento tecnológico. Algumas já se mostram comprovadas como possíveis de serem usadas em carros elétricos como as baterias de chumbo-ácido (Pb-cd), baterias de níquel-hidreto metálico (Ni-MH) e baterias de íon de lítio (Li-ion).

As baterias de chumbo-ácido, inventadas em 1859 por Raymond Gaston Planté, são a forma mais antiga de bateria recarregável ainda em uso, sendo usadas em todos os tipos de carros, incluindo carros elétricos, desde o século XIX. As baterias de chumbo-ácido são um tipo de bateria de eletrodos de chumbo submersos no seu eletrólito que consiste em uma solução amena de ácido sulfúrico em um recipiente. O nome origina da combinação dos eletrodos de chumbo e do ácido utilizado para gerar eletricidade nessas baterias. Essa bateria, após tantos anos que está sendo usada, já é bem conhecida e com custo de produção reduzido, porém produz gases perigosos quando funciona em recipiente aberto, e ao ser carregada demais, pode haver risco de explosão. De acordo com Gerssen-Gondelach e Faaij (2012), suas aplicações atuais em veículos elétricos estão limitadas a veículos industriais, como empilhadeiras e outros veículos de baixa velocidade, e o tempo de vida útil é de três a cinco anos.

As baterias de níquel-metal hidreto entraram no mercado no final da década de 1980 possuindo uma alta densidade de energia, ou seja, uma grande quantidade de

energia pode ser contida em bateria relativamente pequena, e não contém metais tóxicos, por isso são fáceis de reciclar. Segundo Gerssen-Gondelach e Faaij (2012) a elevada percentagem de níquel em baterias Ni-MH limita futuras reduções de custos devido aos altos preços do níquel. Logo, a bateria de Ni-MH não é vista como um séria candidata para aplicação em larga escala em carros totalmente elétricos que necessitam de baterias de maior capacidade do que os híbridos. As baterias de íon-lítio, que entraram no mercado no início dos anos de 1990, possuem uma densidade de energia muito alta e, diferente da maioria das baterias, não perdem a carga quando não são utilizadas, uma propriedade chamada auto-descarga. Devido ao pouco peso e dos baixos requerimentos para manutenção, as baterias de íon-lítio são amplamente usadas em aparelhos eletrônicos como celulares, *laptops* e *tablets*.

Acredita-se que as baterias de íon-lítio sejam o mais próximo que a ciência chegou do desenvolvimento de uma bateria recarregável perfeita, sendo o melhor candidato para o futuro dos carros elétricos, pois representa atualmente a melhor opção do conjunto de baterias que podem ser destinadas a esses carros (figura 13). Segundo Gerssen-Gondelach e Faaij (2012) as baterias de íon de lítio são consideradas como as mais promissoras nas próximas décadas com possíveis P&D, buscando tanto melhorar seu desempenho como diminuir os custos.

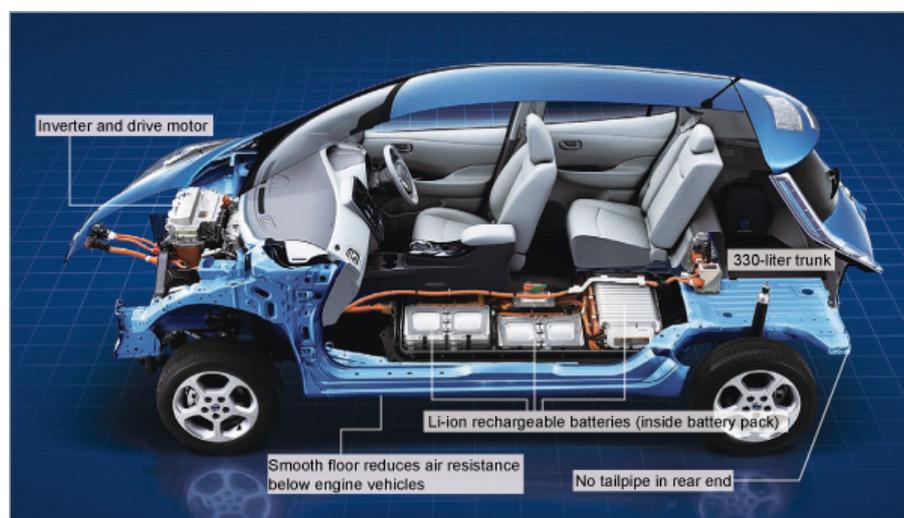


Figura 13 – Bateria de íon de lítio do Nissan Leaf, lançado nos Estados Unidos e Japão em dezembro de 2010

Fonte: ELECTRIC OWNERS CLUB, 2014.

Outras tecnologias inovadoras de bateria têm sido desenvolvidas como as de lítio-metal polímero(Li-metal polymer), sódio – exemplo da bateria ZEBRA, zinco-ar (Zn-air), lítio-enxofre (li-sulphur) elítio-ar (Li-air). A lítio-metal polímero é quimicamente muito semelhantes às baterias de íon-lítio porém menos frágeis do que as versões mais antigas de íon-lítio além de ser moldado em diferentes configurações. A de sódio é bateria de alta temperatura baseada no transporte de sódio entre o cátodo e o ânodoapresentando duas variações que são o sódio-enxofre (NaS) e bateria ZEBRA. De acordo com Gerssen-Gondelach e Faaij (2012) ambas as baterias tem um ânodo que consiste de sódio fundido, enquanto que a bateria NaS tem um cátodo de enxofre fundido, a bateria ZEBRA tem uma transição cátodo de iodetos metálicos. O metal utilizado é ou níquel ou ferro, sendo o cloreto de níquel (bateria de sódio-níquel-cloro) a opção comum.

A bateria de zinco-ar combina o oxigênio atmosférico e o metal zinco em um eletrólito alcalino líquido, gerando eletricidade com um subproduto do óxido de zinco produzido na reação; apresenta baixo custo dos metais utilizados devido a sua abundância e ainda não são recarregáveis (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (b), 2013). As baterias recarregáveis de lítio-enxofre usam os elementos lítio e enxofre para produzir sua carga elétrica. Pelo fato do enxofre ser um material com preço relativamente barato, as baterias de lítio-enxofre tem um baixo custo de produção tornando-se mais baratas. As baterias de lítio-ar (caso 14), também conhecidas como lítio-oxigênio, são semelhantes, em princípio, às baterias de íons de lítio, que dominam o campo da eletrônica portátil e candidatas mais promissoras para os carros elétricos. Porém, como as baterias de lítio-ar substituem os compostos mais pesados das baterias convencionais de lítio por um eletrodo à base de carbono mais um fluxo de ar, elas poderão ser muito mais leves.

Caso 14 – Baterias de lítio-ar

Desde que se descobriu a possibilidade técnica de construir baterias de lítio-ar que inúmeros grupos de pesquisas ao redor do mundo vêm tentando fabricar a bateria que respira. Os cálculos indicam que uma bateria de ar-lítio pode armazenar 10 vezes ou mais energia do que as melhores baterias de íons de lítio disponíveis no mercado atualmente. A principal diferença entre as baterias de íons de lítio e a bateria de lítio-ar é que esta substitui o catodo tradicional - um componente-chave da bateria envolvido no fluxo da corrente elétrica - pelo ar atmosférico. Isso torna a bateria recarregável mais leve e com maior densidade de energia. O problema é que tem sido difícil construir essas baterias de forma que elas consigam respirar por longos períodos sem se degradar. Os melhores resultados foram relatados agora pela equipe do professor Nobuyuki Imanishi, da Universidade Mie, no Japão. "A densidade prática de energia do nosso sistema é de mais de 300 Wh/kg [watts-hora por quilograma], em comparação com a densidade de energia de uma bateria de íons de lítio comercial, que é de 150 Wh/kg," disse Imanishi. Isso seria suficiente para dar aos carros elétricos a mesma autonomia que um carro a gasolina tem hoje com um tanque cheio.

A receita do professor Imanishi para fazer uma bateria lítio-ar prática parece bem simples: adicionar água ao eletrólito, o material que conduz os elétrons entre os eletrodos. Esse design "aquoso" impede que o lítio reaja com os gases da atmosfera, além de permitir reações mais rápidas no eletrodo "aéreo". Para evitar que a água danifique o lítio, os pesquisadores fizeram um sanduíche de polímero com alta condutividade e um eletrólito sólido entre o eletrodo de lítio e a solução aquosa. O resultado foi uma bateria com capacidade para reter o dobro da energia de uma bateria de íons de lítio convencional. A tarefa agora é aumentar a vida útil da bateria que respira, que sobreviveu a 100 ciclos de inspiração e expiração (recarga e descarga), o que significa que ela ainda precisa ganhar algum fôlego.

Fonte: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (a), 2014.

As baterias direcionadas aos carros elétricos apresentam então diferentes estágios de desenvolvimento, que vão desde àquelas já comprovadas às outras ainda em fase de laboratório/protótipo (figura 14). As baterias de chumbo-ácido já são comprovadas, mas para Armand e Tarascon (2008) enfrentam baixa densidade de energia e, portanto, limitam-se à aplicações onde a distâncias curtas são percorridas entre as recargas. A bateria de níquel-cádmio (Ni-Cd) foi o segundo tipo de bateria desenvolvido e apesar do sucesso das últimas décadas constatou-se cádmio é um metal muito tóxico sendo substituídas, então, pelas baterias de níquel-hidreto metal (Ni-MH) e de íon de lítio (Li-ion). As baterias recarregáveis de Ni-Cd são geralmente mais baratas, porém têm menor tempo de vida útil, além de menor capacidade de carga. As baterias de níquel-hidreto metal (Ni-MH), introduzida na década de 1990,

tinham propriedades muito semelhantes às de Ni-Cd, mas com maior capacidade, e, mais importante, sem componentes super-tóxicos. As baterias de sódio (por exemplo Zebra) apesar de alta densidade de energia têm como desvantagem a elevada temperatura de operação. As baterias de zinco-ar (*Zn-air*), lítio-enxofre (*Li-sulphur*) e lítio-ar (*Li-air*) ainda estão em fase de desenvolvimento.

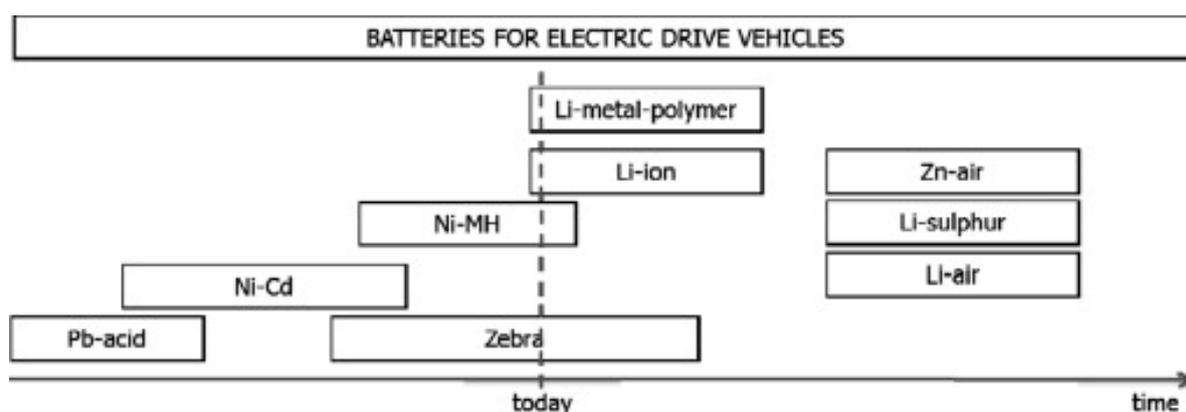


Figura 14 – Baterias para carros de passeio elétricos: estágios de desenvolvimento
Fonte: CATENACCI et al., 2013.

Em 2011, no Brasil, as empresas Itaipu Binacional e a Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) inauguraram em Meiringen, na Suíça, um laboratório para o desenvolvimento de uma nova bateria de sódio considerada 100% reciclável e com alta densidade energética. O projeto tem recursos da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, enquanto que a gestão do financiamento pertence à Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), que realizou parceria com a empresa suíça Battery Consult, coordenadora do desenvolvimento da nova bateria. Além do laboratório na Europa, o projeto conta com a instalação de outro, idêntico, na própria FPTI.

Atualmente, as baterias utilizadas nos carros da Itaipu/FIAT são da marca Zebra, de origem suíça com custos de importação são muito altos (caso 15). A KWO prevê transferência de tecnologia e possibilitará o desenvolvimento da nova bateria, com tecnologia nacional e custo menor, permitindo o licenciamento de empresas do Brasil e do exterior para a sua produção.

Caso 15 – Itaipu Binacional e a bateria de sódio

Durante o desenvolvimento do Programa VE da Itaipu Binacional identificou-se que um dos pontos críticos mais para viabilizar a mobilidade elétrica é a bateria. Esta compreensão está em concordância com a opinião de especialistas de outros projetos de veículos elétricos executados no mundo. Infelizmente, na América Latina, ainda não domínio de tecnologia avançada para armazenamento de energia, necessárias à aplicação nos sistemas de tração da mobilidade elétrica. Nos veículos elétricos desenvolvidos na ITAIPU são utilizadas baterias avançadas, à base de sódio, com tecnologia vinda da Suíça. A escolha da bateria levou em conta o fato de ser 100% reciclável a baixo custo, de ser usada o sódio (sal de cozinha), que existe em abundância, como principal matéria-prima, além de possuir densidade energética elevada, sendo três vezes maior que a tecnologia chumbo-ácido, como também funcionar em ampla faixa de temperatura, adequada para países tropicais.

