



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Felipe Luís Righolino Ramos

**Os veículos elétricos e os principais fatores condicionantes de
políticas de estímulo à eletromobilidade**

Campinas

2018



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Os veículos elétricos e os principais fatores condicionantes de
políticas de estímulo à eletromobilidade**

Monografia apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em geografia, sob orientação da Prof^a. Dra. Flávia Luciane Consoni de Mello.

Campinas

2018

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Marta dos Santos - CRB 8/5892

R147v Ramos, Felipe Luís Righolino, 1990-
Os veículos elétricos e os principais fatores condicionantes de políticas de estímulo à eletromobilidade / Felipe Luís Righolino Ramos. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Flávia Luciane Consoni de Mello.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Veículos elétricos. 2. Mobilidade. 3. Políticas públicas. I. Consoni, Flávia Luciane, 1973-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Área de concentração: Política Científica e Tecnológica

Titulação: Bacharel em geografia

Data de entrega do trabalho definitivo: 30-01-2018



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Os veículos elétricos e os principais fatores condicionantes de políticas de estímulo à eletromobilidade

Resumo

Trabalho de Conclusão de Curso

Felipe Luís Righolino Ramos

Os veículos elétricos têm se projetado, cada vez mais, como uma alternativa sustentável para o problema da mobilidade urbana, assim como uma importante tecnologia de apoio à mitigação das mudanças climáticas, devido à baixa - ou nula - emissão de poluentes atmosféricos e a reduzida dependência dos combustíveis fósseis. O adensamento do debate acerca das questões ambientais, a redução dos custos e o aprimoramento de algumas tecnologias-chave têm viabilizado uma crescente participação deste segmento veicular na composição da frota automotiva de diversos países. Entretanto, o desenvolvimento e difusão dessa tecnologia emergente é um processo envolto em incertezas e que apresenta riscos potenciais para atores da cadeia produtiva automobilística global, sendo, neste sentido, o estabelecimento de políticas públicas elemento fundamental para condução deste processo. Esta monografia busca mapear e analisar os principais motivos do direcionamento do interesse do Estado para essa questão nas últimas décadas e os principais fatores responsáveis por condicionar e moldar a proposição de políticas públicas de estímulo ao segmento dos veículos elétricos. Além disso, apresenta uma análise do panorama de políticas públicas voltadas à promoção dos veículos elétricos em nove países selecionados que apresentam proeminência no tema, a saber: Reino Unido, Noruega, Alemanha, França, EUA, Coreia do Sul, China, Japão e Brasil que, embora não apresente protagonismo neste segmento de atividade, também foi considerado.

Palavras-chave: veículo elétrico; eletromobilidade; políticas públicas; indústria automobilística



UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCE

Electric vehicles and the main conditioning factors of policies to stimulate electromobility

ABSTRACT

Course Conclusion Monograph

Felipe Luís Righolino Ramos

Electric vehicles are increasingly emerging as a sustainable alternative for urban mobility challenges as well as an important technology to support climate change mitigation owing to lower - or even null - emission of atmospheric pollutants and its low dependence of fossil fuels. The deepening of discussions about environmental issues, cost reductions and improvements of some key technologies have provided an increasing participation of this vehicular segment in the automotive fleet composition of several countries. However, the development and diffusion of this emerging technology is fraught by uncertainties and present several potential risks to actors in the global automobile manufacturing industry, being the establishment of public policies a fundamental element for conducting this process properly. This monograph seeks to map and analyze the main explaining reasons that directed State's interest to this issue over the last decades and the main factors responsible for conditioning and shaping the proposal of public policies to stimulate the segment of electric vehicles. At the end, this study presents an analysis of electromobility's current panorama in selected countries which are prominent in the theme, namely the United Kingdom, Norway, Germany, France, USA, South Korea, China, Japan and Brazil - which does not play a prominent role, but was also considered.

Key words: electric vehicle; eletromobility; public policies; automotive industry

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1. CAPÍTULO 1 - O SURGIMENTO DO VEÍCULO ELÉTRICO E A COMPETIÇÃO ENTRE OS DIFERENTES SISTEMAS DE PROPULÇÃO VEICULAR.....	8
2. CAPÍTULO 2 - OS PRINCIPAIS FATORES RESPONSÁVEIS PELA RETOMADA DO INTERESSE NOS VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	13
2.1. A Expansão da agenda ambiental.....	13
2.2. Os problemas vinculados à saúde pública.....	16
2.3. A elevada dependência de petróleo no setor de transporte e o aumento dos preços no mercado internacional	17
3. CAPÍTULO 3 – O QUADRO GLOBAL DA ELETROMOBILIDADE: MERCADO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	20
4. CAPÍTULO 4 - POLÍTICAS PARA A PROMOÇÃO DOS VE - ANÁLISE POR PAÍSES SELECIONADOS.....	34
4.1. União Europeia	35
4.2. Reino Unido.....	37
4.3. Noruega.....	39
4.4. Alemanha.....	42
4.5. França.....	44
4.6. Estados Unidos.....	46
4.7. Coreia do Sul.....	49
4.8. China.....	51
4.9. Japão.....	55

4.10. Brasil.....	57
5. CONSIDERAÇÕES	
FINAIS.....	62
6. REFERÊNCIAS.....	68

Introdução

O adensamento das discussões acerca das questões ambientais a nível mundial tem, cada vez mais, ampliado a pressão para que empresas e Estados adotem políticas e ações mais sustentáveis e menos nocivas ao meio ambiente. No centro desta questão, está o setor de transporte, responsável por cerca de 1/4 (23%) das emissões de gases do efeito estufa (GEE) emitidos no ano de 2010¹ (SIMS et. al., 2014; IEA, 2016).

O segmento de veículos rodoviários é, dentro do setor de transportes, o maior emissor de gases estufa², sendo esse fato um importante vetor na imposição à indústria automobilística global da necessidade de incorporar tecnologias alternativas aos sistemas de propulsão veicular baseados nos motores a combustão interna (MCI), que utilizam combustíveis fósseis como fonte energética principal.

Com o intuito de ampliar a eficiência energética, restringir o consumo de combustíveis fósseis e reduzir as emissões de gases estufa e material particulado, diversas empresas - incluindo algumas tradicionalmente não vinculadas ao setor automotivo -, têm direcionado esforços e alocado recursos em projetos de P&D para o desenvolvimento de veículos e componentes mais eficientes e que apresentem menor impacto ambiental (BARASSA e CONSONI, 2015).

É justamente esse o contexto no qual os veículos elétricos (VEs³) passaram a despontar como uma das possíveis alternativas tecnológicas para o enfrentamento das questões colocadas pela agenda ambiental, a partir, principalmente, da década de 1970.

Um VE pode ser definido como aquele cuja a propulsão de pelo menos uma das rodas é realizada por meio de um motor elétrico (CHAN, 2007; CASTRO e FERREIRA, 2010). Os veículos elétricos utilizam a energia elétrica armazenada nas baterias como fonte energética para o acionamento veicular e diminuem substancialmente a emissão de gases estufa, podendo, inclusive, apresentar emissão zero de poluentes atmosféricos (ABVE, 2017).

¹ Valores referentes às emissões de gases estufa relacionadas à energia. O setor de transporte foi responsável por cerca de 7 Gigatoneladas de CO₂ equivalentes emitidos na atmosfera, apenas em 2010.

² Esse fato se deve ao tamanho da frota automotiva global - superior a um bilhão de veículos em circulação - e ao fato da maioria dos veículos utilizarem, em seu sistema de propulsão, motores a combustão interna que, ao queimarem combustíveis fósseis para seu funcionamento, emitem uma variedade gases estufa como, por exemplo, o dióxido de carbono.

³ Também podem ser abreviados como ‘EV’ – electric vehicle.

Além disso, os VEs apresentam elevada eficiência energética quando comparados aos veículos baseados em motores a combustão interna; esses não emitem material particulado e não produzem poluição sonora⁴, figurando, neste sentido, como uma alternativa sustentável para a mobilidade e como uma importante tecnologia de apoio à melhora da qualidade de vida em geral, particularmente nos centros urbanos (ABVE, 2017).

Os veículos elétricos podem ser classificados, basicamente, em três categorias, de acordo com as distintas configurações mecânicas que apresentam, sendo estas os veículos híbridos, os híbridos plug-in e os elétricos a bateria.⁵ (BARASSA e CONSONI, 2015; ABVE, 2017).

Os veículos elétricos híbridos (VEH) são aqueles que combinam distintas tecnologias e fontes energéticas em seus sistemas de propulsão. Contam com um motor a combustão interna (MCI), alimentado por combustíveis convencionais, tal como a maioria dos veículos em circulação, e um motor elétrico que, neste caso, não conta com um sistema de carregamento dependente da rede elétrica. Embora este modelo de VE apresente um motor a combustão interna, a eficiência e energética é maior e as emissões registradas são menores do que em veículos convencionais.

Os veículos híbridos, ao combinarem distintas formas de propulsão, configuram-se como um modelo de transição tecnológica entre os sistemas de propulsão veicular convencionais e os sistemas de propulsão exclusivamente elétricos⁶

Os veículos híbridos plug-in (VEHP)⁷ apresentam configuração mecânica similar aos híbridos, porém, o carregamento da bateria pode ser feito através de conexão com a rede

⁴ Para modelos propulsionados exclusivamente por motores elétricos. As versões de veículos elétricos que contam com motores a combustão interna (veículos híbridos) apresentam menor grau de emissão e poluição sonora.

⁵ Além dessas três configurações possíveis, existem outras categorias de veículos elétricos que não serão alvo de investigação neste estudo. Dentre eles, temos os veículos que se utilizam de células a combustível (VECC), entre os quais são mais comuns os que utilizam hidrogênio como insumo para a produção de energia elétrica. Embora os VECC utilizem motores elétricos para a propulsão, a existência de uma fonte energética distinta e o tipo de tecnologia empregada permitem a utilização de uma classificação diferenciada para este segmento veicular. Há também os veículos elétricos ligados a rede (Trólebus), que apresentam estrutura mecânica parecida aos VEs, mas que operam conectados diretamente à rede elétrica. Para fins deste estudo, os VECC e os Trólebus não serão investigados.

⁶ As informações e análises referentes a veículos elétricos apresentadas nesta monografia levam em conta apenas os veículos que apresentam possibilidade de carregamento do sistema de bateria por meio da conexão com a rede elétrica - veículos a bateria e os híbridos plug-in - assim como, em geral, se observa na literatura internacional sobre o tema.

⁷ Outra sigla passível de ser utilizada para descrever esses veículos é "PHEV" - plug-in electric vehicle.

elétrica. Em geral, estes veículos apresentam maior eficiência energética e maior autonomia de rodagem que os híbridos não plug-in, além de uma menor emissão de gases estufa e material particulado, devido à maior capacidade das baterias utilizadas

Os **veículos elétricos a bateria (VEB)**⁸, também chamados de "elétricos puros", são aqueles propulsionados por um - ou, eventualmente, mais de um - motor elétrico. Neste tipo de veículo, o motor é alimentado pela energia armazenada na bateria e o carregamento é efetuado por meio da conexão com a rede elétrica convencional.

Neste tipo de configuração, a única fonte energética utilizada para o acionamento do veículo é a eletricidade e não há presença de um motor a combustão interna, fato que implica na não dependência da queima combustíveis fósseis para o acionamento e deslocamento veicular. (INEE, 2017).

Os veículos elétricos a bateria apresentam elevada eficiência energética, emissão nula de gases estufa e material particulado e são bastante silenciosos; correspondem, neste sentido, ao modelo de veículo elétrico energeticamente mais eficiente e ambientalmente mais sustentável disponível no mercado⁹.