As baterias de sódio também são apropriadas ao setor elétrico, podendo ser utilizadas como armazenadoras de grandes quantidades de energia em diversas configurações, ajudando a viabilidade econômica do uso de fontes de energias renováveis, cuja produção é descontínua e/ou aleatória como a energia solar e eólica. Por exemplo, em configurações “off-grid”, bancos destas baterias, poderiam propiciar o armazenamento do excedente de energia gerada não consumida por falta de demanda, para posterior devolução à rede no momento que houver demanda, evitando o desperdício. Assim, o objetivo da ITAIPU, em parceria com a FPTI, é garantir o domínio dessa tecnologia a fim de diminuir a dependência tecnológica e alavancar o desenvolvimento nas áreas de energia renovável, *Smart Grid* e veículos elétricos, além das vantagens ambientais que surgirão com a aplicação desta tecnologia.

Fonte: Entrevista com Celso Ribeiro Barbosa de Novais
 Coordenador Geral Brasileiro do Programa VE de Itaipu
 Chefe da Assessoria de Mobilidade Elétrica Sustentável da Itaipu Binacional, Brasil.
 Assessoria de Mobilidade Elétrica Sustentável – AM. GB
 Agosto de 2014

A bateria de íon de lítio é uma tecnologia que está em foco em virtude da necessidade de alta densidade para as baterias de carros elétricos, e esta bateria tem a possibilidade de maiores autonomias, ou seja, longo intervalo de condução dos carros com uma única recarga. Os carros elétricos que utilizam baterias de chumbo-ácido são os que possuem o menor alcance, cerca de 130 km em uma única recarga. As baterias de níquel-hidreto metálico têm melhor desempenho, com um alcance de cerca de 200 km por recarga. Neste ponto então as baterias de íon de lítio excedem, com um alcance de mais de 350 km por recarga, utilizando modelos da Tesla Motors como exemplo.

Sendo a autonomia das baterias algo fundamental, as baterias de íon de lítio têm sido consideradas as opções ideais.

Os avanços tecnológicos para as baterias de íon de lítio são esperados, conseqüentemente aumentando escala de produção propiciando uma redução significativa no seu custo. Finalmente, existem poucas tecnologias em laboratório / fase de protótipo, que têm o potencial de oferecer um desempenho superior para a bateria de carros elétricos como a zinco-ar (Zn-air). Segundo Christensen et al. (2011), há muito interesse, em particular, em baterias de lítio-enxofre (Li-sulphur) enxofre) e lítio-ar baterias (Li-air) que poderão alcançar maiores densidades de energia.

Considerando os futuros avanços tecnológicos na bateria de íon de lítio existe a previsão de que a receita global dessa bateria deverá alcançar 53.700 milhões de dólares em 2020, contra 11.800 milhões de dólares em 2010 (gráfico 5). As baterias de íon de lítio, que apresentam energia e potência maiores, são mais caras do que as tecnologias de chumbo-ácido, níquel-metal hidreto, mas à medida que o conhecimento acumulado aumenta e o desempenho tecnológico melhora, com sucessivas inovações incrementais visando melhorar sua *performance* e *design*, seus preços tendem a diminuir. A tabela 9 mostra algumas características atuais dessas três principais baterias indicando que as baterias de íons de lítio apresentam não apenas energia e potência maiores, como também custo maior.

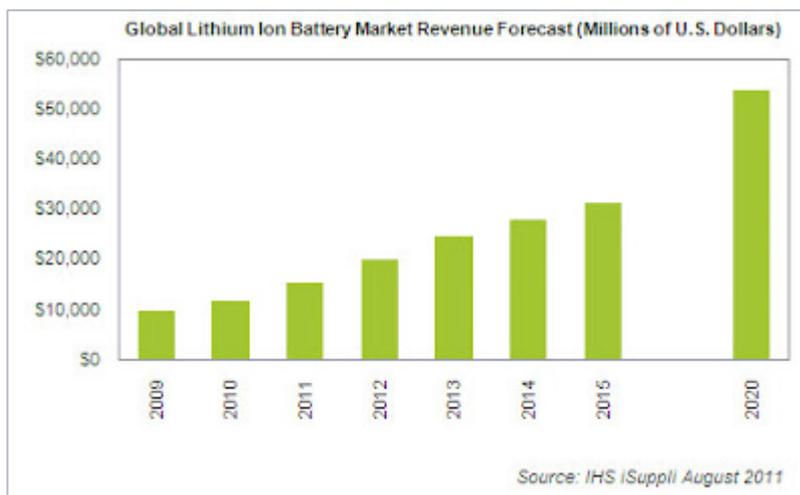


Gráfico 5 – Previsão de receita global do mercado de baterias de íon de lítio (em milhões de dólares norte-americanos)

Fonte: ELECTRIC VEHICLES NEWS, 2014b.

Tecnologia	Energia Específica Wh/kg(a)	Potência Específica W/kg(b)	# Ciclos (c)	Custo US\$/KWh (d)
Chumbo-ácido	35-45	250	400-500	160-210
Níquel-hidreto metal	70	350	1.350-1550	780-930
Íon de lítio	150-200	400	1000-3.500	900-1200

Tabela 9 – Algumas características de principais baterias de carros elétricos

- (a) Wh: quantidade de energia; 1000 Wh = 1 kWh. Energia específica é a quantidade de energia armazenada em 1kg de bateria.
- (b) W é unidade de potência, energia específica é a quantidade de energia armazenada em 1 kg de bateria.
- (c) # ciclos: é a duração da bateria, em termos do número de ciclos de carga e descarga a partir dos quais a bateria fica com dificuldade de armazenar a mesma quantidade de energia ou algo próximo e ainda satisfatório.
- (d) US\$/kWh: é o custo da bateria pelos kWh que ela é capaz de armazenar.

Fonte: Elaborado com base em ERBER, 2010.

O futuro imediato parece ser seguro para a química de íons de lítio, mas ainda há muitas variantes em desenvolvimento para melhorar o desempenho e reduzir custos. As melhorias continuam a ser realizadas (caso 15) e os principais fabricantes

de células de bateria construíram novas fábricas utilizando as mais recentes técnicas de produção, incluindo uma maior automação e processamento mais rápido. Os fabricantes de células de bateria (*battery cells manufactures*) são: A123 Systems; Altair Nanotechnologies; Boston-Power, Inc. ; BYD; Electrovaya; GS Yuasa; Hitachi Automotive Systems; Johnson Controls; LG Chem/Compact Power; NEC; Panasonic; Samsung SDI; Toshiba. As empresas que fabricam o pacote dos integrantes do sistema de bateria (*battery pack system integrators*) são: Automotive Energy Supply Corporation; Blue Energy; Deutsche ACCUmotive; Lithium Energy & Power GmbH; Magna E-Car; Primearth EV Energy Co.; Robert Bosch Battery System; SK Continental E-motion. (NAVIGANT RESEARCH (a), 2014).

Caso 15
Bateria de recarga rápida e vida útil de vinte anos.
<p>Cientistas da Universidade Tecnológica de Nanyang, em Cingapura, anunciaram no final de 2014 que inventaram uma bateria de íons de lítio capaz de atingir 70% de sua capacidade em dois minutos de recarga e que dura até vinte, representando uma vida útil dez vezes maior que a atual e gerando um impacto favorável aos carros elétricos. O professor Chen Xiaodong, diretor da equipe de pesquisa, informou que as novas baterias permitirão aos motoristas de carros elétricos fazer sua recarga em cinco minutos, o mesmo tempo gasto, mais ou menos, para encher o tanque de veículos movidos a gasolina. Além disso, haverá, segundo Chen, redução drástica dos resíduos tóxicos gerados pelas baterias, considerando que estas baterias têm a durabilidade dez vezes maior que a geração atual.</p> <p>Os pesquisadores da universidade de Cingapura utilizaram um novo material, o gel de dióxido de titânio, ao invés do tradicional grafite utilizado no polo negativo (ânodo) das baterias de íons de lítio. A equipe transformou o dióxido de titânio em nanotubos, que são milhares de vezes mais finos que o cabelo humano, o que permite uma recarga muito mais rápida. Chen informou que após testes realizados por uma empresa, a nova bateria chegará ao mercado nos próximos dois anos.</p>
Fonte: ESTADÃO, 2014.

A limitação da capacidade de armazenamento das baterias, em relação a seu peso, volume e custo restringem a autonomia dos carros totalmente elétricos. Entretanto, o alcance de um carro elétrico pode ser estendido ainda mais com uma tecnologia conhecida como frenagem regenerativa, que utiliza a dissipação da energia cinética do veículo ao se usar os freios, momento em que o motor elétrico inverte a sua

função e passa a gerar energia elétrica, enquanto o carro está se movimentando, para recarregar a bateria (HOW STUFF WORKS, 2014). Logo, toda vez que se reduz a velocidade ou aplica-se os freios, o motor elétrico atua como um gerador elétrico, e a energia que ele gera não é desperdiçada, mas sim reconvertida de volta para a bateria. Segundo Erber (2010) esse sistema de frenagem, que não dispensa os freios mecânicos para emergências, reduz o consumo de energia em cerca de 10% a 50%, e essa redução tende a ser tão maior quanto mais congestionado for o trânsito.

Assim, há de se considerar que as pesquisas em relação às baterias têm de fato evoluído. O aumento da sua autonomia e a redução do tempo de sua recarga, somados aos condicionantes institucionais e econômicos mostrados anteriormente, podem indicar e favorecer a difusão do carro elétrico.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

A investigação empírica consistiu na obtenção de informações obtidas através de respostas de um questionário estruturado apresentado a 27 profissionais da esfera pública e privada envolvidos com a questão da mobilidade no país, seja ligados à montadoras, componentes, empresa de energia, prefeitura e secretaria de estado, ou a empreendedores e pesquisadores. As questões apresentadas são mostradas no Apêndice 1 e a identificação dos respondentes é mostrada no Apêndice 2. Os profissionais responderam um questionário *online* com cinco questões cujas respostas foram tabuladas e analisadas e discutidas em cinco blocos: (i) velocidade da difusão do carro elétrico; (ii) fatores de ordem institucional que dificultam a difusão do carro elétrico; (iii) fatores de ordem econômica que dificultam a difusão do carro elétrico; (iv) se a bateria é um obstáculo intransponível; e (v) tecnologia mais promissora para os carros elétricos.

i) Velocidade da difusão do carro elétrico

A estimativa da velocidade com que uma nova tecnologia será difundida, isto é, o tempo necessário para alcançar parcelas significativas de usuários, age como um exercício de previsão tecnológica. Segundo Tigre (2006), a velocidade de crescimento do número de empresas que adota uma nova tecnologia depende do número de empresas que já a assimilou como também do número de empresas com potencial de utilização, mas que ainda não o fez. Ocorre que, no caso do carro elétrico, a velocidade de sua difusão depende de outros mecanismos, como incentivos fiscais e de infraestrutura de abastecimento. Logo, não se trata da tecnologia em si, e sim dos ativos complementares e do aparato institucional, que irão proporcionar a produção em grande escala e a aceitação dos consumidores.

A pesquisa revelou, como mostra o gráfico 6, que 89% dos profissionais acreditam que os carros elétricos se difundirão no Brasil de forma lenta. Com o cenário pouco favorável no país a esta tecnologia, o pessimismo em relação a uma imediata difusão é bastante claro, indicando então uma lenta velocidade na difusão dos carros elétricos.

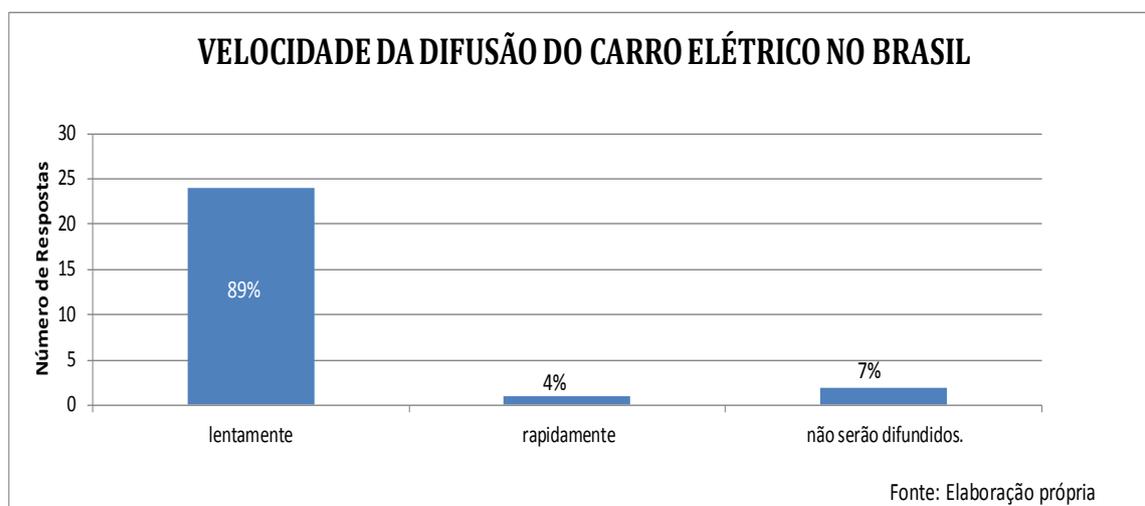


Gráfico 6 – Velocidade da difusão do carro elétrico no Brasil

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados obtidos em entrevistas realizadas no ano de 2014, cujos respondentes encontram-se discriminados no Apêndice 2.

ii) Fatores de ordem institucional que dificultam a difusão do carro elétrico.