Deve-se observar que, a despeito dos benefícios associados à utilização dos VEs, estes não correspondem exatamente à uma nova tecnologia; seu desenvolvimento e utilização remontam ao início da indústria automobilística - final do século XIX e início do XX -, período no qual disputaram espaço no mercado com outras formas de motorização veicular, como os veículos propulsionados por motores a vapor e os equipados com motores a combustão interna.

Conquanto, é interessante constatar que, após décadas de quase completo esquecimento, os veículos elétricos têm emergido novamente como uma das possíveis alternativas para o alcance de uma mobilidade sustentável e como uma importante tecnologia de apoio à mitigação das mudanças climáticas.

Ademais, outros fatores têm impulsionado a retomada dos VEs como uma importante opção tecnológica para a indústria automobilística global: os avanços tecnológicos e

⁸ Os veículos elétricos a bateria também podem ser descritos pela sigla "BEV" - battery electric vehicle.

⁹ Embora este estudo não avance neste debate, deve-se considerar que a matriz energética que alimentará os VE tem sido alvo de discussão. Se a matriz for considerada "suja" - com elevada participação de fontes não renováveis e intensivas em carbono - discute-se a real contribuição dos VEs para a qualidade do ar e a emissão de gases de efeito estufa.

redução dos custos de produção para sistemas e componentes veiculares – com destaque para as baterias automotivas -, a necessidade de ampliação da segurança energética e redução da dependência de combustíveis fósseis, os problemas relacionados à poluição e a saúde pública nos centros urbanos, as oportunidades econômicas relacionadas à expansão de um novo segmento industrial¹⁰ e o estabelecimento de conjunto diversificado de políticas públicas e instrumentos regulatórios de incentivo à eletromobilidade têm, progressivamente, ampliado a competitividade dos VEs frente aos veículos de motorização convencional.

Neste sentido, o mercado para esses veículos está, desde o ano de 2010, em expansão, especialmente em países que criaram mecanismos jurídicos e institucionais para apoiar a difusão da mobilidade elétrica. O estoque mundial de VEs ultrapassou, em 2016, a marca de dois milhões de unidades em circulação e em países como Noruega e Holanda, o *market share* dos VEs junto à frota automotiva atingiu, respectivamente, 29% e 6% para o mesmo ano. Ademais, os VEs têm ganhado espaço em grandes mercados, como o Japão, os EUA e, mais especialmente, a China - maior mercado mundial de veículos elétricos (IEA, 2016; IEA, 2017a).

No âmbito dessa aceção, diversas projeções (BNEF 2016; BNEF 2017) indicam que em poucas décadas será possível que os veículos elétricos apresentem custos de aquisição e rodagem equivalentes ou até mesmo inferiores aos veículos propulsionados por motores a combustão interna e possam corresponder, até 2040, por mais da metade das vendas globais de veículos e por cerca de 1/3 da frota automotiva.

Porém, a despeito de sinais positivos em relação ao crescimento do mercado, os VEs ainda enfrentam entraves e barreiras significativas que dificultam sua popularização e impedem uma difusão mais rápida no mercado global. Entre os principais empecilhos, pode-se destacar os elevados custo de aquisição, a autonomia de rodagem ainda restrita, o elevado tempo de recarga, a insuficiência de infraestrutura de recarga (eletropostos), a ausência de uma rota tecnológica bem definida para os veículos e componentes, a aceitação limitada dos consumidores em relação à tecnologia, além de outros fatores (VAN ESSEN e KAMPMAN, 2011; BARASSA, 2015; NAVA, 2017).

¹⁰Além desse fator, deve-se observar que muitas empresas procuram alocar investimentos nos veículos elétricos e tecnologias associadas como estratégia de manutenção de sua posição no âmbito da cadeia produtiva automobilística, uma vez que mudanças significativas na base tecnológica dos sistemas de propulsão veicular poderiam representar um risco para atores consolidados e com elevado acúmulo de competências em tecnologias vinculadas aos motores a combustão interna.

Neste sentido, a participação do Estado como agente promotor de políticas públicas de apoio à eletromobilidade tem se mostrado um elemento de importância central para avanços tecnológicos neste campo e para o desenvolvimento de mercado em todos os países que apresentam algum destaque neste tema (LEVE, 2017; IEA, 2017a).

Diante desses fatos, pode-se apresentar alguns questionamentos que compõe parte importante das análises empreendidas nesta monografia, a saber: *quais foram os principais fatores que condicionaram a proposição de políticas de estímulo à eletromobilidade a nível global, a partir da década de 1970? Esses fatores ainda se mostram relevantes? Quais são as motivações que atualmente impulsionam as políticas em prol dos veículos elétricos nos principais mercados (países) para esse segmento veicular? Quais as principais intenções e objetivos de cada um desses países com a difusão dos veículos elétricos?*

Esta monografia se propõe a explorar e discorrer sobre essas questões, tal como investigar o contexto de surgimento dos veículos elétricos e analisar o quadro geral da eletromobilidade em nove países selecionados, sendo esses Reino Unido, Noruega, Alemanha, França, EUA, Coréia do Sul, China, Japão e Brasil, além da União Europeia - analisada de maneira geral.

No âmbito da verificação por países, esse estudo tencionou também descrever e analisar informações referentes ao tamanho do mercado, composição da frota - distribuição entre modelos VEP e VEHP -, os principais fatores de condicionamento de instrumentos de estímulo ao segmento e algumas das principais políticas implementadas em prol da difusão dos veículos elétricos, assim como os fatores que explicam a efetivação dos VEs como uma realidade em alguns países, mas não em outros.

Para a seleção dos países supracitados, levou-se em consideração um amplo conjunto de fatores que permitiram o estabelecimento destes como mercados de elevada inserção de veículos elétricos e/ou elevado potencial de expansão para este segmento veicular. Entre as principais variáveis analisadas, destacam-se o tamanho do mercado automotivo, a participação e destaque na indústria automobilística global, o tamanho e crescimento registrado na frota de veículos elétricos, a produção de componentes e veículos elétricos, a existência e atuação de empresas constituintes da cadeia de valor de veículos elétricos, a participação e relevância no âmbito da produção de ciência e tecnologia

(C&T) e nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no segmento, implementação de infraestrutura de carregamento (eletropostos), entre outros fatores.

Para além dos países selecionados, ressalta-se que o Brasil - a despeito de não corresponder a um mercado significativo para os VEs e não apresentar destaque nas dimensões anteriormente apontadas - também foi selecionado para ser alvo de investigação e estudo nesta monografia.

Os dados utilizados para a seleção foram coletados e analisados a partir de um amplo referencial teórico, entre os quais se destacam os relatórios publicados pela *Internacional Energy Agency* (IA-HEV, 2011; IEA, 2015; 2016; 2017) os trabalhos desenvolvidos no âmbito de projetos de pesquisa pelo Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico - LEVE/DPCT - (LEVE, 2017), bancos de dados de agências e associações vinculadas ao setor automotivo de diversos países (AAPC, 2017; ACEA, 2017; ANFAVEA, 2017, 2016; CAAM, 2018; EAFO, 2017; GTAI, 2017; JAMA, 2017; KAMA, 2017; OICA, 2017; SMMT, 2017), além de relatórios governamentais, artigos científicos e informações compiladas na iniciação científica "Políticas públicas e incentivos governamentais para o estímulo ao veículo elétrico: as experiências do Reino Unido e Coréia do Sul", elaborada pelo autor desta monografia.

Esta monografia apresenta-se dividida em 4 capítulos, além da introdução, das considerações finais e das referências. A ordem dos capítulos apresenta a evolução cronológica dos veículos elétricos na qualidade de sistema sociotécnico, contemplando seu contexto de surgimento, declínio no mercado automobilístico, o processo de retomada - a partir da década de 1970 - e o atual panorama global da mobilidade elétrica.

O primeiro capítulo, intitulado "**O surgimento do veículo elétrico e a competição entre os diferentes sistemas de propulsão veicular**", busca discutir o contexto de surgimento do veículo elétrico nos primórdios da indústria automobilística, assim como o ambiente de competição travada entre as diferentes formas de propulsão veicular mais difundidas entre o final do século XIX e início do século XX, sendo essas: o motor elétrico, o motor a vapor e o motor a combustão interna. Também tenciona explorar e descrever alguns dos principais fatores responsáveis pelo declínio da produção e consumo dos veículos elétricos, a partir da década de 1910, e os motivos da

consolidação do motor a combustão interna como paradigma tecnológico da indústria automobilística.

O segundo capítulo, nomeado "**Os principais fatores responsáveis pela retomada dos veículos elétricos**", explora o contexto de retomada dos veículos elétricos como uma das possíveis alternativas aos sistemas de propulsão convencionais, baseados em motores a combustão interna e em combustíveis fósseis, focalizando a análise nos fatores e motivos que impulsionaram o Estado e atores do setor produtivo a retomarem o interesse em veículos tracionados por motores elétricos - alimentados por baterias - a partir da década de 1970.

O terceiro capítulo, denominado "**O quadro global da eletromobilidade: mercado, desafios e perspectivas futuras**" descreve o atual panorama da eletromobilidade a nível global, expondo dados relativos à configuração de mercado, assim como alguns dos principais fatores que têm possibilitado uma maior inserção dos veículos elétricos junto à frota automotiva em diversos países. Também explora as perspectivas de crescimento na produção e consumo para as próximas décadas, pontua alguns dos principais entraves para uma maior popularização destes veículos e explora alguns dos principais impactos econômicos e sociais correlacionados à expansão da eletrificação dos sistemas de propulsão veicular.

Já o quarto capítulo, intitulado "**Políticas para a promoção dos VE - análise por países**", busca descrever e analisar os principais fatores que impulsionam, condicionam e modelam a proposição de políticas públicas e a estruturação de instrumentos de estímulo para os veículos elétricos em um conjunto de nove países selecionados, que possuem destaque nesta temática¹¹ - além da União Europeia. Ademais, o capítulo tenciona mapear e descrever algumas das principais políticas implementadas e dados específicos referentes ao tamanho e composição de mercado para os veículos elétricos em cada um dos países analisados.

¹¹ Tal como referido anteriormente, são esses: Reino Unido, Noruega, Alemanha, França, EUA, Coreia do Sul, China e Japão. Além desses o Brasil, a despeito de não possuir protagonismo no tema, também foi escolhido para fins desse estudo.

Capítulo 1 - O surgimento do veículo elétrico e a competição entre os diferentes sistemas de propulsão veicular

O automóvel é um dos grandes símbolos da Segunda Revolução Industrial e uma invenção de suma importância, que impactou de maneira decisiva a economia e a sociedade, a partir, principalmente, do século XX. A introdução do automóvel modificou completamente a noção de tempo, as possibilidades de uso e ocupação do espaço geográfico, o ritmo da vida e a velocidades e possibilidades de deslocamento, sendo um exemplo importante de desenvolvimento técnico que modificou e estabeleceu novas necessidades sociais (SCHOR, 1999).

A despeito da importância do automóvel e do impacto causado por sua introdução, pode-se dizer que não existe consenso em relação ao ano de produção do primeiro veículo automotor, sendo os primeiros modelos derivados de diversas modificações e adaptações tecnológicas em modelos mais simples, desenvolvidos a partir do século XVIII, tal como o triciclo a vapor Fardier, projetado e construído pelo engenheiro militar francês Joseph Cugnot, ainda na década de 1770 (MARTINS, 2015).

A despeito do impasse em relação ao ano de surgimento do primeiro veículo automotor, um dos grandes marcos nessa questão pode ser atribuído ao engenheiro alemão Karl Benz, que desenvolveu, entre os anos de 1885 e 1886, o primeiro veículo baseado em um motor a combustão interna e movido a gasolina, conhecido como Benz Patent-Motorwagen (DAIMLER, 2017; BARASSA, 2015).

O período compreendido entre as décadas finais do século XIX e a primeira década do século XX corresponde ao momento no qual a indústria automobilística estava em desenvolvimento, não havendo ainda produção expressiva de modelos de veículos de maneira padronizada e sistemática. Ademais, a quantidade de automóveis produzidos era bastante limitada, o tempo de produção elevado e os preços de comercialização bastante altos para os padrões da época.

Segundo Camargo (2006), os anos iniciais de formação da indústria automobilística correspondem às décadas finais do século XIX até o ano de 1907, período no qual a modalidade de produção era predominantemente artesanal, realizada em baixa escala, com baixos volumes e com os próprios compradores, frequentemente, estabelecendo as especificações dos veículos aos produtores.

Neste período, os veículos estavam em processo de desenvolvimento e ainda não havia uma convergência em relação a diversas tecnologias do produto, como o estabelecimento do design dominante, a concepção técnica do motor frontal e a própria força motriz a ser utilizada para a o processo de propulsão veicular (CAMARGO, 2006).

Durante esse período, os veículos automotores estavam emergindo como uma importante opção tecnológica em relação aos meios de transporte individuais existentes, os quais baseavam-se, fundamentalmente, na tração animal - especialmente com a utilização de cavalos - e sua introdução representava o início de uma revolução no padrão de mobilidade até então estabelecido.

Neste contexto de uma nascente indústria automobilística, as opções relacionadas aos tipos de tecnologia de propulsão veicular disponíveis eram mais amplos do que na atualidade, uma vez que os veículos baseados em conversores eletromecânicos de energia (os veículos elétricos), a vapor e os equipados com motores a combustão interna disputavam o mercado e competiam em condições de relativa igualdade (BARASSA e CONSONI, 2015; MARTINS, 2015).

Mais especificamente ao que tange os veículos elétricos, pode-se considerar que seu desenvolvimento esteve, desde o início, amplamente vinculado à evolução dos sistemas de armazenamento de energia - ou seja, os acumuladores e as baterias.

Os primeiros modelos experimentais de veículos elétricos leves foram desenvolvidos em meados da década de 1830, com o desenvolvimento ocorrendo de maneira relativamente simultânea nos EUA, Reino Unido e na Holanda (HOYER, 2008). Nos anos e décadas seguintes, as tecnologias vinculadas às baterias apresentaram evolução significativa e permitiram, nas últimas décadas do século XIX - no período inicial da indústria automobilística - a projeção dos sistemas de propulsão elétricos como uma das principais opções tecnológicas disponíveis.

Neste contexto, o período que compreende o final do século XIX e o início do século XX, pode ser considerado como a "época de ouro" dos veículos elétricos (HOYER, 2008), uma vez que os veículos alimentados por baterias eram bastante populares e disputavam com competitividade considerável posição de liderança no mercado ante os veículos propulsionados por motores a combustão interna e a vapor.

Para ter uma ideia da composição do mercado, em 1899, 1575 veículos elétricos, 1681 veículos a vapor e 936 veículos movidos a gasolina foram vendidos nos EUA, configurando, na época, um predomínio do vapor e da eletricidade como principais formas de propulsão veicular (COWAN e HULTÉN, 1996).

Embora os veículos elétricos tenham ocupado uma posição de destaque no início da indústria automobilística, a partir de certo ponto eles perderam destaque; no mercado americano - grande palco da competição travada entre os diferentes sistemas de propulsão veicular - o pico de vendas foi atingido em 1912, quando cerca de 6 mil unidades foram vendidas¹² (ING, 2017).

Baran e Legey (2011) destacam que a decadência dos veículos elétricos nas primeiras décadas do século XX esteve associada a um amplo conjunto de fatores, entre os quais pode-se destacar: (1) - a inexistência de uma rede elétrica bem estruturada e difundida nos EUA, fato que criava dificuldades no estabelecimento de uma rede de recarga geograficamente bem distribuída e que permitisse o deslocamento a grandes distâncias; (2) - durante décadas de 1910 e 1920, houve expansão das rodovias nos EUA e os veículos dotados de motores a combustão interna - que possuíam maior autonomia de rodagem - se mostraram os mais aptos para percorrerem maiores distâncias; (3) - a rede de postos de combustível evoluiu de maneira rápida, devido a facilidade de deslocamento e comercialização da gasolina; (4) - o desenvolvimento da partida elétrica nos veículos movidos a gasolina eliminou a necessidade de uso de manivela; (5) - a descoberta de novas jazidas de petróleo no Texas e as políticas praticadas pelas grandes petrolíferas tornaram a gasolina bastante atrativa para o segmento dos transportes.

Cowan e Hultén (1996) enfatizaram mais diretamente o papel que os avanços tecnológicos desempenharam nesse processo. Entre o final do século XIX e o início do século XX, as tecnologias de bateria evoluíram a uma velocidade menor que a esperada e, por esse motivo, na década de 1910, os VEs apresentavam performance pouco competitiva em relação aos veículos movidos a gasolina, especialmente devido aos avanços tecnológicos observados nos motores a combustão interna no mesmo período.

¹² Entretanto, no mesmo ano, cerca de 80 mil veículos Ford Modelo T, equipados com motor a combustão interna, foram comercializados nos Estados Unidos.

Pode-se destacar, também, que a produção de veículos em massa implementada pela Ford foi outro fator decisivo, pois reduziu significativamente, através da economia de escala e da integração vertical, o preço médio dos veículos baseados em motores a combustão interna, tornando-os muito mais competitivos.¹³

O sistema fordista de produção, baseado na linha de montagem e nas inovações de processo de produção, possibilitaram, também, a produção em larga escala e seriada de veículos, a ampliação da qualidade dos produtos, a redução do tempo de produção, o aumento da produtividade dos trabalhadores e a elevação real dos salários, criando as condições para o estabelecimento de um padrão de consumo de massa nos EUA e em outros países (WOOD JR, 1992).

O fordismo - que pode ser descrito, também, como um conjunto de princípios organizacionais e tecnológicos característicos da moderna fábrica de larga escala de produção (SABEL, 1983) -, além de impactar de maneira decisiva a indústria automobilística, moldou a expansão industrial americana e foi uma das chaves do sucesso econômico apresentado pelos EUA durante parte significativa do século XX¹⁴ (MORAES NETO, 1998).

Como resultado deste amplo conjunto de variáveis - muitas das quais transcendem a esfera da tecnologia - a competitividade dos veículos baseados no motor a combustão interna aumentou rapidamente, tornando os outros modelos de veículos – movidos com motor a vapor e à eletricidade – menos atraentes aos consumidores¹⁵ e menos propensos a receber atenção e investimentos em P&D por parte das empresas que integravam a indústria automobilística (MARTINS, 2015).

Ademais, deve-se ressaltar também que no início do século XX problemas ambientais relacionados à emissão de poluentes não eram alvo de debates e discussões e, portanto, não existiam elementos suficientemente fortes para justificar a produção e o consumo dos veículos elétricos: o principal problema ambiental nos centros urbanos estava ligado

¹³ O preço de um Ford Modelo T em 1908 era de \$850 ao passo que, em 1916, era cerca de \$360 (BARASSA, 2015).

¹⁴ Não apenas dos EUA, uma vez que muitos princípios do sistema fordista de produção foram incorporados por diversas empresas e economias nacionais, especialmente no Ocidente, até, principalmente, a década de 1970.

¹⁵ A título de comparação, em 1912, no mercado americano, um veículo movido a gasolina apresentava um custo médio de 650 dólares, ao passo que um veículo elétrico apresentava um preço médio de 1750 dólares (ING, 2017).

ao acúmulo de dejetos de animais utilizados para tracionar as carroças¹⁶ e o aquecimento global, assim como a poluição nos centros urbanos, não eram pauta ou preocupação da comunidade científica (MARTINS, 2015). Além disso, no âmbito das questões econômicas, não existia a necessidade de redução do consumo de petróleo, uma vez que os preços no mercado internacional eram bastante baixos (HEJNY e NIELSEN, 2013).

Este conjunto de fatores permitiu a consolidação do motor a combustão interna como paradigma tecnológico da indústria automobilística, a formação de um *path dependence* (COWAN e HULTÉN, 1996) e uma ampla expansão de mercado para veículos baseados nessa tecnologia, tal como a estruturação de um *lock-in* tecnológico e institucional, fortemente apoiado em sistemas de energia dependentes de carbono (UNRUH, 2000; FOXON, 2002).

Dentro deste contexto, houve a derrocada dos veículos elétricos - e também dos veículos propulsionados por motores a vapor - que, a despeito de alguns usos pontuais e períodos específicos de maior produção e utilização¹⁷, foram praticamente abandonados como uma opção tecnológica viável até, pelo menos, a década de 1970.

¹⁶ Devido a esse fato, a introdução dos veículos baseados no MCI foi, na época, considerada um grande alívio ambiental.

¹⁷ Houve ampliação da produção de veículos elétricos em dois momentos distintos entre o período que compreende as décadas de 1910 e 1970, sendo estes correspondentes a ocorrência da Primeira e da Segunda Guerra mundial (1914-1919 e 1939-1945), além do pós-Segunda Guerra no Japão, devido ao racionamento de petróleo no país.

Capítulo 2 - Os principais fatores responsáveis pela a retomada do interesse nos veículos elétricos

A partir da década de 1970, os sistemas de propulsão elétricos, após décadas de quase completo esquecimento, voltaram a ser considerados como uma alternativa tecnológica possível para os veículos automotores. Esse processo não ocorreu de maneira espontânea no âmbito da indústria automobilística; foi impulsionado por uma série de condicionantes na esfera internacional e, mais diretamente, pela criação e direcionamento de um conjunto amplo de políticas e instrumentos de estímulo ao desenvolvimento dessas tecnologias por parte do Estado.

Os principais condicionantes para a retomada dos veículos elétricos surgiram a partir da constatação de que a ampla difusão de veículos movidos a motores a combustão interna poderia causar impactos negativos para o meio ambiente, para a saúde pública nos centros urbanos e para a economia de forma geral, em função das emissões de gases estufa e material particulado e pela elevada dependência do petróleo como principal fonte energética utilizada no sistema de transporte.

Dentro desta perspectiva, o veículo elétrico se insere como uma das possíveis soluções tecnológicas para os problemas supracitados, dado que estes são causados por sistemas sociotécnicos intensivos em carbono, entre os quais destacam-se os veículos propulsionados por motores a combustão interna.

Neste sentido, esse capítulo busca explorar e analisar os principais fatores responsáveis pela retomada do interesse nos veículos elétricos, utilizando, para tanto, três eixos temáticos analíticos principais, sendo esses: (1) a expansão da agenda ambiental; (2) os problemas vinculados à saúde pública; (3) a elevada dependência de petróleo no setor de transporte e o aumento dos preços no mercado internacional. Esses fatores serão melhor discutidos na sequência.

2.1 - A expansão da agenda ambiental

Neste contexto de maior preocupação com o meio ambiente, a agenda ambiental, que desde os anos 1960 vem ganhando um espaço cada vez maior nos debates

internacionais, passou a assumir um papel de maior destaque, tornando-se, cada vez mais, um elemento importante no direcionamento de políticas em diversas esferas.

Tal como destaca Sobrinho (2008), a correlação entre desenvolvimento socioeconômico e meio ambiente foi colocada em destaque pela primeira vez a nível global na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em 1972. A Conferência de Estocolmo, como também ficou conhecida, foi a primeira grande conferência das Nações Unidas a abordar questões ambientais e é também considerada um marco em termos de orientação de políticas ambientais a nível internacional.

No mesmo ano, membros do Clube de Roma publicaram um estudo intitulado "Os Limites do Crescimento", estabelecendo uma correlação entre o crescimento populacional mundial e o consumo de recursos naturais, alertando para os riscos de degradação ambiental e exaustão das reservas conhecidas, caso ações coordenadas em prol do meio ambiente não fossem implementadas.