A pesquisa questionou aos profissionais a ordem de importância dos fatores de ordem institucional que dificultam a difusão do carro elétrico sendo eles: falta de estímulo à inovação; insuficiência de subsídios e incentivos fiscais; falta de infraestrutura de abastecimento e mecanismos inteligentes de monitoramento da distribuição de energia; falta de parcerias entre o Estado e a iniciativa privada; baixa consciência sobre a necessidade do desenvolvimento de uma matriz elétrica limpa de fonte renovável; e ausência de regulação ambiental para os carros elétricos.

A pesquisa mostrou que 70% dos respondentes acreditam que a insuficiência dos subsídios e incentivos fiscais condicionam negativamente a difusão do carro elétrico (gráfico 7). Há a ausência de estrutura tributária adequada para favorecer os carros elétricos para que estes possam competir em condições equivalentes além de uma falta de política governamental para ativar toda a cadeia produtiva e complementar de carros elétricos. Na realidade, a estrutura dos tributos incidentes sobre os carros elétricos é impeditiva ao seu desenvolvimento no Brasil, caso não seja

modificada. Segundo os profissionais, falta prioridade, por parte do governo, para tratar desta questão.

A falta de infraestrutura de abastecimento e mecanismos inteligentes de monitoramento da distribuição de energia foi o segundo mais importante fator de ordem institucional que inibe a difusão do carro elétrico, com 48% (gráfico 3). O terceiro fator considerado mais importante é a ausência de regulação ambiental para os carros elétricos com 44 % (gráfico 3) que poderia estabelecer regras indicando uma nova direção para o setor automotivo.

A direção ou trajetória tecnológica engloba tendências ou rotas tecnológicas, referindo-se às opções técnicas ao longo de uma trajetória evolutiva. Desta forma, considerando a família de carros elétricos representada por híbridos, *plug-in* híbridos e totalmente elétricos percebe-se uma direção orientada aos 100% elétricos, cujas vendas têm aumentado de forma superior ao aumento das vendas dos híbridos, logo indicando uma desaceleração dos híbridos. Assim, a direção tecnológica favorável aos carros totalmente elétricos indicará novos materiais, processos de fabricação, sistemas operacionais e tecnologias complementares.

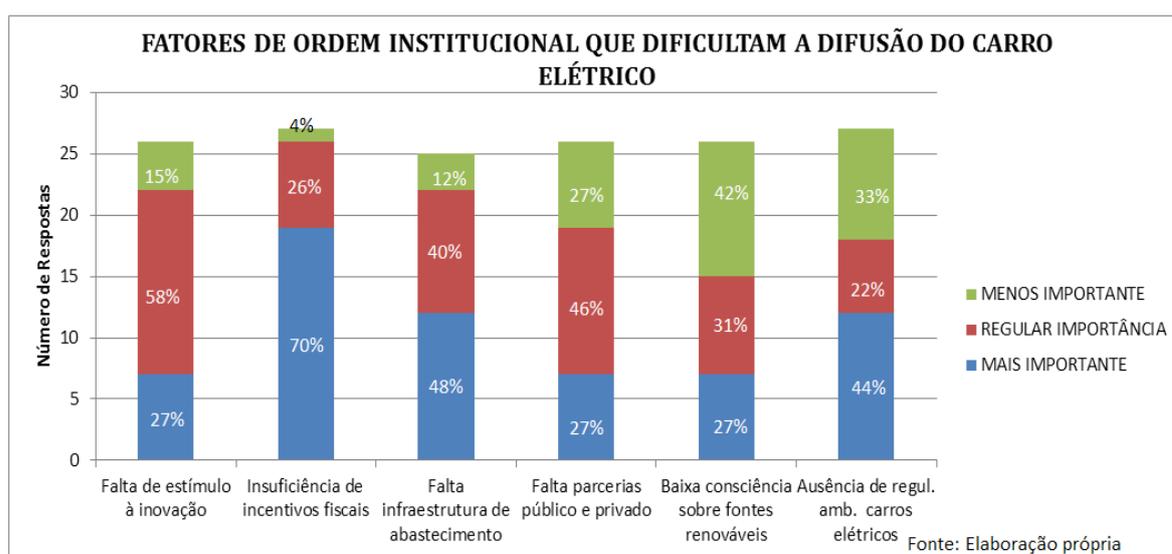


Gráfico 7 – Fatores de ordem institucional que dificultam a difusão do carro elétrico

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados obtidos em entrevistas realizadas no ano de 2014, cujos respondentes encontram-se discriminados no Apêndice 2.

iii) Fatores de ordem econômica que dificultam a difusão do carro elétrico

Quanto aos fatores de ordem econômica que poderiam dificultar a difusão do carro elétrico foram indicadas no questionário a falta de escala de produção para reduzir custos, alto preço dos carros elétricos, alto custo de manutenção e alto custo de “combustível”. Assim, 81 % dos respondentes afirmaram que o preço do carro elétrico é o fator mais importante que dificulta a sua difusão (gráfico 8). Em seguida a falta de escala de produção com 59%, pois a tecnologia do motor elétrico ainda é vista como uma aplicação restrita da indústria automobilística, indicando um ritmo lento de sua adoção.

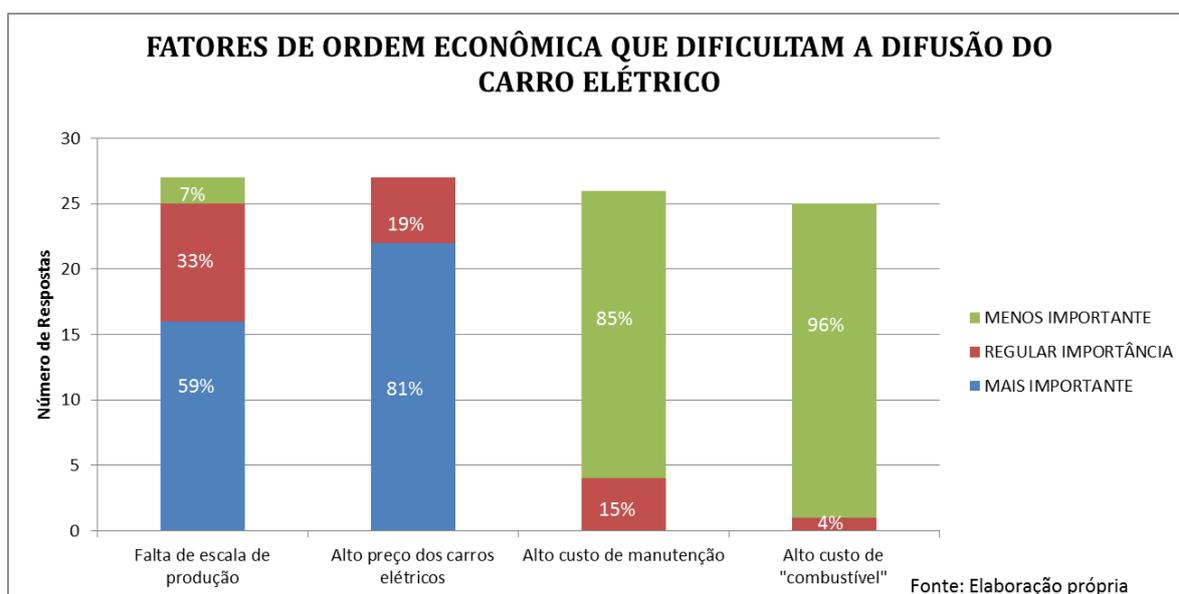


Gráfico 8 – Fatores de ordem econômica que dificultam a difusão do carro elétrico

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados obtidos em entrevistas realizadas no ano de 2014, cujos respondentes encontram-se discriminados no Apêndice 2.

iv) A bateria é um obstáculo intransponível?

Alguns respondentes argumentaram que os eventuais proprietários dos carros elétricos conhecem as vantagens e desvantagens do produto e as limitações devido à bateria, que está sendo melhorada a cada ano. Entretanto, independentemente deste

fator, o carro elétrico tende a selecionar seu potencial comprador e o nicho de mercado para o qual se aplica, isto é, o carro urbano.

A pesquisa revelou que 96% das pessoas que responderam o questionário acreditam que a bateria é um obstáculo que pode ser transponível (gráfico 9). Para elas, o carro elétrico já é uma realidade e a bateria, foco de várias pesquisas e desenvolvimentos, a cada ano vem ganhando inovações e escala. Na maioria dos casos, a atual tecnologia de bateria de carros elétricos propicia autonomia variando de 100 a 200 km, enquanto que a média de rodagem no Brasil é de 54 km/dia. Assim, seria possível, em qualquer tomada residencial, recarregar um carro elétrico que geralmente fica mais de 12 horas parado por dia. Desta forma, a necessidade de deslocamento da grande maioria dos usuários comuns já estaria atendida.

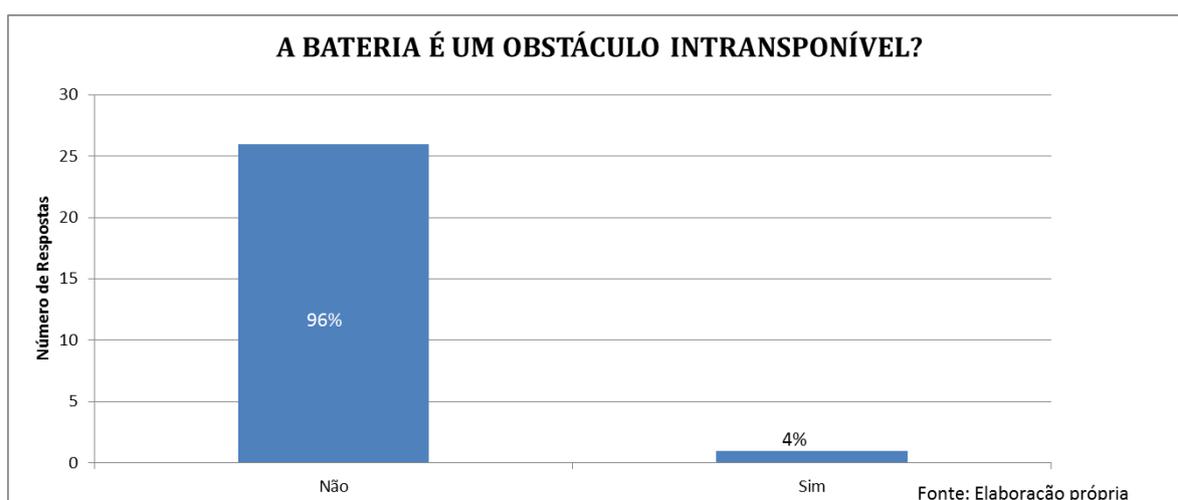


Gráfico 9 – A bateria é um obstáculo intransponível ?

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados obtidos em entrevistas realizadas no ano de 2014, cujos respondentes encontram-se discriminados no Apêndice 2.

v) Tecnologia mais promissora para os carros elétricos.

A pesquisa mostrou que 79% dos respondentes acreditam que a tecnologia mais promissora para os carros elétricos é o íon de lítio com 79% (gráfico 10). Alguns respondentes acreditam que todas as baterias podem ser aplicadas em veículos elétricos, tendo seu espaço e podendo sofrer grandes melhorias, como a de chumbo

que é mais barata e poderá ser melhorada com uso de nanotecnologia para aumentar a superfície dos eletrodos. Há ainda muitas tecnologias sendo desenvolvidas, como as baterias de zinco-ar, lítio-enxofre e lítio-ar, contudo a escolha da bateria depende da aplicação e da característica do veículo elétrico.

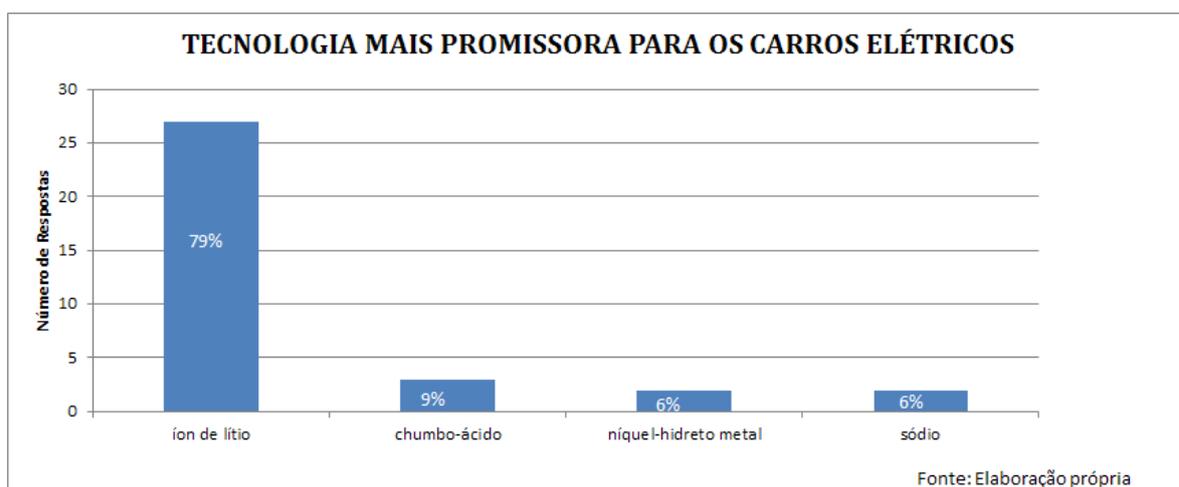


Gráfico 10 – Tecnologia mais promissora para os carros elétricos

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados obtidos em entrevistas realizadas no ano de 2014, cujos respondentes encontram-se discriminados no Apêndice 2.