Foi no bojo da Conferência de Estocolmo e das teses propagadas pelo Clube de Roma¹⁸ que a estruturação de uma nova proposta de modelo de desenvolvimento foi ganhando forma, a partir da concepção de que o desenvolvimento socioeconômico deveria ocorrer de maneira conjunta e correlata à preservação do meio ambiente e dos recursos ambientais (SOBRINHO, 2008).

Alguns anos depois, em 1983, a Assembleia Geral das Nações Unidas deliberou a criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD), com o objetivo de coordenar os esforços internacionais e orientar políticas relacionadas ao tema. O conjunto de proposições e ideias em discussão culminaram, em 1987, na formulação do Relatório Brundtland, também chamado de "Nosso Futuro Comum", o qual teve grande importância na proposição e na difusão à nível global do conceito de "desenvolvimento sustentável".

De acordo com este relatório, o desenvolvimento sustentável pode ser entendido como "aquele que atende as necessidades do presente, sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades" (BARBOSA, 2008). De

¹⁸ Ainda que os estudos desenvolvidos pelo grupo do MIT sob encomenda do Clube de Roma tivessem sido bastante questionados, principalmente quanto ao colapso nos fatores que afetam o crescimento das nações, seus resultados acabaram sendo bastante divulgados e provocaram forte impacto em vários países, alertando para a importância de preservar os recursos naturais e a capacidade de resiliência dos ecossistemas.

maneira um pouco mais ampla, tal como observam Carvalho et. al. (2015), pode-se considerar que o desenvolvimento sustentável objetiva, entre outros elementos, a satisfação das necessidades básicas da população no presente, a preservação dos recursos naturais e a solidariedade e preocupação com as gerações futuras.

O conceito de desenvolvimento sustentável apresenta grande relevância, pois, nas décadas seguintes, passou cada vez mais a constituir um elemento norteador e direcionador de um amplo conjunto de políticas em diversos países, das quais fazem parte, inclusive, diversas iniciativas de promoção à eletromobilidade.

Da década de 1980 em diante, pôde-se observar o adensamento das iniciativas globais estruturadas em torno de questões ambientais, o que reforça a ideia de crescimento dos esforços internacionais para o mapeamento, compreensão e atenuação de problemas observados nesse campo: em 1987, cerca de 150 países assinaram o Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Empobrecem a Camada de Ozônio, o qual visava a anular as emissões de diversos compostos químicos com capacidade de degradar o ozônio estratosférico e, em 1988, foi formado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) - entidade de grande reconhecimento internacional e responsável por sistematizar o conhecimento científico acerca do clima e das mudanças climáticas (LEITE, 2015).

A década de 1990 foi marcada por iniciativas mais contundentes em relação ao combate às mudanças climáticas. Em 1992 foi estabelecido, no âmbito da Rio-92, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima e, em 1997, foi assinado o Protocolo de Kyoto, o qual estabelecia metas de redução de emissão de gases estufa para um conjunto de países entre os anos 2008 e 2012.

Mais recentemente, na COP-21, realizada em 2015, os esforços internacionais para a mitigação das mudanças climáticas deram origem ao Tratado de Paris, o qual pode ser considerado o principal acordo internacional para o combate às mudanças climáticas e que tem o objetivo direcionar esforços para limitar o aumento da temperatura média da Terra em 2°C em relação aos níveis pré-industriais (IEA, 2016; IEA, 2017a).

Esse conjunto de medidas adotadas tiveram como principal objetivo a criação de mecanismos e iniciativas que visassem a redução das emissões de gases estufa, com

vistas a atenuar os problemas relacionados ao aquecimento global antropogênico e, de modo mais geral, às mudanças climáticas.

Dentro dessa perspectiva, a elevada dependência do petróleo como principal fonte energética do setor de transporte tem implicado no direcionamento de parte significativa dos esforços internacionais para esse setor. Os transportes correspondem por cerca de um quarto (23%) das emissões globais de gases do efeito estufa (GEE) e, neste sentido, reduções significativas na trajetória de emissões, necessárias para limitar o aumento da temperatura global em 2°C - tal como estabelecido no Acordo de Paris -, são improváveis de serem atingidas sem uma ampla contribuição deste setor (IEA, 2016).

Nesse contexto de adensamento das discussões e de ampliação das ações direcionadas à promoção de práticas ambientais sustentáveis, os veículos elétricos emergiram como uma das opções tecnológicas capazes de auxiliar o processo de descarbonização do sistema energético e a mitigação das mudanças climáticas devido, principalmente, à baixa ou nula emissão de poluentes atmosféricos.

2.2 - Os problemas vinculados à saúde pública

A maior percepção acerca dos problemas relacionados à saúde pública foi outro motivo importante para inserção dos veículos elétricos na pauta de possíveis ações em prol da sustentabilidade e da mitigação dos impactos ambientais.

A ampliação do processo de urbanização nos países desenvolvidos e o rápido crescimento econômico, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, foram fatores determinantes para a expansão da frota de veículos automotores, baseados no motor a combustão interna e em fontes energéticas de origem fóssil.

Nesse contexto, a partir principalmente da década de 1970, a opinião pública também começou a se atentar para o crescimento da poluição atmosférica nos centros urbanos, especialmente por se tratar de um período no qual o chumbo ainda era utilizado como aditivo na gasolina e os veículos não contavam com catalisadores, fatos esses que tornavam as emissões da frota automotiva uma das principais fontes da poluição atmosférica nas cidades (BARAN e LEGEY, 2011).

Embora a maior rigidez da ação regulatória dos Estados e importantes avanços na eficiência dos motores a combustão interna e em componentes relacionados ao sistema de exaustão tenham reduzido as emissões de gases tóxicos e material particulado - contaminantes químicos potencialmente nocivos à saúde humana, associados a uma ampla gama de doenças - a contribuição dos automóveis para a poluição atmosférica registrada nos centros urbanos ainda é significativa (IEA, 2016).

Em termos globais, o relatório "*State of Global Air 2017*", publicado pelo *Health Effects Institute* (2017), reportou que, apenas no ano de 2015, ocorreram cerca de 4,2 milhões de mortes associadas à poluição atmosférica, ao passo que o Banco Mundial relatou que a poluição do ar se tornou, em 2013, o quarto principal fator de risco para mortes prematuras no mundo (WORLD BANK, 2016).

No continente europeu, a *European Environmental Agency* (2016a) estimou que, em 2013, a exposição a materiais particulados finos tenha provocado a morte prematura de cerca de 467 mil pessoas; além disso, apenas no Reino Unido, cerca de 40 mil pessoas morrem anualmente de maneira prematura pelo mesmo motivo.

Neste sentido, os veículos elétricos passaram, cada vez mais, a constituir uma opção viável para a redução das emissões de contaminantes atmosféricos nos centros urbanos, podendo, deste modo, contribuir para a melhora da saúde pública e para a redução no número de mortes prematuras anualmente registradas.

2.3 - A elevada dependência de petróleo no setor de transporte e o aumento dos preços no mercado internacional

O crescimento econômico mundial ampliou drasticamente a demanda por energia. Ao mesmo tempo, o crescimento da frota de veículos automotores - tanto de veículos de passageiros, quanto de veículos comerciais - elevou a demanda por combustíveis fósseis, em especial o petróleo, principal fonte de energia dos meios de transporte (IEA, 2017b)

O crescimento da demanda por combustíveis fósseis se deu de maneira mais intensa em países industrializados e que apresentavam taxas elevadas de motorização. Um grande

exemplo são os EUA que, já na década de 1930, contavam com cerca de um carro para cada cinco habitantes (CFC, 2017).

Hejny e Nielsen (2003), demonstraram que, nos EUA, o petróleo correspondia, em 1900, por cerca de 4,8% da produção de energia e, em 1954, por cerca de 40%. Com o consumo apresentando taxas crescentes, os EUA ampliaram a importação de parte expressiva do petróleo consumido. Contudo, a crescente dependência de petróleo importado não acarretava preocupações significativas, devido aos baixos preços praticados no mercado internacional, até a década de 1960 (HEJNY e NIELSEN, 2003).

Porém, houve uma drástica alteração no cenário de preços do petróleo na década de 1970. Em 1973, a guerra de Yom Kippur, travada entre Israel e alguns países árabes na região do Oriente Médio, levou os países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), em retaliação ao apoio americano dado à Israel, a estabelecer um embargo a alguns países aliados do país judeu e, conseqüentemente, aumentar o preço do petróleo no mercado internacional. O preço do barril de petróleo, que em outubro de 1973 estava no patamar de 2,99 dólares foi elevado, em dezembro do mesmo ano, para 11,65 dólares, devido às políticas praticadas pela OPEP (SOUZA, 2006).

Nos anos após o primeiro choque do petróleo, os preços do barril continuaram em trajetória ligeiramente ascendente, atingindo em dezembro de 1976 o valor de 12,7 dólares e, em 1978, 13,54 dólares. Entretanto, a Revolução Islâmica ocorrida no Irã, em 1979, ocasionou redução na oferta de petróleo e desestabilizou os mercados, elevando os preços do barril do petróleo para 30 dólares em agosto de 1980 (SOUZA, 2006).

A rápida elevação dos preços gerou conseqüências econômicas severas para diversos países; tal como demonstram Setser e Roubini (2004), os choques do petróleo tiveram amplo impacto na estagnação do crescimento econômico mundial - causando, inclusive, recessão em vários países - e ocasionaram inflação, escassez de diversos produtos e desequilíbrios na balança comercial de países importadores de petróleo.

Neste sentido, os choques do petróleo ampliaram a percepção de que a dependência dos meios de transporte ao petróleo é um foco de vulnerabilidade para as economias nacionais de países importadores e criou condições para que diversos países incorporassem, cada vez mais, a ideia de estabelecimento da segurança energética como

elemento prioritário no âmbito de suas políticas energéticas (CASTRO e FERREIRA, 2010).

Além disso, os choques do petróleo também tiveram grande impacto sobre o direcionamento de esforços para o desenvolvimento de sistemas tecnológicos energeticamente mais eficientes e menos dependentes de combustíveis fósseis, sendo este o cenário no qual os veículos elétricos emergiram como uma alternativa interessante frente aos veículos propulsionados por motores a combustão interna.

Transpondo essa discussão para um contexto mais atual, pode-se observar que o crescimento acelerado dos países emergentes, particularmente a partir dos anos 2000, é mais um fator importante de pressão sobre a demanda e, conseqüentemente, sobre os custos e possibilidade de acesso a inúmeros recursos naturais e energéticos, entre eles os combustíveis fósseis.

Diversas projeções apontam para um amplo crescimento do consumo de energia e na demanda por recursos energéticos para as próximas décadas, em função, principalmente, do crescimento econômico, da ampliação da renda e da expansão da infraestrutura nos países emergentes, em especial no continente asiático e, mais particularmente ainda, na Índia e na China (MARTÍN-MORENO, 2014; SIMS et. al., 2014).

Ademais, a despeito da progressiva incorporação de fontes renováveis e de energias alternativas nas matrizes energéticas de parte significativa dos países do mundo, a ampliação do consumo energético deve manter, nas próximas décadas, um crescimento constante na demanda por combustíveis fósseis, incluindo o petróleo (IEA, 2017b). Neste sentido, a contribuição dos veículos elétricos para a redução da vulnerabilidade de economias nacionais em relação à dependência de combustíveis de origem fóssil permanece uma questão de grande relevância - especialmente para países com pequenas reservas ou que importem grandes quantidades de recursos energéticos.