Os respondentes indicaram que, de fato, existem grandes obstáculos a serem superados para levar à difusão do carro elétrico, difusão essa que poderá ocasionar impactos tanto econômicos quanto sociais. A difusão poderá alterar favoravelmente a demanda por carros elétricos, afetando a produção e aumentando o número de empresas que adotem a tecnologia. Poderá impactar o emprego e qualificações pois novos postos de trabalho surgirão exigindo capacitação tanto para a cadeia produtiva dos carros elétricos como para os ativos complementares que serão criadas; e também poderá influenciar a difusão de novas tecnologias que estejam relacionadas com as questões ambientais.

CONCLUSÕES

A tecnologia do carro elétrico começou a ser desenvolvida ainda no século XIX competindo com veículos movidos a vapor e a combustão interna. A partir do século XX, entretanto, o carro a gasolina passou a predominar, associado ao desenvolvimento de ativos complementares como a infraestrutura de abastecimento, em consonância com o crescimento do complexo industrial do petróleo. Desde os anos de 1990, entretanto, o efeito cumulativo do aumento exponencial da quantidade de veículos movidos a gasolina em circulação e seus impactos no aquecimento global vem permitindo o ressurgimento do carro elétrico.

Uma vez estabelecida a rota tecnológica do carro a gasolina, os investimentos em P&D reforçaram sua competitividade, enquanto que o carro elétrico que continuou enfrentando o problema centenário da baixa autonomia das baterias. Entretanto, avanços tecnológicos recentes das baterias a exemplo da Tesla Motors que alcança uma média de 400km por recarga, indicam que o obstáculo pode não ser intransponível à difusão do carro elétrico.

A difusão do carro totalmente elétrico depende de uma conjunção de fatores condicionantes que extrapolam os aspectos técnicos. Fatores institucionais como estímulos e incentivos fiscais tanto à produção quanto para o consumo dos carros são também muito importantes, assim como a criação de uma infraestrutura eficiente de abastecimento. A atual precariedade de infraestrutura de recarga age como um empecilho à aquisição do veículo. Investimentos, públicos e privados, inclusive das concessionárias de serviços de distribuição de energia elétrica, devem ser realizados de forma complementar à cadeia produtiva do carro elétrico para que sua utilização prospere. Essa infraestrutura inclui equipamentos de recarga, medidores de consumo e formas de cobrança, localizados em locais de estacionamento demorado e em vias públicas. Há, atualmente, uma grande ênfase em divulgar a eficiência e benefícios do carro elétrico, porém movimentos efetivos em relação à construção e desenvolvimento da infraestrutura têm sido escassas, cujos caminhos, especialmente no Brasil, ainda são indefinidos.

Outro importante fator institucional é o desenvolvimento de uma matriz elétrica mais “limpa”, pois não se justificam políticas públicas para a difusão do carro elétrico sem associar seu abastecimento com energias limpas e renováveis. O desenvolvimento das cidades, a mudança do padrão de consumo aliada às novas formas de comportamento das sociedades requerem então um novo rumo para as políticas públicas focadas em energia e mobilidade.

Quanto aos fatores econômicos o preço dos carros elétricos e a falta de escala de produção para reduzir custos dificultam a difusão desses carros. Apesar dos custos mais baixos de manutenção e “combustível” serem estímulos para a difusão dos carros elétricos, o preço ainda desses carros ainda é um fator que dificulta a sua difusão.

No Brasil, a ideia de carro elétrico requer uma definição dos caminhos a explorar. Países desenvolvidos buscam alternativas de forma contundente, investindo em projetos de energias renováveis associadas a carros elétricos. O futuro da mobilidade elétrica caminha junto com novas fontes renováveis de energia e, esse aspecto, o Brasil é um país privilegiado por contar com recursos hídricos, sol abundante e ventos contínuos em vários pontos, porém de forma subutilizada. A predominância de eletricidade gerada por meio de recursos hídricos está sendo ameaçada pelas secas e pelo aumento do consumo energético que levam ao acionamento permanente de termoeletricas mais “sujas”.

Assim, é necessário estabelecer uma visão evolutiva, agregando valor com tecnologias e aplicações inovadoras à rede de energia elétrica no Brasil. O Smart Grid – rede inteligente de transmissão e distribuição de energia com base na comunicação interativa entre todas as partes da cadeia de conversão de energia - prevê uma futura integração dos carros elétricos com o setor de energia, pois considera a possibilidade de utilização da energia armazenada nas baterias destes carros que pode ser devolvida à rede nos horários de maior demanda. Além disso, o fato dos carros elétricos serem utilizados essencialmente durante o dia pode significar uma grande vantagem, pois o período noturno pode ser utilizado para a recarga de baterias, incentivando o deslocamento da carga para fora do pico de consumo. Logo, pode se dizer que a segurança energética brasileira com efetivo desenvolvimento e capacidade de

liderança econômica, depende da adoção combinada de carros elétricos e redes elétricas inteligentes.

A difusão do carro elétrico exigirá uma série de adaptações às circunstâncias do mercado local, a escala de negócios e disponibilidade de insumos e materiais, além da necessidade de disponibilizar financiamento e incentivos fiscais à inovação. Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, a demanda constitui o principal estímulo à inovação já que a capacidade científica para gerar tecnologias é mais limitada e a capacidade e autonomia das empresas para realizar inovações radicais é menor.

O Brasil ainda não acompanha os esforços globais para reduzir a queima de combustíveis fósseis – petróleo, carvão e gás natural – responsáveis por graves danos ao meio ambiente. A busca por reversão desse quadro tornou-se, na atualidade, um dos focos de políticas nacionais e de negócios internacionais. Entretanto, o país está alheio a este novo cenário e as associações dos fabricantes ainda não obtiveram incentivos para a importação e fabricação dos modelos elétricos.

A popularização da mobilidade elétrica fará com que o carro elétrico se torne cada vez mais acessível ao consumidor final. Por enquanto os carros totalmente elétricos, especialmente da Aliança Renault-Nissan, estão sendo vendidos para empresas em frotas institucionais. Assim, desenvolver infraestrutura de recarga das baterias, como também estimular financeiramente a aquisição desses veículos, são condições-chaves para viabilizar e difundir o carro elétrico e o apoio governamental é fundamental para dar o impulso inicial aos carros elétricos.

Considerando o motor elétrico para automóveis um novo paradigma tecnológico, este pode vir a ser *path dependence* do paradigma anterior tendo em vista a dinâmica da estrutura industrial e, conseqüentemente, a capacidade inovadora. Os mesmos agentes atuais, isto é, do paradigma anterior, que produzem carros movidos a motor a combustão, a princípio se mostram ser os mesmos a produzir o carro elétrico, com exceção de raros empreendimentos como a Tesla Motors que estão produzindo carros exclusivamente elétricos. Conseqüentemente as tecnologias relacionadas sofrerão de alguma forma a influência das tecnologias anteriores.

Apesar da criação de um novo paradigma, algum aspecto do passado será utilizado nessa nova dimensão tecnológica por conta de busca de readaptação. O problema em questão é a possibilidade de um novo paradigma a partir da adaptação e recriação tendo como base as tecnologias existentes; logo, a P&D da indústria em torno do carro elétrico tem como base o conhecimento e tecnologias já em curso. Assim, o padrão atual pode vir a determinar novas trajetórias do paradigma seguinte em função de os agentes envolvidos serem os mesmos. Pelo fato de a própria indústria automobilística ter de migrar, ela pode buscar adaptar os processos a partir do que já existe sem sucateá-la. Isso irá definir uma nova trajetória, ou seja, o *path dependence* podendo influenciar fortemente o paradigma seguinte.

O desenvolvimento dos ativos complementares deverá seguir a mesma trajetória dos carros elétricos, ou seja, terão uma trajetória dependente do passado, e seu desenvolvimento dependerá, em muito, do padrão em que o carro elétrico se estabeleça. Assim, a difusão da tecnologia do motor elétrico pode, em longo prazo, alterar a estrutura industrial criando ou mesmo destruindo empresas e setores, influenciando o ritmo de crescimento econômico e a competitividade de empresas e países. Os *players* partidários dos carros elétricos não dispõem ainda de força para enfrentar a enraizada cadeia produtiva do motor a combustão interna. A utilização do etanol na gasolina, tecnologia desenvolvida no Brasil que permite menores emissões de poluentes, principalmente se comparada com modelos movido somente a gasolina, representa mais uma dificuldade à chegada em massa dos carros totalmente elétricos. A existência de políticas de estímulos à bioenergia explica, em parte, a falta de prioridade atribuída pelo governo brasileiro a difusão do carro elétrico.

REFERÊNCIAS

ABB(a). Fastened selecciona a ABB para construir a maior rede holandesa de carregamento rápido de veículos eléctricos. Disponível em: <<http://www.abb.com/cawp/seitp202/e68bb83ec1bc8fbbc1257bb40059727e.aspx>>. Acesso em: 26 de outubro de 2013.

ABB(b). Top electric cars in 17 European countries (Charts). Disponível em: <<http://www.abb-conversations.com/2014/02/top-electric-cars-in-17-european-countries-charts/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2014.

ABERNATHY, W. **The productivity dilemma**. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1978..

ABERNATHY, W.; UTTERBACK, J. Patterns of industrial innovation. **Technology Review**, 80 (June/July) (1978), pp. 40–47.

ABRADEE ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. Redes de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 03 de setembro de 2014.

ABVE ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULO ELÉTRICO. O que é frenagem regenerativa? Disponível em: <<http://www.abve.org.br/PF/ExibePF.asp?codigo=0009>>. Acesso em: 26 de novembro de 2014.

ADENE. AGÊNCIA PARA ENERGIA. Mobi.E Disponível em: <<http://www2.adene.pt/pt-pt/NavegacaoDeTopo/EnergiaNosTransportes/MobilidadeElectrica/Paginas/Mobi-E.aspx>>. Acesso em: 26 de outubro de 2013.

ANDERSON, P.; TUSHMAN, M. Technological discontinuities and dominant designs: a cyclical model of technological change. **Administrative Science Quarterly**, 35 (4), 1990, p. 604–633.

ANTP AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. Carro híbrido terá incentivo e elétrico, não. Disponível em: <<http://antp.org.br/website/noticias/clipping/show.asp?npgCode=9EE56194-FB2D-4EB5-9030-E3D156D6265D>>. Acesso em: 22 de outubro de 2014.

APS DISTRIBUIDORA. A função do intercooler. Disponível em:
<<http://www.apsdistribuidora.com.br/conteudo-tecnico/CURIOSIDADES-DA-WEB/A-Funcao-do-Intercooler>>. Acesso em: 06 de agosto de 2014.

ARMAND, M.; TARASCON, J.-M. Building better batteries. **Nature** 451, 2008, p. 652-657.

ARTHUR, W.B. **On Competing Technologies and Historical Small Events: The Dynamics of Choice under Increasing Returns**. Technological Innovation Program Workshop Paper, Department of Economics, Stanford University, November, 1983.

ARTHUR, W. B. Competing technologies: an overview. In: Dosi G.; Freeman C.; Nelson, R.; Silverberg, G; Soete, L. (Eds.), **Technical Change and Economic Theory**, Pinter, London, 1988, p. 590–607

ARTHUR, W. B. Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events. **Economic Journal**, vol 99, 1989, p.116-131.

AUTO ESPORTE . Vice-presidente de veículos elétricos da Renault confirma Fluence E.V. no Brasil. Disponível em:
<<http://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2014/11/vice-presidente-de-veiculos-eletricos-da-renault-confirma-fluence-ev-no-brasil.html>>. Acesso em : 24 de novembro de 2014.

AUTOFORUM.COM.BR Brasil não está preparado para os elétricos. Disponível em:
<<http://autoforum.com.br/topic/202468-brasil-nao-esta-preparado-para-os-eletricos/>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2015.

AUTO MOTOR. Disponível em:
<<http://sub.automotor.xl.pt/galeria/pioneiros/primeiro.shtm>>. Acesso em: 07 de abril de 2014.

AUTOMOTIVE BUSINESS. Fastned e ABB implementarão rede de recarga rápida na Holanda. Disponível em:
<<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/17438/fastned-e-abb-implementarao-rede-de-recarga-rapida-na-holanda>>. Acesso em 26 de outubro de 2013.

AUTOMOTIVE BUSINESS (a). Renault instala painéis solares em fábrica do Brasil. Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/20550/renault-instala-paineis-solares-em-fabrica-do-brasil>>. Acesso em 09 de outubro de 2014.

AUTOMOTIVE BUSINESS (b). Renault entrega mais 20 veículos à usina Itaipu Binacional. Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/19308/renault-entrega-mais-20-veiculos-a-usina-itaipu-binacional>>. Acesso em: 09 de outubro de 2014.

AUTOMOTIVE BUSINESS (c). É mais barato usar veículo elétrico, conclui CPFL. Estudo sobre mobilidade elétrica também mostra baixo consumo de energia. Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/20668/e-mais-barato-usar-veiculo-eletrico-conclui-cpfl>>. Acesso em: 16 de novembro de 2014.

A123 SYSTEMS. Disponível em: <<http://www.a123systems.com/about-us.htm>>. Acesso em: 09 de novembro de 2014.

BARBOSA, N.; Oliveira, D.; Souza, J. A.: Carro elétrico: desafio e oportunidade para o Brasil. In: VELLOSO, J. P. (coord.) **Estratégia de Implantação do Carro Elétrico no Brasil**. Rio de Janeiro: INAE, 2010.

BBC HISTORY. Michael Faraday (1791-1867). Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/faraday_michael.shtml>. Acesso em 12 de abril de 2014.

BLUE SOL EDUCACIONAL ENERGIA SOLAR. BNDES define condições de apoio a vencedores de leilão de energia solar e cria metodologia para fomentar conteúdo nacional. Disponível em: <<http://www.blue-sol.com/energia-solar/bndes-define-condicoes-de-apoio-a-vencedores-de-leilao-de-energia-solar-e-cria-metodologia-para-fomentar-conteudo-nacional/>>. Acesso em 18 de setembro de 2014.

BNDES. Fundo Clima – Energias Renováveis. Disponível em : <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/Fundo_Clima/energias_renovaveis.html> Acesso em : 15 de dezembro de 2014.

BRASIL ESCOLA. Éolo. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/mitologia/eolo.htm>>. Acesso em : 14 de setembro de 2014.

BRUSTOLIN, V. M. **Inovação e desenvolvimento via Defesa Nacional nos EUA e no Brasil**. Mimeo PPED/IE/ UFRJ , 2014.

CARRYON. A indústria de carros de golfe. Disponível em:
<http://www.carryon.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=158:a-industria-de-carros-de-golfe&catid=35:carts>. Acesso em 16 de janeiro de 2014.

CARUSO, L. A.; TIGRE, P. B. **Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico**. Montevideo: CINTERFOR/OIT, 2004.

CATENACCI, M; VERDOLINI, E.; BOSETTI, V.; FIORESE, G.; Going electric: Expert survey on the future of battery technologies for electric vehicles. **Energy Policy**, Volume 61, October 2013, p. 403-413.

CENTRAL POWER CORPORATION. Electricity saving & renewable energy. Smart Grid application in central power Corporation. Disponível em:
<<http://cpc.vn/english/Detnew.aspx?ChannelID=12&ID=52>>. Acesso em: 28 de agosto de 2014.

CHRISTENSEN, J.; ALBERTUS, P.; SANCHEZ-CARRERA, R.S.; LOHMANN, T.; KOZINSKY, B.; LIEDTKE, R.; AHMED, J.; KOJIC, A. A critical review of Li/Air batteries. **Journal of The Electrochemical Society**, 159 (2), 2011, p. R1-R30.

CLEAN TECHNICA. The Tesla Model S Is Almost Maintenance Free. Disponível em:
<<http://cleantechnica.com/2013/09/27/tesla-model-s-almost-maintenance-free/>>. Acesso em: 26 de novembro de 2014.

CONVERSÃO DE UNIDADES. Milhas em Quilômetros. Disponível em:
<<http://www.metric-conversions.org/pt/comprimento/milhas-em-quilometros.htm>>. Acesso em: 19 de novembro de 2014.

COUTINHO, L.G.; CASTRO, B. H.; FERREIRA, T.T. Veículo elétrico: políticas públicas e o BNDES: oportunidades e desafios. In: Velloso, J. P. (coord.) **Estratégia de Implantação do Carro Elétrico no Brasil**. Rio de Janeiro: INAE, 2010.

COWAN, R.; HULTÉN, S. Escape lock-in: the case of the electric vehicle. **Technological Forecasting and Social Change**, vol. 53, n. 1996, p. 61-80. Disponível em:
<<http://www.cgl.uwaterloo.ca/~racowan/escape.pdf>>. Acesso em: 14 de novembro de 2013.

CROWN CROATIA WORLD NETWORK. Marin Soljagic Croatian physicist and inventor founder of WiTricity Corp. announces "GOODBY WIRES...". Disponível em: <<http://www.croatia.org/crown/articles/10510/1/Marin-Soljagic-Croatian-physicist-and-inventor-founder-of-WiTricity-Corp-announces-quotGOODBY-WIRESquot.html>> Acesso em: 10 de julho de 2014.

DAVID, P. Clio and the economics of QWERTY. **American Economic Review Proceedings**, 75, 1985, p. 332–337

DAVID, P. A. Understanding the economics of Qwerty: the necessity of history. In: Parker, W. N. (ed.) **Economic History and the Modern Economist**. New York. Basil Blackwell, 1986.

DAVID, P. A. Why the institutions the 'carriers of history' : path dependence and the evolution of conventions, organizations and institutions. **Structural Change and Economic Dynamics**, vol.5, no.2, 1994.

DAVID, P. A. **Path-dependence and the Quest for Historical Economics: one more chorus of the ballad of Qwerty**. University of Oxford, Discussion Papers 1997.

DAVIS, Lance; NORTH, Douglass C. **Institutional change and american economic growth**. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.

DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2011.

DIJK, Marc; ORSATO, Renato J.; KEMP, René; The emergence of an electric mobility trajectory. **Energy Policy** 52, 2013, p. 135-145.

DOMOSOLAR DOMÓTICA E ENERGIAS RENOVÁVEIS. O que é um painel fotovoltaico? Disponível em: <<http://www.domosolar.net/domotica/o-que-e-um-painel-fotovoltaico/>>. Acesso em: 09 de outubro de 2014.

DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories, **Research Policy**, 11, 1982.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation, **Journal of Economic Literature**, vol XXVI, September, 1988.

ELECTRIC DRIVE VERMONT. Electric Vehicles Reduce Your Maintenance Costs. Disponível em: <<http://www.driveelectricvt.com/buying-guide/cost-of-ownership>>. Acesso em: 26 de novembro de 2014.

ELECTRIC OWNERS CLUB. A Technical View of the Nissan Leaf. Disponível em: <<http://www.electricownersclub.com/NissanLeaf2.html>>. Acesso em: 29 de novembro de 2014.

ELECTRIC VEHICLES NEWS (a). The history of electric vehicles history. Disponível em: <<http://electricvehiclesnews.com/History/historyearly.htm>>. Acesso em: 06 de abril de 2014.

ELECTRIC VEHICLES NEWS (b) Li-ion battery market set for boom courtesy of electric vehicles. Disponível em: <<http://www.electric-vehiclenews.com/2011/08/li-ion-battery-market-set-for-boom.html>>. Acesso em: 05 de julho de 2014.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA (a). Richard Trevithick. Disponível em: <<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/604469/Richard-Trevithick>>. Acesso em: 24 de março de 2014.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA (b). Tesla Motors. Disponível em: <<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/1414616/Tesla-Motors>>. Acesso em: 21 de novembro de 2014

ENERGY POLICY INFORMATION CENTER. Lessons from Norway: EVs and Oil Production Highly Compatible. Disponível em: <<http://energypolicyinfo.com/2013/12/lessons-from-norway-electric-vehicles-and-oil-production-highly-compatible/>>. Acesso em: 15 de julho de 2014.

ENVOLVERDE JORNALISMO E SUSTENTABILIDADE (a). Itaipu inicia testes com primeiro avião elétrico tripulado da América Latina. 29 de agosto de 2014. Disponível em: <<http://envolverde.com.br/noticias/itaipu-inicia-testes-com-primeiro-aviao-eletrico-tripulado-da-america-latina/>>. Acesso em: 29 de novembro de 2014.

ENVOLVERDE JORNALISMO E SUSTENTABILIDADE (b). A trilha da sustentabilidade. 14 de outubro de 2014. Disponível em: <<http://envolverde.com.br/sociedade/trilha-da-sustentabilidade/>> Acesso em: 11 de fevereiro de 2015.

ÉPOCA NEGÓCIOS. A nova aposta de Carlos Ghosn. **Editora Globo**, ano 4, n. 46, dezembro de 2010.

ERBER, Fabio. **Inovação tecnológica na indústria brasileira no passado recente: uma resenha da literatura econômica**. Mimeo IE/UFRJ, 2009.

ERBER, Pietro. Automóveis elétricos a bateria uma política para sua utilização no Brasil. 2010. In: VELLOSO, J. P. (coord.) **Estratégia de Implantação do Carro Elétrico no Brasil**. Rio de Janeiro: INAE, 2010.

ESTADÃO. Cientistas inventam bateria de recarga rápida e vida útil de 20 anos. Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/link/cientistas-inventam-bateria-de-recarga-rapida-e-vida-util-de-20-anos/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2014.

EUROPA SÍNTESES DA LEGISLAÇÃO DA EU. Redução das emissões poluentes dos veículos ligeiros. Disponível em: <http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/l28186_pt.htm> Acesso em : 07 de agosto de 2014.

EUROPEAN COMMISSION (a). CODIS Community Research and Development Information Service. JOULE I catalogue of contracts. Disponível em: <http://cordis.europa.eu/news/rcn/2221_en.html>. Acesso em: 08 de novembro de 2014.

EUROPEAN COMMISSION (b). CODIS Community Research and Development Information Service. JOULE II - Economy/energy/environment models. Disponível em: <http://cordis.europa.eu/news/rcn/5622_en.html>. Acesso em: 08 de novembro de 2014.

EVANS, P. **Autonomia e parceria. Estados e transformação industrial**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004.

EVAOSD NEWSLETTER. Charged up. Volume 23. Issue 6. June 2013. Disponível em: <<http://evaosd.fartoomuch.info/meetings/NL1306.pdf>> Acesso em : 11 de fevereiro de 2015.

EVs ROCK. Hybrid Car Statistics. Disponível em: <http://evsroll.com/Hybrid_Car_Statistics.html>. Acesso em: 21 de novembro de 2014.

EXAME.COM . China elimina impostos sobre carros elétricos. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/noticias/china-elimina-impostos-sobre-carros-eletricos>>. Acesso em: 20 de outubro de 2014.

FALCÃO, D. M. **Smart grids e microredes: o futuro já é presente**. VIII SIMPASE Simpósio de Automação de Sistemas. COPPE/UFRJ. 2009

FAST COMPANY. A broken place: the spectacular failure of the startup that was going to change de world. Disponível em: <<http://www.fastcompany.com/3028159/a-broken-place-better-place>>. Acesso em: 09 de julho de 2014.

FIANI, R. **Cooperação e conflito: instituições e desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

FIANI, R. Teoria dos Custos de Transação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

FOLHA DE SÃO PAULO. Carros elétricos atrapalham o trânsito em Oslo. 03 de setembro de 2014. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/09/1509922-carros-eletricos-atrapalham-o-transito-em-oslo.shtml>> Acesso e: 11 de fevereiro de 2015.

FOLHA SERRA SUSTENTABILIDADE. Carros elétricos Leaf da Nissan emissão zero de poluentes nos táxis do Rio de Janeiro. 02 de fevereiro de 2014. Disponível em: <<http://www.folhaserra.com.br/pgn/1418696/tecnologia-carros-eletricos-leaf-da-nissan-emissao/>>. Acesso em: 19 de outubro de 2014.

FORAY, D. The dynamic implications of increasing returns: technological change and path-dependence inefficiency. **International Journal of Industrial Organization**, vol. 15, 1997, p. 733-752.

FREEMAN, C. **Inovação e ciclos longos de desenvolvimento econômico**. Ensaios FEE, Porto Alegre, 5(1): 5-20, 1984.

FREEMAN, C. The 'National System of Innovation' in hystorical perspective. **Cambridge Social of Economics**, 19, 1995, 15-24.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

FRENKEN, K; HEKKERT, M.; GODFROIJ, P. R&D portfolios in environmentally friendly automotive propulsion: variety, competition and policy implications. **Technological Forecasting & Social Change**, 71, 2004, p. 485–507.

GAO. UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE. REPORT TO CONGRESSIONAL REQUESTERS. Electricity grid modernization. Progress Being Made on Cybersecurity Guidelines, but Key Challenges Remain to be Addressed. January 2011. Disponível em: <<http://www.gao.gov/new.items/d11117.pdf>>. Acesso em: 28 de agosto de 2014.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. Electric Automobile Appliances. **Bulletin**. No. 4772, Schenectady, NY, September 1910.

GERSSSEN-GONDELACH S. J; Faaij A. P. C. Performance of batteries for electric vehicles on short and longer term. **Journal of Power Sources**, no. 212, 2012, p. 111-129.