Capítulo 3 – O quadro global da eletromobilidade: expansão do mercado, desafios e perspectivas futuras

Tendo em vista a trajetória percorrida pelos veículos elétricos – surgimento entre o fim do século XIX e início do XX, quase desaparecimento e retomada, a partir dos anos 1970 -, este capítulo se propõe a analisar e discutir algumas questões que se mostram pertinentes no atual cenário que engloba os VEs, tais como: *Qual o tamanho e a composição do mercado global dos VEs? Quais são os principais entraves e barreiras que dificultam a popularização deste segmento veicular? Quais as perspectivas de crescimento para este mercado para os próximos anos? Quais são os principais impactos sociais e econômicos esperados com a expansão das vendas e da frota de veículos elétricos?*

Neste sentido, esse capítulo procura, além de mapear e descrever o mercado global dos veículos elétricos e averiguar algumas das perspectivas de expansão para

as próximas décadas, pontuar e analisar algumas das principais implicações sociais e econômicas identificadas com uma possível expansão do mercado para este segmento veicular - particularmente para países que apresentam grande participação na indústria automobilística tradicional, baseada em veículos equipados com motores a combustão interna.

O mercado de veículos elétricos, desde 2010, vem apresentando uma rápida e constante expansão, especialmente em países que despenderam esforços na estruturação de mecanismos jurídicos e institucionais para incentivar a eletromobilidade.

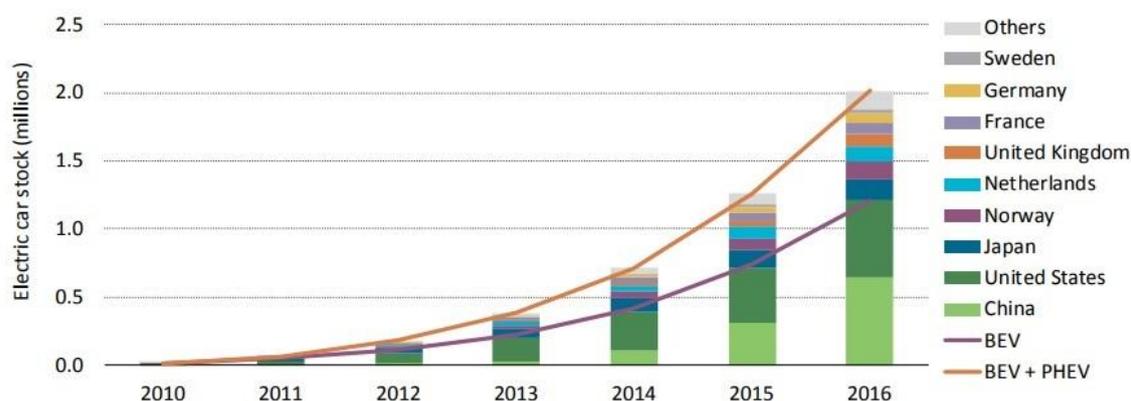
As vendas globais têm apresentado crescimento constante, ocasionando uma expansão considerável do estoque mundial de veículos elétricos: em 2010, as vendas acumuladas somavam cerca de 10 mil unidades, principalmente centradas nos EUA, Japão e em alguns países europeus. Já, em 2013, as vendas atingiram cerca de 210 mil unidades acumuladas (BARASSA, 2015).

De 2014 para 2015, o registro de novos veículos cresceu 70%, sendo cerca de 550 mil as unidades vendidas no mercado mundial em 2015, ano no qual, pela primeira vez, o estoque mundial ultrapassou a marca de 1 milhão de unidades em circulação (IEA,2016). Já em 2016, as vendas globais atingiram um novo recorde, com cerca de

750 mil veículos elétricos vendidos. Neste mesmo ano, o estoque global ultrapassou a marca das mais de 2 milhões de unidades (IEA, 2017a).

Neste contexto, observa-se que, a despeito dos níveis distintos de penetração no mercado atingido pelos diferentes modelos de veículos elétricos (a bateria e híbrido plug-in) em diferentes países - vinculados, principalmente, à existência de mecanismos diferenciados de incentivo à eletromobilidade - houve, nos últimos anos, um crescimento expressivo no estoque de veículos elétricos em todos os países que apresentam mercado minimamente significativo.

Figura 1 - Evolução do estoque de veículos elétricos (BEV + PHEV) no mundo (2010 - 2016).



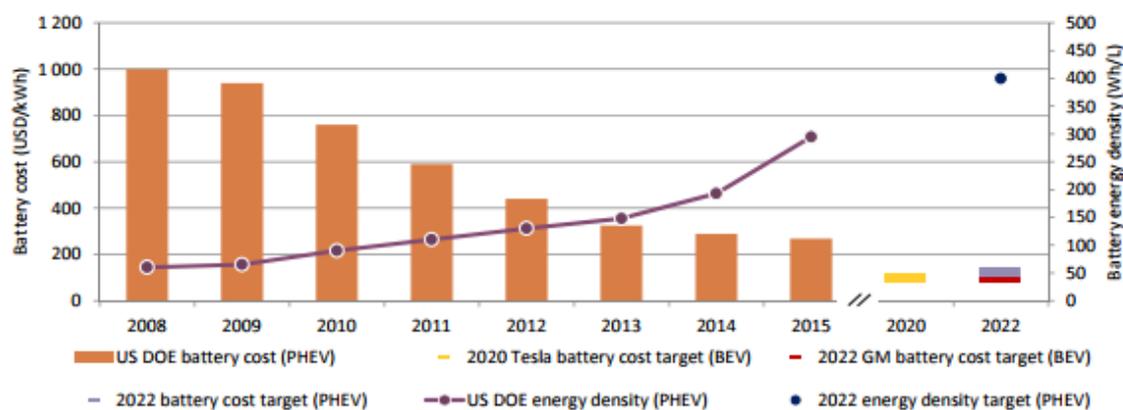
Fonte: IEA (2017a).

Além disso, pode-se observar que diversos atores da cadeia de valor dos VEs têm despendido esforços no aprimoramento de suas competências em tecnologias-chave para a viabilização deste segmento veicular; o número de famílias de patentes publicadas relacionadas aos VEs, por exemplo, tem aumentando rapidamente e de maneira constante, desde a década de 1990, principalmente a partir da segunda metade dos anos 2000 (BARASSA, 2015; LEVE, 2017).

Este processo pode ser observado com mais clareza no campo das tecnologias vinculadas a baterias, o componente mais importante e principal responsável pela determinação do preço final dos VEs. De acordo com dados da *Internacional Energy Agency* (2016), o custo médio das baterias de lítio-íon apresentou queda de cerca de quatro vezes nos últimos anos, passando de um patamar de \$1000/KWh em 2008, para

\$268/KWh em 2015. Além disso, projeções de importantes players do mercado automotivo indicam trajetórias de preços decrescentes para os próximos anos; em 2016, a General Motors reportou que o custo das baterias para o modelo Bolt atingiu \$145/kwh e prevê alcançar, no ano de 2022, um patamar de \$100/kwh. Já a Tesla Motors pretende atingir um patamar de custo inferior aos \$100/kwh, ainda em 2020 (IEA, 2016).

Figura 2 - Evolução da densidade energética e custos das baterias automotivas.



Fonte: IEA (2016).

O aumento da escala de produção e do direcionamento de recursos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) fornecem sinais encorajadores de que os custos de baterias devem continuar a declinar ao passo que a performance - particularmente a densidade energética - deve continuar a apresentar melhoras nos próximos anos, ampliando, desta forma, a competitividade dos VEs frente aos veículos baseados em motores a combustão interna (IEA, 2017a).

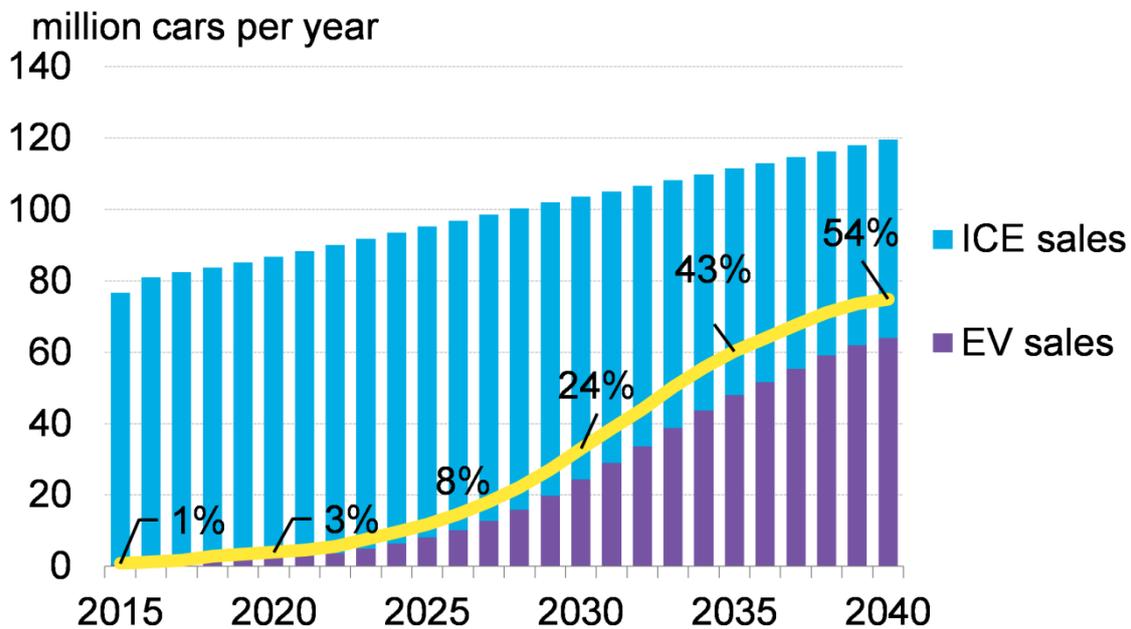
De uma maneira mais geral, observa-se que, além das baterias, outros sistemas e componentes que integram os veículos elétricos também têm recebido recursos para P&D e apresentado melhorias significativas, fato que pode ser observado pelo crescimento significativo no número de famílias de patentes registradas nos últimos anos que se associam aos veículos elétricos (LEVE, 2017).

Em 2016, a *Bloomberg New Energy Finance* reportou que, em meados da década de 2020, os custos de aquisição de veículos elétricos - considerando o preço de compra e os custos de operação - serão menores que os de veículos convencionais na maioria dos

países, mesmo com a redução dos subsídios e o contínuo aprimoramento da eficiência dos motores a combustão interna - mensurada em quilômetros rodados por litro de combustível - em 3.5% ao ano (BNEF, 2016).

Neste cenário, principalmente devido aos menores custos de produção, a empresa estima que, em 2040, os veículos elétricos de passageiros corresponderão a 54% das vendas no mercado global e apresentarão um *market share* de 33% em relação à frota automotiva mundial (BNEF, 2017).

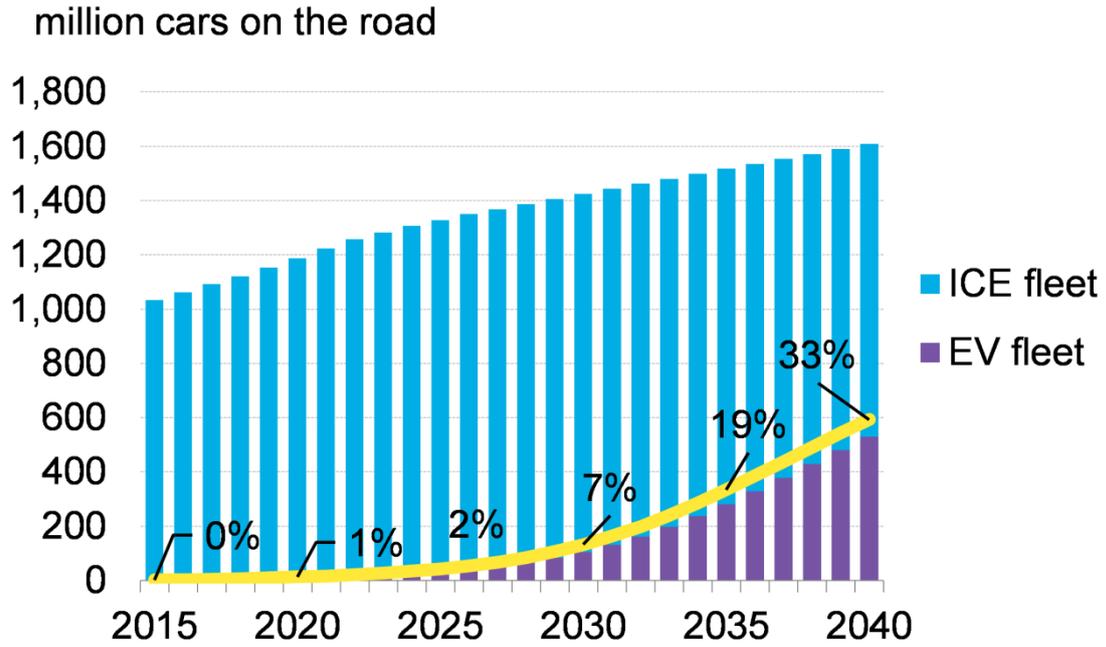
Figura 3 - Projeção de vendas globais de veículos convencionais (MCI) e elétricos (VE).



Fonte: *Bloomberg New Energy Finance* (2017).

* ICE - internal combustion engine (motor a combustão interna) e EV electric vehicle (veículo elétrico).

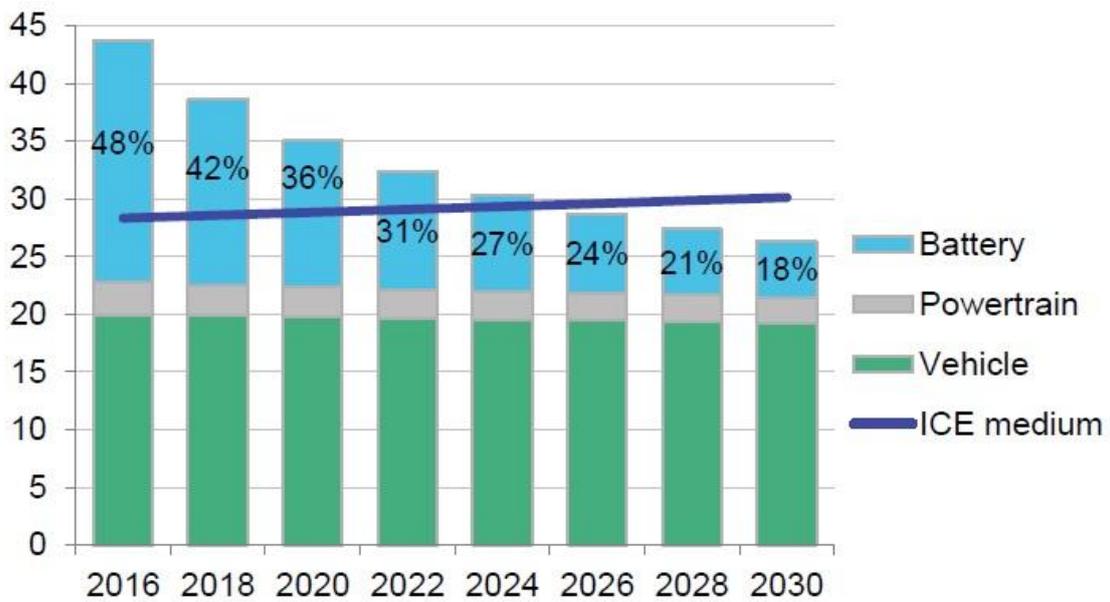
Figura 4 - Projeção da participação de veículos elétricos (VE) e convencionais (MCI) na composição da frota automotiva mundial.



Fonte: Bloomberg New Energy Finance (2017).

* ICE - internal combustion engine (motor a combustão interna) e EV - electric vehicle (veículo elétrico).

Figura 5 - Preços médios dos veículos elétricos (VE) e convencionais (MCI) nos EUA para o segmento médio, 2016 - 2030 (em milhares de dólares).



Fonte: CURRY (2017).

Em algumas regiões, a expansão de mercado para os veículos elétricos pode se dar de maneira ainda mais rápida: um relatório divulgado em 2017 pelo banco holandês *ING Wholesale Banking*, prevê que, a partir de 2035, a quase totalidade das vendas de automóveis de passageiros na Europa Ocidental será de veículos elétricos devido, principalmente, ao declínio acentuado dos custos de produção das baterias automotivas (ING, 2017).

Outro elemento que ilustra de maneira clara as expectativas em relação a expansão de mercado dos VEs é a Declaração de Paris sobre Eletromobilidade e Mudança do Clima, anunciada na COP21, em 2015, que estabelece como meta atingir 100 milhões de veículos e 400 milhões de motocicletas elétricas em circulação até 2030, com o objetivo de reduzir as emissões de gases estufa (IEA, 2016).

Os aprimoramentos tecnológicos e a redução dos custos de produção de importantes componentes para VEs corroboram as observações de Rezende et. al (2010) e Barassa (2015) de que a eletrificação veicular é uma tendência e que a indústria automobilística global está passando por um processo de reestruturação, o qual deverá contemplar o uso de tecnologias alternativas com o propósito principal de aumentar a eficiência energética e reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

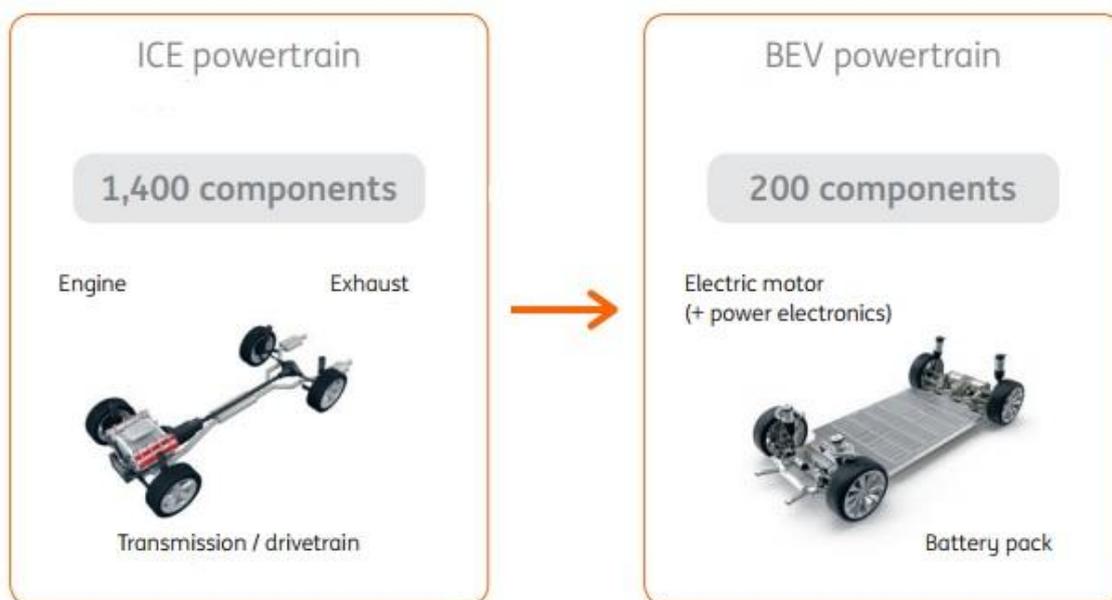
Entretanto, também deve-se considerar que, embora as projeções de crescimento do mercado de VEs apontem para a estruturação de um quadro ambiental potencialmente positivo - em especial no que se refere à consecução de um sistema de transporte mais limpo e sustentável -, existem diversas incertezas e problemas potenciais correlacionados ao processo de expansão deste mercado.

A título de exemplo, pode-se observar que o desenvolvimento do mercado e de tecnologias associadas aos VEs tem sido analisado com cuidado por atores bem consolidados na cadeia produtiva automobilística, uma vez que mudanças introduzidas pela expansão da eletrificação veicular podem acarretar impactos significativos na atual estrutura da cadeia de valor, deslocando atores estabelecidos e abrindo espaço para novos entrantes.

Os sistemas de *powertrain*, por exemplo, - que correspondem por cerca de 1/3 do valor gerado na cadeia produtiva de automóveis - deverão ser um dos sistemas mais afetados

pela tendência de eletrificação, visto que são significativamente mais simples em veículos elétricos, apresentando uma média de cerca de 200 peças e componentes, contra cerca de 1400 nos *powertrains* de veículos convencionais. (ING, 2017).

Figura 6 - Sistemas principais e componentes nos *powertrains* de veículos convencionais (MCI) e elétricos a bateria (VEB).



Fonte: adaptado a partir de ING (2017).

* ICE - internal combustion engine (motor a combustão interna) e BEV - battery electric vehicle (veículo elétrico a bateria).

Nos veículos elétricos, os motores são mais simples, mais eficientes e apresentam menos partes móveis; o sistema de exaustão é desnecessário¹⁹ e a transmissão torna-se, basicamente, um componente eletrônico. Neste sentido, observa-se que a eletrificação tende a ampliar a utilização de sistemas eletrônicos nos *powertrains* e outras partes do veículo, de modo a substituir os sistemas mecânicos, fato que pode alterar significativamente o paradigma da indústria de peças automotivas (REZENDE et. al., 2010).

Esse fato pode gerar grande impacto na quantidade de empregos na indústria automobilística global, em razão de que a quantidade necessária de trabalhadores para a

¹⁹ Não existe essa necessidade em veículos elétricos a bateria (VEB). Entretanto, os modelos híbrido e híbrido plug-in, por contarem com motores a combustão interna, necessitam de sistemas de exaustão.

produção dos *powertrains* em VEs é menor do que em veículos convencionais. A título de exemplo, dados publicados pelo *ING Wholesale Banking*, demonstram que a média estimada de componentes produzidos no período de um ano por trabalhador empregado na indústria de motores a combustão interna é cerca de 350, ao passo que, para motores automotivos elétricos, essa média é de cerca de 1600 componentes. Esses e outros dados,²⁰ indicam que a produção de VEs demanda menos pessoal empregado em relação à indústria automobilística convencional (ING, 2017), fato que deve ser motivo de preocupação por parte dos governos e Estados nacionais empenhados em difundir a eletromobilidade.

Dados referentes ao depósito de patentes em tecnologias-chave associadas aos VEs também demonstram um movimento da indústria automobilística em direção a novos rumos. Entre as principais empresas que patentearam tecnologias associadas aos VEs nas últimas três décadas, pode-se encontrar muitas empresas do setor eletroeletrônico, tais como a Panasonic, Samsung SDI, Toshiba, LG Chem, Sony e muitas outras (LEVE, 2017).

A maior participação de empresas de setores distintos ao automotivo - tal como o eletroeletrônico - no processo de pesquisa, patenteamento e produção de tecnologias para VEs deve se tornar cada vez mais comum, especialmente devido as grandes imbricações existentes entre a indústria automobilística e a eletroeletrônica no que concerne esse segmento de veículos (CHAN, 2007).

Deste modo, observa-se que a maior participação dos VEs na composição da frota automotiva global nas próximas décadas deverá causar impactos significativos não apenas no mercado consumidor, mas também alterar de maneira significativa parte da indústria automobilística, um dos mais tradicionais e importantes segmentos industriais conhecidos.

Ainda nesse âmbito de análise, deve-se considerar que o fato de os sistemas relacionados à propulsão elétrica apoiarem-se na eletroeletrônica - e não na mecânica - implica na existência de bases tecnológicas bastante distintas para os diferentes tipos de veículos disponíveis, tornando as decisões referentes a investimentos e produção mais

²⁰ A despeito dos poucos dados disponíveis, observa-se que a produção das baterias (battery packs) também é uma atividade de baixo emprego, devido ao elevado grau de automatização desse processo.

envoltas em incertezas, especialmente para as empresas já envolvidas na cadeia de valor de veículos baseados em motores a combustão interna.