GIZMAG. Le Jamais Contente. Disponível em: <<http://www.gizmag.com/le-jamais-contente-first-land-speed-record/23094/pictures#3>>. Acesso em: 01 de setembro de 2014.

GLOBAL EV OUTLOOK. **Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020**. Clean Energy Ministerial. April 2013.

GOLDENSTEIN, M.; AZEVEDO, R.; Combustíveis alternativos no setor automotivo: será o fim da “era do petróleo”? **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 235-266, mar. 2006.

GOVERNO DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro lança parceria público-privada para transporte com emissão zero. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/sedeis/exibeconteudo?article-id=1635917>>. Acesso em: 29 de outubro de 2013.

GREEN TRANSPORTATION. INFO. Open Charge Point Protocol & OCPP Organization. Disponível em: <<http://greentransportation.info/ev-charging/protocols/ocpp.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2014.

GUILLE, C.; GROSS, G. A conceptual framework for the vehicle-to-grid (V2G) implementation. **Energy Policy**, volume 37, issue 11, november 2009, p. 4379-4390.

GWEC – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. Global Wind Report. Annual Market Update 2013. April 2014. Disponível em: <<http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/04/GWEC-Global-Wind-Report-9-April-2014.pdf>>. Acesso em: 14 de setembro de 2014.

HEVO POWER. Disponível em: <<http://hevopower.com/>>. Acesso em: 10 de julho de 2014.

HOW STUFF WORKS COMO TUDO FUNCIONA. Como funcionam as baterias dos carros elétricos. Disponível em: <<http://carros.hsw.uol.com.br/bateria-carro-eletrico.htm>>. Acesso em: 09 de julho de 2014.

IG EDUCAÇÃO. Entenda como funciona o Start & Stop. Disponível em: <<http://carros.ig.com.br/carroverde/entenda+como+funciona+o+start++stop/4697.html>> Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

INFRAESTRUTURA URBANA. Projeto de smart grid de Búzios é indicado entre os 10 mais inovadores do mundo. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/19/cidade-inteligente-buzios-da-inicio-a-projeto-de-implementacao-267591-1.aspx>>. Acesso em: 03 de setembro de 2014.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (a). Bateria que respira promete dar fôlego aos carros elétricos. 24 de março de 2014. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=bateria-que-respira-ar-litio&id=010115140324&ebol=sim#.UzHzEKhdXOk>>. Acesso em: 25 de março de 2014.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (b). Bateria recarregável de zinco-ar de alta eficiência e baixo custo. 12 de junho de 2013. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=bateria-recarregavel-zinco-ar#.U7tORPldVqU>>. Acesso em: 07 de julho de 2014.

INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS. Electric Vehicle infrastructure. **Transport Policy System**, feb. 2010.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Technology Roadmap Smart Grids. OECD, 2011. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf>. Acesso em: 03 de setembro de 2014.

ITAIPU BINACIONAL. Projeto veículo elétrico.
Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/ve/>>. Acesso em:
06 de outubro de 2014.

JOSÉ LUIS OREIRO ECONOMIA, OPINIÃO E ATUALIDADES. Origem, causas e impacto da crise (Valor Econômico, 13/09/2011).
Disponível em: <<https://jloreiro.wordpress.com/2011/09/13/origem-causas-e-impacto-da-crise-valor-economico-13092011/>>. Acesso em:
20 de novembro de 2014.

KATZ, M.; SHAPIRO, C. Network externalities, competition and compatibility. **American Economic Review**, 75, 1985, p. 424–440

KEMP, R.; GEELS, F. W.; DUDLEY, G.; Lyons, G. (Eds.), **A Socio-Technical Analysis of Sustainable Transport**, Routledge, New York, 2012.

KEMP R.; SCHOT, J.; HOOGMA, R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. **Technology Analysis and Strategic Management**, 10, 2000, p. 175–195

KEMP, René; SOETE, Luc. Inside the ‘green box’: on the economics of technological change and the environment. The economics of technical change and the environment. 1990. Disponível em:
<http://www.ie.ufrj.br/hpp/intranet/pdfs/inside_the_green_box.pdf>. Acesso em:
25 de outubro de 2013.

KEMPTON, W. ; TOMIĆ, J. Vehicle-to-grid power fundamentals: calculating capacity and net revenue. **Journal of Power Sources**, 144, 2005, p. 268-279.

KIHM, A.; TROMMER, S. The new car market for electric vehicles and the potential for fuel substitution. **Energy Policy**, 73, 2014, p. 147–157.

KIRSCH, David A. **The electric vehicle and the burden of history**. Four Quartets. 2000.

KUZNETS, S. **Crescimento econômico moderno: ritmo, estrutura e difusão**. São Paulo: Nova Cultural, 1986.

LAWSON, S. : HEACOCK, D.; Stupnytska, A. Beyond the BRICS: a look at the Next 11.

April 2007. Disponível em: <<http://www.goldmansachs.com/our-thinking/archive/archive-pdfs/brics-book/brics-chap-13.pdf>>. Acesso em: 23 de dezembro de 2014.

LG CHEM. Disponível em: <<http://www.lgcpi.com/chem.shtml>>. Acesso em: 14 de julho de 2014.

LIBERTY VOICE. 50 Percent of the Energy Produced in Germany Is Solar: New Record Disponível em : <<http://guardianlv.com/2014/06/50-percent-of-the-energy-produced-in-germany-is-solar-new-record/>>. Acesso em: 18 de setembro de 2014.

LOOTTY, M.; SZAPIRO, M. Economias de escala e escopo. POSSAS, Mario L. “Concorrência schumpeteriana”. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

MAGNUSSON, T.; BERGGREN, C. Environmental innovation in auto development-managing technological uncertainty within strict time limits. **International Journal of Vehicle Design**, 26 (2/3), 2001, p. 101-115

MAZZUCATTO, M. **O Estado empreendedor. Desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MERCEDES-BENZ. Pioneiros. Disponível em: <<http://www.mercedes-benz.com.br/institucional/historia/pioneiros>>. Acesso em: 07 de abril de 2014.

MIDLER, C.; BEAUME, R. Project-based learning patterns for dominant design renewal: the case of electric vehicle. **International Journal of Project Management**, 28, p. 142-150, 2010.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Ex Tarifário de BK E BIT. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=3379>>. Acesso em: 22 de outubro de 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (a). Proconve: programa de controle de poluição do ar por veículos automotores. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/arquivos/proconve_163.pdf>. Acesso em: 05 de agosto de 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (b). Energia eólica. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-eolica>>.
Acesso em: 14 de setembro de 2014

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (c). Energia solar. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-solar>>.
Acesso em 14 de setembro de 2014

MOCK, P.; YANG, Z. Driving electrification. A global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles. White Paper. ICCT The International Council on Clean Transportation. May 2014. Disponível em:
<http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EV-fiscal-incentives_20140506.pdf>. Acesso em: 27 de outubro de 2014.

MOTOR DREAM. Nissan e Petrobrás dão ponto de partida para viabilizar veículos elétricos no Brasil.
Disponível em: <<http://motordream.uol.com.br/noticias/ver/2012/06/19/nissan-e-petrobras-dao-ponto-de-partida-para-viabilizar-veiculos-eletricos-no-brasil>>. Acesso em: 18 de outubro de 2014

MOWERY D. C. Military R&D and Innovation. In: HALL, B. H.; ROSENBERG, N. (Orgs), **Handbook of the Economics of Innovation**. Amsterdam: North Holland, 2010.
MOWERY, David C.; ROSENBERG, N. **Trajetórias da inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América do Norte no século XX**. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2005.

MUELLER, D. C. First-mover advantages and path dependence. **International Journal of Industrial Organization**, 15, 1997, p. 827-850.

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT. Progress Report of the German National Platform for Electric Mobility (Third Report). 2012
Disponível em:
<http://www.elektromobilitaet.din.de/sixcms_upload/media/3310/NPE_ProgressReport%202012_final_3.pdf>
Acesso em : 08 de novembro de 2014.

NAVIGANT RESEARCH (a). Electric Vehicle Batteries. Lithium Ion Batteries for Hybrid, Plug-In Hybrid, and Battery Electric Vehicles: Global Market Analysis and Forecasts.
Disponível em: <<http://www.navigantresearch.com/wp-assets/uploads/2014/03/EVB-14-Brochure.pdf>>. Acesso em: 11 de julho de 2014.

NAVIGANT RESEARCH (b). Smart Grid Technologies. Transmission Upgrades, Substation Automation, Distribution Automation, Smart Grid IT and Communications Networking, and Smart Metering: Global Market Analysis and Forecasts. August 20, 2014. Disponível em: <<http://www.navigantresearch.com/wp-assets/uploads/2014/08/SGT-14-Brochure.pdf>>. Acesso em: 25 de agosto de 2014.

NELSON, R.; WINTER, S. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2005.

NEURAL ENERGY. SmartGridCity – Boulder. Disponível em: <<http://www.neuralenergy.info/2009/07/boulder.html>>. Acesso em: 01 de setembro de 2014.

NISSAN MOTOR CORPORATION. Zero Emission. Disponível em: <<http://www.nissan-global.com/EN/ZEROEMISSION/STORYBOARD/EV/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2014.

NORTH, D. C. Economic Performance Through Time. **An American Economic Review**, 84 (3), 1994, p. 359-368.

NORTH, D. C. **Institutions, Institutional Change and Economic Performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

NOTÍCIAS AUTOMOTIVAS. Detalhes a respeito do carro elétrico de São Paulo. Disponível em: <<http://www.noticiasautomotivas.com.br/detalhes-a-respeito-do-taxi-eletrico-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 18 de outubro de 2014.

NOVACANA.COM . Flex Fuel - Tudo sobre o ProÁlcool. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/flex-fuel/proalcool-flex-fuel.htm>> Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

OECD. World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) Executive summary. Disponível em: <<http://www.oecd.org/tad/ntm/43897382.pdf>>. Acesso em: 07 de agosto de 2014.

PEDRO, L.S.; CASTRO, B. H. R. de; COSTA, R. A. A recente regulamentação do setor automotivo brasileiro e as possibilidades de atuação do BNDES. **BNDES Setorial**, 36, 2012, p.367-396.

PENSAMENTO VERDE. Curitiba investe em administração sustentável por toda a cidade. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/cidades-sustentaveis/curitiba-investe-administracao-sustentavel-cidade/>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2015.

PEREZ, C. Technological change and opportunities for development as a moving target. In: **Trade and development directions for the 21st century**. Edited by John Toye. The United Nations. 2003.

PERDIGUERO, J.; JIMÉNEZ, J.L.; Policy options for the promotion of electric vehicles: a review. Institut de Recerca en Economia Aplicada Regional i Pública/Research Institute of Applied Economics. Number 08, 2012. Disponível em: <http://www.ub.edu/irea/working_papers/2012/201208.pdf>. Acesso em: 08 de novembro de 2014.

PLUGINCARS. Detailed list of electric cars and plug-in hybrids. Disponível em: <<http://www.plugincars.com/cars>>. Acesso em: 19 de novembro de 2014.

PORTAL SÃO FRANCISCO. História do automóvel. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/historia-do-automovel/>>. Acesso em: 24 de março de 2014.

PORTER, M. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

POSSAS, Mario L. Concorrência schumpeteriana. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

PROCONVE/PROMAT. Coleção meio ambiente. Série diretrizes gestão ambiental. Volume I. Edições Ibama: Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/manual_volumel.pdf>. Acesso em: 06 de agosto de 2014.

PURE ENERGIES. Top 10 Countries Using Solar Power. Disponível em: <<http://pureenergies.com/us/blog/top-10-countries-using-solar-power/>>. Acesso em: 18 de setembro de 2014.

RENAULT. Aliança Renault-Nissan: recorde de vendas em 2013 pelo quinto ano consecutivo. Disponível em: <<http://imprensa.renault.com.br/page/releases/alianca-renault-nissan-recorde-de-vendas-em-2013-pelo-quinto-ano-consecutivo>>. Acesso em: 23 de novembro de 2014.

RICHARDSON, D. B.; Encouraging vehicle-to-grid (V2G) participation through premium tariff rates. **Jornal of Power Sources**, volume 243, december 2013, p. 219-224.

ROGERS, E; SCHOEMAKER, F. **Communication of Innovations: a Cross Cultural Approach**. Free Press, 1971.

ROGERS, M. Everett. **Diffusion of innovations**. Free Press. 2003

ROSENBERG, N. **Perspectives on Technology**. Cambridge University. 1976.

ROSENBERG, N. **Inside the Black Box: Technology and Economics**. Cambridge University Press, Cambridge (1982)

SANZ-CASADO, Elias; LASCURAIN-SÁNCHEZ, Maria Luisa; SERRANO-LOPEZ, Antonio Eleazar; LARSEN, Birger; INGERWERSEN, Peter. Production, consumption and research on solar energy: The Spanish and German case. **Renewable Energy**, vol 68, august 2014, p. 733–744.

SCHILLING, Melissa A. **Dirección estratégica de la innovación tecnológica**. McGraw-Interamericana de España, S. A. U. , 2008.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **A teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SHAPIRO, Carl; VARIAN, Hal R. **A economia da informação: como os princípios econômicos se aplicam à era da Internet**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.

SIGNIFICADOS.COM.BR. Significado de etanol. Disponível em: <<http://www.significados.com.br/etanol/>> Acesso em : 19 de fevereiro de 2015.