A título de exemplo, pode-se considerar que os processos de inovação - que já envolvem riscos substanciais devido a inexistência de métodos ou procedimentos pré-determinados que assegurem, necessariamente, seu sucesso (FREEMAN, 2008) -, são particularmente mais arriscados quando se trata de tecnologias com potencial disruptivo, sendo esse precisamente o quadro no qual as tecnologias associadas aos veículos elétricos se inserem.

Além de todos esses elementos, observa-se ainda que a ampliação da quantidade de veículos elétricos em circulação deverá reduzir o consumo de combustíveis, que, em muitos países, representam uma fonte importante de receita para o Estado, devido a tributação aplicada. Este fato pode impactar negativamente o orçamento de diversos governos – em distintas escalas - e deve suscitar a necessidade da criação de novas fontes de arrecadação, com vistas a contrabalancear as perdas fiscais correlacionadas a esse processo²¹ (IDDRI, 2017).

Por outro lado, ao passo em que o consumo de combustíveis deve diminuir, o consumo de energia elétrica - devido a utilização dos eletropostos - deve aumentar, ampliando a pressão sobre o sistema elétrico em muitos países, particularmente em horários de pico, quando a demanda energética é mais elevada²² (IEA, 2017a; SCHMIDT, 2017).

Outro ponto a ser destacado, refere-se à ampliação da demanda por recursos naturais - com destaque para níquel, lítio, cobalto, grafite, manganês e alumínio -, em consequência do elevado grau de utilização destes na produção das baterias automotivas,²³ as quais devem presenciar grande ampliação de mercado nas próximas

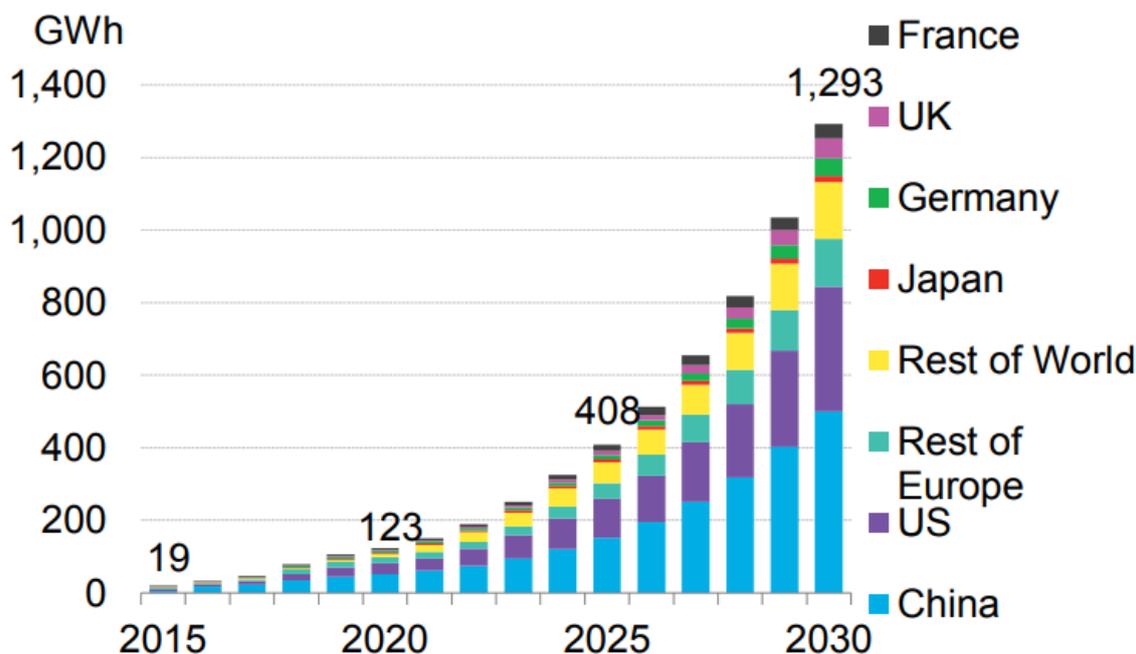
²¹ Nos Estados Unidos, por exemplo, diversos estados têm implementado tarifas específicas para veículos elétricos como forma de compensar as perdas de arrecadação relacionadas aos tributos aplicados em combustíveis. Estados como Geórgia, Colorado, Michigan e Washington - entre outros -, aplicam taxas que, em geral, variam de \$50 a \$200 por ano (ATIYEH, 2015).

²² A ampliação na demanda não deve ser tão expressiva e, se bem administrada, pode ser atendida e representar novas oportunidades para o setor elétrico; em 2030, os VEs devem responder por cerca de 1,5% da demanda de energia elétrica.

²³ Estima-se que uma bateria Tesla de 70Kwh contenha 63kg de lítio e 54kg de grafite.

décadas, principalmente em função da expansão da demanda na China, Estados Unidos e Europa²⁴ (CURRY, 2017; ING, 2017).

Figura 7 – Projeção da demanda de baterias íon-lítio para veículos elétricos, 2015 – 2030 (GWh).



Fonte: Curry (2017).

Embora a oferta desses elementos não pareça representar um problema direto para a expansão desse mercado, tem-se que a ampliação da dependência de recursos naturais na cadeia produtiva automotiva – em especial na produção de baterias – pode tornar esse segmento de atividade econômica mais exposto às flutuações de preços atreladas a riscos geopolíticos, uma vez que as principais áreas de mineração de muitos desses recursos encontram-se concentradas em um conjunto relativamente restrito de países²⁵ (ING, 2017).

²⁴ Segundo projeções da *Bloomberg New Energy Finance*, apresentadas em Curry (2017), a demanda mundial por baterias íon-lítio automotivas – mensurada em GWh - deve apresentar um aumento exponencial nos próximos anos, crescendo cerca de 68 vezes até 2030 – em relação a 2015 - tal como mostrado na figura 7.

²⁵ A título de exemplo, cerca de 50% da produção mundial de cobalto está concentrada na República Democrática do Congo.

Além disso, a expansão do mercado para VEs é um processo incerto e sujeito a uma enormidade de fatores; a despeito do crescimento expressivo observado nos últimos anos e das projeções otimistas de expansão do mercado para as próximas décadas, deve-se observar que a participação desses veículos na composição da frota mundial é ainda muito pequena. Embora alguns países como Noruega e Holanda apresentem maior destaque neste quesito - apresentando, respectivamente, 29% e 6% de *market share* -, a participação dos VEs na composição da frota mundial ainda está em torno dos 0,2% (IEA, 2017a).

Ademais, conforme já exposto na figura 1, as vendas destes veículos encontram-se fortemente concentradas em um conjunto bastante restrito de países; China, EUA, Japão, Canadá, Noruega, Holanda, França, Reino Unido, Alemanha e Suécia respondem por cerca de 95% das vendas globais de VEs (IEA, 2017a).

Existem muitos outros entraves significativos que impedem uma maior difusão desses veículos no mercado: os custos médios de produção e comercialização são sensivelmente mais elevados em relação aos veículos de motorização convencional, devido, principalmente, ao elevado custo para a produção de baterias. Este fato pode ser considerado um dos principais fatores que afetam a competitividade dos VEs frente aos veículos convencionais (NAVA, 2017). Além disso, a autonomia de rodagem ainda é consideravelmente menor - em média 120 km por ciclo de bateria - sendo ainda poucos os modelos de veículos elétricos capazes de rodar mais de 300km.

Outra barreira importante é a baixa disponibilidade da infraestrutura de recarga - insatisfatória em diversas localidades. Uma rede de eletropostos bem estruturada e geograficamente bem alocada é de fundamental importância para sustentar um crescimento sustentável da frota de VEs, assim como para reduzir a resistência de aceitação dos consumidores em relação à esta tecnologia (NAVA, 2017). Ademais, o tempo de recarga das baterias é consideravelmente elevado - mesmo em carregadores rápidos - e a ausência de uma padronização internacional bem definida em relação aos sistemas de carregamento pode gerar algumas incertezas em relação aos investimentos no setor.

Além destes entraves, deve-se destacar que, entre as configurações mecânicas disponíveis para os veículos elétricos – híbrido, híbrido plug-in e veículos a bateria²⁶ -, não existe um modelo que possa ser considerado tecnologicamente superior ou que apresente aceitação nitidamente maior no mercado. Mesmo em componentes que equipam os VEs, tal como as baterias e sistemas de transmissão, pode-se identificar que, a despeito do predomínio de determinados padrões – prevalência das baterias lítio-íon, por exemplo -, existe uma ampla canalização de recursos para pesquisa e desenvolvimento (P&D) em diferentes opções tecnológicas por parte dos fabricantes.

Neste sentido, pode-se observar que a ausência de uma rota tecnológica bem definida para os componentes e para os veículos torna os investimentos efetuados pelos atores da cadeia de valor mais arriscados e amplia o grau de incerteza vinculado à esta tecnologia.

A expansão do mercado para os VEs, além de se apoiar na superação dos problemas tecnológicos e comerciais mencionados, está também condicionada à superação da condição de lock-in do carbono (UNRUH, 2000). Por lock-in, pode-se entender um conjunto de variáveis, neste caso, associadas ao veículo a combustão interna, que se combinam com estruturas industriais e institucionais e que, no conjunto, contribuem para a permanência de certa inércia ou estabilidade tecnológica (UNRUH, 2000; FOXON, 2002).

Em outros termos, este lock-in técnico-institucional implica na concepção da existência de múltiplas forças capazes de dificultar a mudança para novos padrões de sistemas técnico-institucionais e a configuração de novas trajetórias tecnológicas, uma vez que as tecnologias com maior grau de maturação gozam de longos períodos de aprendizado acumulado, elevados montantes de recursos em capital fixo e P&D investidos, economias de escala, sólidos links interindustriais e interdependência com outros sistemas tecnológicos estabelecidos (COWAN e HULTÉN, 1996).

Ademais, como a maioria dos produtos baseados em novas tecnologias - particularmente as com potencial disruptivo -, os veículos elétricos têm enfrentado dificuldades de inserção no mercado devido ao menor conhecimento e aceitação dos

²⁶Além desses modelos de veículos elétricos, deve-se considerar ainda os veículos movidos a célula combustível (VCC) que, a despeito da pequena participação no mercado, também constituem uma opção tecnológica potencialmente viável para o segmento automotivo.

consumidores e da menor competitividade frente aos veículos equipados com motores a combustão interna, tecnologicamente mais maduros e consolidados no mercado.

É nesse sentido que a ação do Estado, por meio do estabelecimento de políticas públicas, emerge como um elemento de importância fundamental no que diz respeito a viabilização do desenvolvimento e da expansão de mercado para bens baseados em novas tecnologias e que apresentem custos de produção e comercialização mais elevados (ALLAN et. al., 2014).

No que tange a difusão de novas tecnologias, resultados positivos derivados da ação estatal podem ser observados em diversos casos e constituem objeto de análise de diversos estudos que exploraram o tema (RAHM, 1993; STONEMAN e DIEDEREN, 1994; FOXON, 2002; OCDE, 2003).

Mais especificamente, ao que tange os veículos elétricos, a forte correlação existente entre as políticas públicas e a difusão da eletromobilidade é bastante explícita e pode ser observada, sem exceções, em todos os países que obtiveram avanços neste quesito (YANNICK et. al., 2013; VAN DER STEEN et. al., 2015; LEVE, 2017; IEA, 2017a).

Ademais, países que abdicaram de parte significativa dos incentivos concedidos para a promoção dos VEs observaram queda expressiva no número de vendas registradas. Em 2016, a Holanda, após retirar parte dos incentivos monetários para a compra de veículos elétricos, contabilizou queda de 50% no número de registros de elétricos plug-in (PHEV) em relação ao ano anterior e a Dinamarca, após também reduzir os incentivos para a compra, experimentou uma redução de 49% nos registros de elétricos plug-in (PHEV) e 71% nos elétricos a bateria (BEV) no ano de 2016, em relação a 2015 (IEA, 2017a).