SPARTACUS EDUCATIONAL. Richard Trevithick. Disponível em: <<http://spartacus-educational.com/RAtrevithick.htm>>. Acesso em: 24 de março de 2014.

STATE GRID CORPORATION OF CHINA. **Developments, Challenges, Opportunities & Prospects of Smart Grid in China**. 2014. Disponível em: <<http://www.africasmartgridforum2014.org/en/expert/presentationliminaire/chen-yueming-developments-challenges-opportunities-and-prospects-en.pdf>>. Acesso em: 26 de janeiro de 2015.

STEINHILBER, S.; WELLS, P.; THANKAPPAN, S. Socio-technical inertia: Understanding the barriers to electric vehicles. **Energy Policy**, volume 60, september 2013, p. 531-539.

TEECE, D. J. Profiting from technological innovation. **Research Policy**, 15(6), 1986, p. 285-305.

TECMUNDO (a). Smart Grid: a rede elétrica inteligente. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/3008-smart-grid-a-rede-eletrica-inteligente.htm>>. Acesso em: 24 de agosto de 2014.

TECMUNDO (b). Maior usina de energia solar do mundo entra em funcionamento. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/energia-solar/66608-maior-usina-energia-solar-mundo-entra-funcionamento-video.htm>>. Acesso em: 30 de novembro de 2014.

TERRA CIÊNCIA. Nikola Tesla: "gênio esquecido" da eletricidade nasceu há 157 anos. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/ciencia/nikola-tesla-genio-esquecido-da-eletricidade-nasceu-ha-157-anos.74bd9416944cf310VgnVCM20000099cceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 21 de novembro de 2014.

TERRA VEÍCULOS. 150 anos: Henry Ford investiu no Brasil e no carro elétrico. Disponível em: <<http://economia.terra.com.br/carros-motos/150-anos-henry-ford-investiu-no-brasil-e-no-carro-eletrico.eb2b27a0e0630410VgnVCM20000099cceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2015.

TESLA. Supercharger The Fastest Charging Station on the Planet. Disponível em: <<http://www.teslamotors.com/supercharger>>. Acesso em: 21 de novembro de 2014.

THE VERGE. Palo Alto will require all new homes to support electric vehicle chargers. Disponível em: <<http://www.theverge.com/2013/10/1/4790608/palo-alto-mandates-all-new-homes-wired-for-electric-vehicle-chargers>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2013.

TIGRE, P. B. Inovação e teorias da firma em três paradigmas. **Revista de Economia Contemporânea**, no. 3, p. 67-111, 1998.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Segunda edição revista e atualizada. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

TRANSPORT EVOLVED. Rapid Chargers to Make Israel a Better Place for Electric Cars. Disponível em: <<http://transportevolved.com/2014/02/24/rapid-chargers-to-make-israel-a-better-place-for-electric-cars/>>. Acesso em: 10 de julho de 2014.

UFRGS. Qual a diferença entre o motor do tipo Otto e o motor do tipo Diesel? Centro de Referência para o Ensino de Física. Instituto de Física. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=87>>. Acesso em: 06 de agosto de 2014.

UNRUH, G. Understanding carbon lock-in. **Energy Policy**, 28, 2000, p. 817–830.

UOL ECONOMIA. Usina que produz 25% da energia solar do país começa operação comercial. Disponível em: <<http://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2014/08/29/usina-que-produz-25-da-energia-solar-do-pais-comeca-operacao-comercial.htm>>. Acesso em: 18 de setembro de 2014.

UTTERBACK, J. **Mastering the Dynamics of Innovation**. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1994.

VEZ VEÍCULOS DE EMISSÃO ZERO. Campanha pela isenção de impostos sobre carros elétricos. Disponível em: <<http://www.vezdobrasil.com.br/campanha-pela-isencao-de-impostos-sobre-carros-eletricos/>>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.

VIEIRA, José Luiz. **A história do automóvel: a evolução da mobilidade**. Volume 1. São Paulo: Alaúde Editorial, 2008.

WITRICITY CORPORATION. Disponível em: <<http://www.witricity.com/>>. Acesso em: 10 de julho de 2014.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; DANIEL, R. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WWW-F BRASIL. Além de grandes hidrelétricas. Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. **Sumário para tomadas de decisão**, 2012. Disponível em: <http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_sumario_para_tomadores_de_decisao.pdf> Acesso em: 05 de março de 2015.

YERGIN, D. **O petróleo. Uma história de conquistas, poder e dinheiro**. São Paulo: Editora Paz e Terra. 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - PESQUISA EMPÍRICA SOBRE A DISCUSSÃO DOS FATORES QUE DIFICULTAM A DIFUSÃO DO CARRO ELÉTRICO - QUESTIONÁRIO

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituto de Economia

Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento (PPED)

Curso de Doutorado

Doutoranda: Cláudia do Nascimento Martins

Tema da Tese: Condicionantes para a difusão do carro elétrico.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Bastos Tigre

Respondente:

Empresa

Data da Resposta

1) Em sua opinião os automóveis elétricos no Brasil serão difundidos :

- () lentamente
 () rapidamente
 () não serão difundidos.

2) No seu entendimento que fatores de ordem institucional dificultam a difusão do carro elétrico? Numere cada uma de acordo com o nível de importância.

(A) Mais importante (B) Regular importância (C) Menos importante

1. Falta de estímulo à inovação. ()
2. Insuficiência de subsídios e incentivos fiscais. ()
3. Falta de infraestrutura de abastecimento e mecanismos inteligentes de monitoramento da distribuição de energia. ()
4. Falta de parcerias entre o Estado e a iniciativa privada. ()
5. Baixa consciência sobre a necessidade do desenvolvimento de uma matriz elétrica limpa de fonte renovável. ()
6. Ausência de regulação ambiental para os carros elétricos ()

Outros :

.....

3) No seu entendimento que fatores de ordem econômica dificultam a difusão do carro elétrico? Numere cada uma de acordo com o nível de importância.

(A) Mais importante (B) Regular importância (C) Menos importante

1. Falta de escala de produção para reduzir custos. ()
2. Alto preço dos carros elétricos. ()
3. Alto custo de manutenção. ()
4. Alto custo do “combustível”. ()

Outros:

.....

.....

4) Na sua opinião a bateria é um obstáculo intransponível para a difusão do carro elétrico?

- () Sim
- () Não

Justifique caso julgar necessário:

.....

.....

5) Na sua opinião qual a tecnologia mais promissora para os carros elétricos?

- () chumbo-ácido
- () níquel-hidreto metal
- () íon de lítio
- () sódio

Outros:

.....

.....

APÊNDICE 2 - PESQUISA EMPÍRICA SOBRE A DISCUSSÃO DOS FATORES QUE DIFICULTAM A DIFUSÃO DO CARRO ELÉTRICO - PROFISSIONAIS RESPONDENTES

Alex Sandro Barbosa Passos

WEG Equipamentos Elétricos S. A.

09 de setembro de 2014

André Aguiar

Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro

09 de setembro de 2014

Antônio Vicente de Souza e Silva

Manvel Veículos Elétricos

Sygma Engenharia

16 de setembro de 2014

Caetano C. R. Penna

SPRU | University of Sussex

11 de outubro de 2014

Carlos Eduardo Momblanch da Motta

ATTO Nacional Montadora Elétrica

12 de outubro de 2014

Celso Ribeiro Barbosa de Novais

Itaipu Binacional

07 de setembro de 2014

Daniela Garcia Pizzolatto

Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Energia)

23 de setembro de 2014

Eduardo Duprat Ferreira de Mello

Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro

10 de setembro de 2014

Eduardo Hilsdorf

CEGASA Motion Energy

10 de setembro de 2014

Evaldo Costa

Universidade de Lisboa

25 de setembro de 2014

Fabio E. P. Braga

SAE Brasil

09 de setembro de 2014

Fabio Maggion

Mitsubishi Motors

13 de setembro de 2014

Henrique Futuro

Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro

10 de setembro de 2014

Ivo Reck Neto

Vice-Prefeitura de Curitiba (PR)

07 de setembro de 2014

Joachim Altus

Accretech

29 de setembro de 2014

Jomar Napoleão

CARCON Automotive

09 de setembro de 2014

Kenyo Colnago

Centro de Pesquisa Petrobrás (CENPES)

09 de setembro de 2014

Marcelo da Silva Gongra Oliveira

Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Energia)

14 de outubro de 2014

Maria de Fátima N. C. Rosolem

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD)

08 de setembro de 2014

Márcio Picança

Nissan do Brasil Automóveis Ltda

24 de setembro de 2014

Moacir Giasante

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD)

10 de setembro de 2014

Orlando Volpato

Samsung Research Institute

02 de outubro de 2014

Patrício Rodolfo Impinnisi

LACTEC

11 de setembro de 2014

Paulo da Luz Costa

Petrobrás

09 de outubro de 2014

Pietro Erber

Associação Brasileira de Veículo Elétrico (ABVE)

07 de setembro de 2014

Ricardo Takahira

Magneti Marelli Sistema Automotivos

08 de setembro de 2014

Silvia Mendes Pereira Barcik

Renault do Brasil S. A.

07 de setembro de 2014

ANEXOS

ANEXO 1 - FIGURAS REFERENTES À TRAJETÓRIA INICIAL DO SETOR AUTOMOTIVO

Figura 1 - Esquema da eolípila, motor de Hero de Alexandria, início da era cristã.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA KIDS

Disponível em:

<<http://kids.britannica.com/eb/art-57541/Herons-aeolipile-Heron-of-Alexandria-fashioned-the-first-known-steam>>

Acesso em: 18 de setembro de 2014



Figura 2 - Esquema do motor a vapor inventado por Thomas Newcomen, 1698.

BROWN COMPUTER SCIENCE

Disponível em:

<<http://cs.brown.edu/~tld/publications/books/talking/web/home-Z-H-8.html>>

Acesso em: 18 de setembro de 2014.

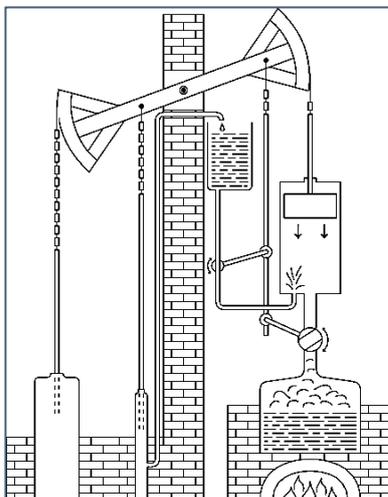


Figura 3 - Réplica do *Fardier*, de Nicholas Joseph Cugnot. Seu original data de aproximadamente 1769.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA

Disponível em:

<<http://www.britannica.com/EBchecked/media/92625/1769-Cugnot-In-1769-Nicolas-Joseph-Cugnot-built-a-three>>.

Acesso em: 18 de setembro de 2014.



Figura 4 - Locomotiva de Richard Trevithick de 1803.

ESPARTACUS EDUCATIONAL.

Disponível em:

<<http://spartacus-educational.com/RAtrevithick.htm>>

Acesso em: 18 de setembro de 2014.

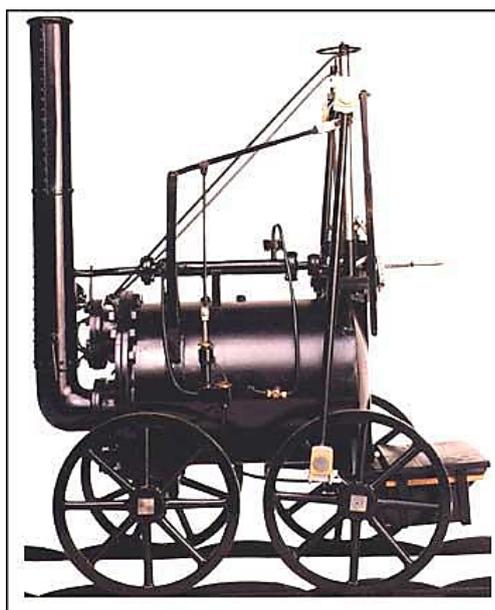


Figura 5 - Carro a vapor de Goldsworthy Gurney de 1825.

TURBOS AND PISTONZ. Travelling with time.

Disponível em:

<<http://www.turbosandpistonz.com/forum/viewtopic.php?t=916>>

Acesso em: 18 de setembro de 2014.



Figura 6 - Ányos Jedlik (1800-1895), considerado pai do motor elétrico.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. Electric Vehicles History Part II.

Disponível em:

<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyII.htm>

Acesso em: 18 de setembro de 2014.



Figura 7 - Primeiro motor elétrico do mundo de Ányos Jedlik, em 1827.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. Electric Vehicles History Part II.

Disponível em:

<<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyII.htm>>

Acesso em: 18 de setembro de 2014.



Figura 8 - Veículo elétrico de Ányos Jedik, 1828.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. Electric Vehicles History Part II.

Disponível em:

<<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyII.htm>>

Acesso em 18 de setembro de 2014.

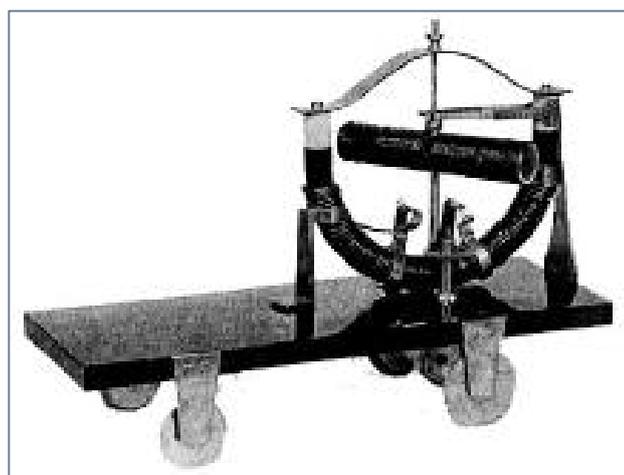


Figura 9 - Robert Anderson (entre 1832 e 1839) construiu o primeiro protótipo de carro movido a eletricidade alimentado por pilhas não recarregáveis.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. Electric Vehicles History Part II.

Disponível em:

<<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyII.htm>>

Acesso em: 21 de novembro de 2014.



Figura 10 - Primeiro motor elétrico norte-americano de Thomas Davenport, 1834.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. Electric Vehicles History Part II.

Disponível em:

<<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyII.htm>>

Acesso em: 18 de setembro de 2014.



Figura 11 - Carro elétrico de Sibrandus Stratingh e Christopher Becker, 1835.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. Electric Vehicles History Part II.

Disponível em:

<<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyII.htm>>

Acesso em: 24 de setembro de 2014.



Figura 12 - Triciclo elétrico de Ayrton e Perry, 1881.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. Electric Vehicles History Part II.

Disponível em:

<<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyII.htm>>

Acesso em: 24 de setembro de 2014.

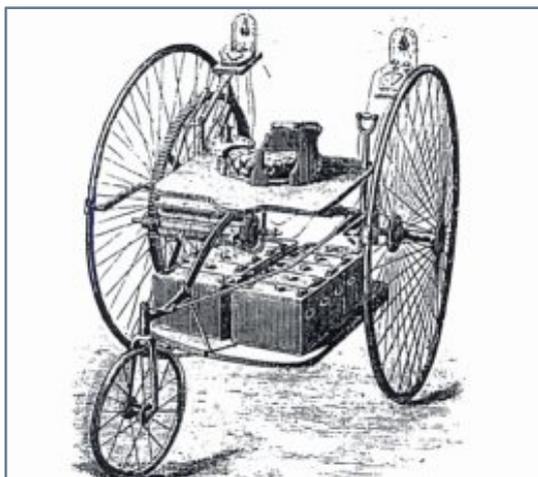


Figura 13 – Lohner Electric Chaise de Ferdinand Porsche, 1898.

ABVE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULO ELÉTRICO. Porsche híbrido: o mais rápido do mundo?

Disponível em:

<<http://www.abve.org.br/destaques/2007/destaque99.asp>>

Acesso em: 24 de setembro de 2014.

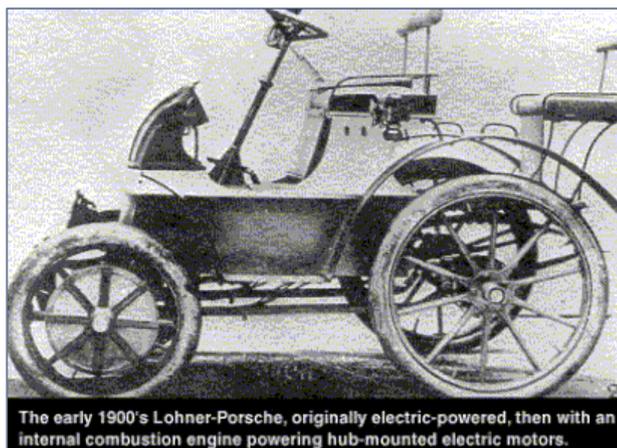


Figura 14 – Electrobat, carro elétrico de Henry G. Morris e Pedro G. S. Salom, 1894.

Prologue - Preparing the way for the Columbia cars, and the formation of the Electric Vehicle Company

Disponível em:

<<http://www.kcstudio.com/electrobat.html>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 15 - Electric Road Wagon, construído por Henry G. Morris e Pedro G. S. Salom em 1896.

Prologue - Preparing the way for the Columbia cars, and the formation of the Electric Vehicle Company

Disponível em:

<<http://www.kcstudio.com/electrobat.html>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 16 - Electric Carriage and Wagon Company formada por Henry G. Morris e Pedro G. S. Salom em 1897.

ELECTRIC VEHICLES HISTORY PART III.

Disponível em:

<<http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyIII.htm>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 17 - Réplica do modelo de Étienne Lenoir, primeiro motor de combustão interna de 1860.

REVISTA ARTÍSTICA Y CULTURAL. Aquellos chalados y sus locos cacharros. Los inicios del automóvil.

Disponível em:

<<http://alenarterevista.net/aquellos-chalados-y-sus-locos-cacharros-los-inicios-del-automovil-por-virginia-segui/>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 18 - Patente do veículo de Karl Benz, com motor a combustão interna, em 1886.

MERCEDES- BENZ. Biografias.

Disponível em:

<<http://www1.mercedes-benz.com.br/historia/biografia/karl/cenbiografiakarl.htm>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.

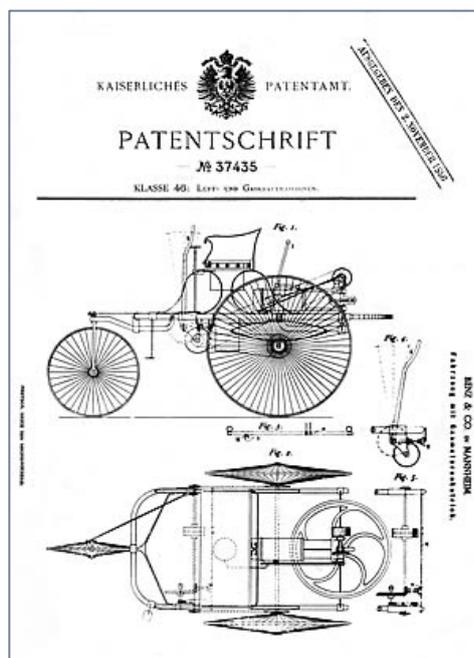


Figura 19 - Veículo de Benz com motor a combustão, de 1886.

EMBAIXADA DA REPÚBLICA FEDERAL DA ALEMANHA LISBOA.

Disponível em:

<http://www.lissabon.diplo.de/Vertretung/lissabon/pt/05/05_Mobilitaet/S_125_Jahre_Auto_Erfindung_pt.html>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 20 - Veículo de Gottlieb Daimler com motor a combustão interna, cerca de 1886.

GOTTIELB DAIMLER.

Disponível em:

<<https://gottliebdaimler.wordpress.com/>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 21 - Thomas Edison em um carro elétrico, no início do século XX.

REDE INTELIGENTE. Thomas Edison à luz de lâmpadas incandescentes.

Disponível em:

<<http://www.redeinteligente.com/2011/02/11/thomas-edison-a-luz-de-lampadas-incandescentes/>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 22 - Thomas Edison e Henry Ford no início do século XX desenvolveram modelo de carro movido a bateria que nunca chegou a ser lançado.

THE FORD MOTOR COMPANY MEDIACENTER. Ford, Ge Wattstation Chargers Support Employee Electric Vehicle Charging Network.

Disponível em:

<<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2014/03/20/ford--ge-wattstation-chargers-support-employee-electric-vehicle-.html>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 23 - Carregador de carros elétricos em garagem pública, final do século XIX e início do século XX.

ELECTRIC VEHICLES NEWS. The History of Electric Vehicles. Beginning in the nineteenth century... moving into the twenty-first.

Disponível em:

<<http://electricvehiclesnews.com/History/historyearly.htm>>

Acesso em 08 de outubro de 2014



Figura 24 - Carregador de carros elétricos em garagem privada, final do século XIX e início do século XX.

MINI AUTO MANIA. A HISTÓRIA DO AUTOMÓVEL CONTADA POR MINIATURAS, FOTOS E ARTES. 1897. As alternativas. Alternativas ao motor à explosão.

Disponível em:

<<http://www.miniautomania.com.br/industria/alternativas/>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



Figura 25 - Posto de gasolina em Washington D. C., Estados Unidos, 1926.

STRANGECOSMOS.COM

Disponível em:

<<http://www.strangecosmos.com/content/item/154720.html>>

Acesso em: 08 de outubro de 2014.



ANEXO 2 - FIGURAS DE ATUAIS CARROS TOTALMENTE ELÉTRICOS

Figura 1- Leaf da Nissan

NISSAN

Disponível em:

<<http://www.nissan.com.au/Cars-Vehicles/LEAF/Overview>>

Acesso 01 de novembro de 2014.



Figura 2 - Zoe da Renault

MY RENAULT ZOE ELECTRIC CAR

Disponível em:

<<http://myrenaultzoe.com/index.php/zoe-description/charging/>>

Acesso em: 01 de novembro de 2014.



Figura 3 - Twizy da Renault

RENAULT PORTUGAL

Disponível em:

<<http://www.renault.pt/gama/veiculos-eletricos/twizy/twizy-ze-novo/usp-mudam-se-os-tempos.jsp>>

Acesso em: 01 de novembro de 2014.

**Figura 4 - Kangoo Z.E. da Renault**

GREEN CAR CONGRESS

FedEx equips Brazilian subsidiary with Renault Kangoo Z.E. EVs.

Disponível em:

<<http://www.greencarcongress.com/2013/11/20131119-fedex.html>>

Acesso em: 01 de novembro de 2014.



Figura 5 – Renault Fluence EV

UP VEÍCULOS

Disponível em:

<<http://upveiculos.com.br/institucional/noticias/vice-presidente-de-veiculos-eletricos-da-renault-confirma-fluence-e-v-no-brasil/>>

Acesso em: 20 de novembro de 2014.

**Figura 6 – i-MiEV da Mitsubishi**

MITSUBISHI MOTORS

Disponível em:

<<http://www.mitsubishicars.com/imiev>>

Acesso em: 01 de novembro de 2014.



Figura 7 – Model X da Tesla

ROAD & TRACK

Disponível em:

<http://www.roadandtrack.com/new-cars/g79/photos-2014-tesla-model-x/?slide=1>

Acesso em: 27 de janeiro de 2015.

**Figura 8 – Model S da Tesla**

PAULTAN.ORG

Tesla Model S P85D – supercar-baiting electric sedan with 691 hp, 931 Nm and all-wheel drive.

Disponível em:

<http://paultan.org/2014/10/10/tesla-model-s-p85d-supercar-baiting-electric-sedan/>

Acesso em: 01 de novembro de 2014.



Figura 9 – BMW i3

EXTREME TECH

BMW i3: Cheap, mass-produced carbon fiber cars finally come of age.

Disponível em:

<<http://www.extremetech.com/extreme/162582-bmw-i3-will-bmws-new-ev-finally-be-the-breakthrough-for-carbon-fiber-cars>>

Acesso em: 04 de novembro de 2014

**Figura 10 – Chevrolet Spark EV da General Motors (GM)**

GREEN CARS REPORTS

2014 Chevrolet Spark EV Electric Car Priced At \$27,495.

Disponível em:

<http://www.greencarreports.com/news/1084341_2014-chevrolet-spark-ev-electric-car-priced-at-27495>

Acesso em: 04 de novembro de 2014.



Figura 11 – Fiat 500e

UBERGIZMO

Fiat 500e Arriving In California This Summer.

Disponível em:

<<http://www.ubergizmo.com/2013/04/fiat-500e-arriving-in-california-this-summer/>>

Acesso em: 04 de novembro de 2014.

**Figura 12 – Ford Focus Electric**

MOTORING 2

Ford lowers price of 2014 Focus Electric to \$35,200.

Disponível em:

<<http://motoring2.com/2013/07/ford-lowers-price-of-2014-focus-electric-to-35200/#.VMeRovldVHR>>

Acesso em: 27 de janeiro de 2015.



Figura 13 – Kia Soul EV da Hyundai-Kia

DRIVING

First drive: Kia Soul EV could be a game-changer.

Disponível em:

<<http://driving.ca/kia/soul/reviews/road-test/first-drive-kia-soul-ev>>

Acesso em: 04 de novembro de 2014.

**Figura 14 – Mercedes B-Class Electric Drive**

C/NET

Mercedes-Benz B-Class drives well, but not far, on Tesla power train.

Disponível em:

<<http://www.cnet.com/products/2014-mercedes-benz-b-class-electric-drive/>>

Acesso em: 04 de novembro de 2014.



Figura 15 – Smart Electric Drive da Daimler AG

DAIMLER

Zero emissions, full emotions: Electric vehicles.

Disponível em:

<<http://www.daimler.com/dcom/0-5-1391922-1-1401035-1-0-0-1402053-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0-0-0.html>>

Acesso em: 27 de janeiro de 2015.

**Figura 16 - BYD e6 da BYD Auto**

GREEN CAR REPORTS

BYD e6 Electric Taxi Fleet Launched In Hong Kong To Cut Pollution.

Disponível em:

<http://www.greencarreports.com/news/1084356_byd-e6-electric-taxi-fleet-launched-in-hong-kong-to-cut-pollution>

Acesso em: 04 de novembro de 2014.