Portanto, é preciso compreender que mudanças estruturais significativas no mercado e na indústria automobilística são processos complexos e que requerem a superação de uma enormidade de variáveis mercadológicas, tecnológicas, sociais e institucionais, as quais, no atual cenário, beneficiam de maneira mais clara os veículos apoiados em motores a combustão interna.

De todo modo, a despeito das dificuldades e incertezas correferidas ao processo de mudança do padrão tecnológico nos sistemas de propulsão veicular, a expansão dos

veículos baseados em sistemas de tração elétricos vem, cada vez mais, se concretizando e se estabelecendo como uma tendência na indústria automobilística global.

Capítulo 4 - Políticas para promoção dos VE - Análise por países selecionados

Este capítulo busca explorar e analisar os principais fatores que condicionam e impulsionam a proposição de políticas públicas para o estímulo à mobilidade elétrica, especialmente nos mercados mais avançados no tema. São discutidos casos de nove países, sendo esses: Reino Unido, Noruega, Alemanha, França, EUA, Coreia do Sul, China, Japão e Brasil - além da União Europeia, também contemplada de maneira geral.

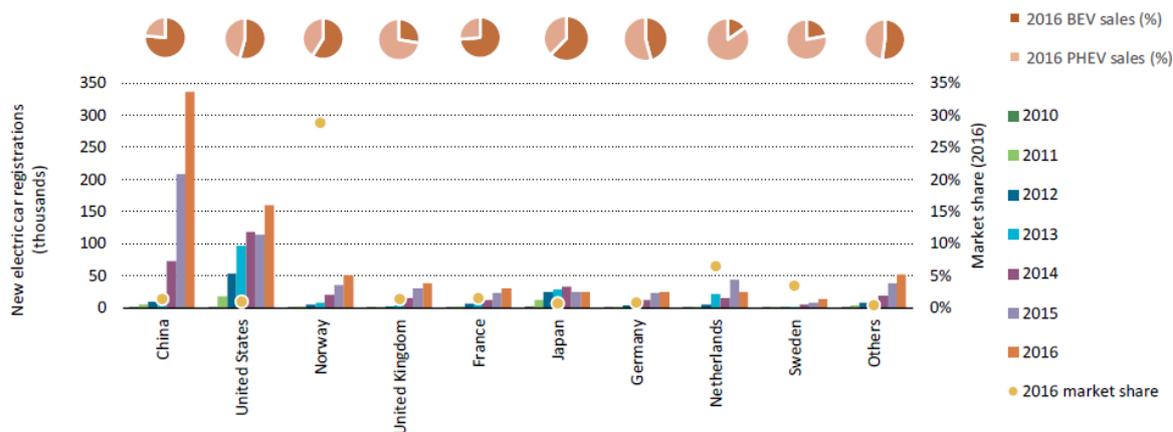
Embora os veículos elétricos apresentem um conjunto de vantagens comuns a todos os países que busquem a ampliação de sua participação na frota automotiva - redução das emissões de material particulado, redução das emissões de gases estufa, redução da poluição sonora, possibilidade de ampliação da segurança energética, entre outras - as intencionalidades e estratégias adotadas na implementação dos VEs se diferem significativamente em cada país devido a uma ampla gama de variáveis, entre as quais destacam-se as especificidades socioespaciais e as políticas públicas propostas e implementadas pelos governos nas diferentes economias nacionais.

A título de exemplo, tem-se como reflexo importante deste conjunto diversificado de variáveis socioespaciais, a maneira distinta pela qual os diferentes modelos de veículos elétricos – híbridos e a bateria - se inserem nos mercados e são incorporados nas frotas automotivas dos países.

Na China, maior mercado mundial de veículos elétricos, as políticas públicas estruturadas pelo governo favorecem mais claramente a difusão dos veículos elétricos a bateria - BEV -, ao passo que no Reino Unido e na Holanda, existem instrumentos e políticas estruturadas de maneira a favorecer, de maneira mais intensa, a difusão de veículos híbridos plug-in - PHEV (IEA, 2017a).

Por outro lado, alguns países como os EUA e a Alemanha apresentam *market share* similar entre os diferentes modelos de VEs, não existindo, deste modo, indícios de favorecimento claro em relação aos incentivos e políticas de estímulo à eletromobilidade implementadas nesses países.

Figura 8 - Vendas de veículos elétricos, participação no mercado e participação dos modelos VEB e VEPH nas vendas de VEs em países selecionados (2010 - 2016).



Fonte: IEA (2017a).

4.1 - União Europeia (UE)

No que se refere aos principais condicionantes que alicerçam a proposição de políticas que intentam estimular a eletromobilidade, parte dos países europeus podem ser analisados de maneira conjunta, pois, a despeito das especificidades e das diferentes estratégias adotadas, constata-se a existência de convergências importantes no direcionamento das ações políticas e institucionais.

A União Europeia é reconhecida internacionalmente por seus esforços para a mitigação das mudanças climáticas e é uma das entidades políticas que têm estabelecido as metas mais enfáticas em termos de redução de emissão de gases estufa. As políticas de redução de emissão europeias têm se apoiado na consecução de metas ousadas e que envolvem o direcionamento de esforços dos mais variados setores da sociedade.

A União Europeia mantém pretensões de efetuar a transição para uma economia de baixo carbono por meio da redução das emissões de gases estufa entre 80 a 95% até 2050, em comparação aos níveis registrados em 1990 (JAGERMANN et. al., 2013; EEA, 2016b; EC, 2017). Para tanto, os países que integram o bloco deverão conduzir amplos esforços no sentido de promover a descarbonização de diversos setores da economia, especialmente aqueles relacionados à energia.

Tendo em vista a considerável participação da frota automotiva no consumo de recursos fósseis e nas emissões de gases estufa, o setor de transporte europeu tem sido - e deverá continuar sendo - um dos grandes focos de diversas políticas de descarbonização. Este tem sido o contexto no qual as políticas públicas direcionadas a apoiar a eletromobilidade em território europeu têm ganhado mais força²⁷

Ademais, deve-se considerar que a indústria automobilística corresponde a um dos setores mais importantes para a economia da União Europeia. Em 2016, 17 milhões de veículos automotores foram registrados no bloco e 19,2 milhões foram produzidos, o que correspondeu por cerca de 20% da produção mundial. Ademais, o setor foi responsável por cerca de €50 bilhões investidos em P&D, apresentou um superávit comercial de €90 bilhões para o bloco e contribuiu com mais de €396 bilhões em arrecadações fiscais no ano de 2016²⁸ (ACEA, 2018).

Neste sentido, observa-se que as regulações e políticas de transição para a eletromobilidade conduzidas no âmbito da União Europeia, além de considerar a dimensão da política ambiental, ponderam a necessidade de manutenção da competitividade da indústria automobilística do bloco (ACEA, 2018).

De modo geral, assumir tais elementos como premissa para análise dos países europeus é importante, haja vista que os países que integram a UE partilham legislações semelhantes no que se refere a diversos assuntos e estão politicamente integrados através de acordos e instituições supranacionais.

Em função da elevada heterogeneidade socioeconômica observada no interior do bloco, o amplo destaque no mercado global de veículos elétricos obtido por países como Reino Unido, França e Alemanha²⁹ justificam a análise mais particularizada abaixo. É

²⁷ Entretanto, a despeito dessas constatações, deve-se considerar que os países membros da UE apresentam níveis de renda per capita e governos com capacidades orçamentárias bastante desiguais, resultando na adoção de distintos instrumentos de incentivo. Embora a grande maioria dos países europeus tenham instituído algum tipo de mecanismo de suporte aos VEs, nota-se, de maneira geral, que os países mais ricos do bloco apresentam maior grau de difusão dos VEs junto à frota automotiva, devido, principalmente, ao maior aporte de recursos para políticas de estímulo, especialmente na concessão de subvenções monetárias de incentivo ao consumo. A título de exemplo, tem-se que muitos países da Europa Oriental implementaram apenas incentivos fiscais simples - como isenções parciais ou totais nas taxas de registro e/ou imposto de circulação -, sendo cinco o número de países na UE que, até 2016, não haviam implementado nenhum tipo de incentivo ao segmento (ACEA, 2017a).

²⁸ Valores referentes à UE15, ou seja, os 15 países que compunham a União Europeia até 1 de maio de 2004.

²⁹ Entre os países europeus ulteriormente analisados, apenas a Noruega não faz parte da União Europeia. Entretanto, deve-se ressaltar que esse país apresenta grande destaque na promoção dos veículos elétricos -

importante frisar também que países como Holanda e Suécia³⁰ - não analisados nesta monografia - também têm se destacado neste sentido.

4.2 - Reino Unido

A indústria automobilística britânica já foi uma das maiores do mundo e o Reino Unido, até a primeira metade do século XX, um dos maiores produtores e exportadores de veículos automotivos. Entretanto, a partir da segunda metade do século XX, a indústria automobilística britânica perdeu parte do seu protagonismo internacional, particularmente devido ao aumento da produção em outros países europeus - como França, Itália e Alemanha - e a ascensão das indústrias automotivas em países asiáticos, a partir de 1970, com amplo destaque para Japão e Coreia do Sul.

Embora a produção de veículos automotores hoje seja significativamente menor do que foi no passado, o setor automotivo ainda apresenta importância significativa para a economia britânica. Em 2016, a indústria automobilística movimentou mais de 71 bilhões de libras, empregou cerca de 814 mil pessoas, correspondeu por cerca de 13% das exportações britânicas e foi responsável por um dispêndio de 4 bilhões de libras em atividades de P&D (SMMT, 2017).

A inserção dos veículos elétricos no Reino Unido está fortemente vinculada às ações do Estado britânico e apresenta dois direcionadores principais: as possibilidades de redução dos gases estufa e as oportunidades econômicas correlacionadas a este processo.

Assim como na maioria dos países europeus, a introdução de VEs no Reino Unido constitui uma estratégia para o enfrentamento das mudanças climáticas, devido ao potencial de redução das emissões de gases estufa que esta tecnologia apresenta. No caso específico do país, metas de redução de emissão foram incorporadas na legislação através do *Climate Change Act* (2008), lei que obriga o Reino Unido a reduzir as

maior mercado da Europa e maior *market share* de VEs do mundo - e um quadro regulatório favorável ao meio ambiente; o país tem conduzido, assim como a UE, políticas de descarbonização do sistema energético. O governo tem intenções de fazer da Noruega uma sociedade de baixa emissão até 2050 e estabelecer, em forma de lei, para o mesmo ano, a meta de reduzir as emissões de gases estufa entre 80 e 95% em relação ao ano de 1990 (IEA, 2017c). Deve-se ressaltar, também, que o Reino Unido, desde 2016, está conduzindo negociações para deixar a União Europeia, no processo conhecido como BREXIT.

³⁰ Para informações sobre políticas de estímulo aos VE nestes países, consultar: LEVE (2017).

emissões de gases estufa em, no mínimo, 80% no ano de 2050 em relação aos valores registrados em 1990 (UK GOV., 2018; IEA, 2012c).

Neste sentido, o governo britânico tem incorporado no escopo de diversas políticas mecanismos que tencionam a redução das emissões. Exemplos importantes podem ser encontrados na política energética - que trata as mudanças climáticas como uma prioridade - e na política de transporte do país, cuja a redução das emissões de CO₂ é claramente o objetivo principal (MAZUR et. al., 2015; IEA, 2012c).

Ademais, as políticas de cunho econômico e industrial vigentes no país também enfatizam as metas de emissão estipuladas pelo *Climate Change Act*; o *Clean Growth Strategy*, plano de governo que define as principais estratégias e prioridades para o crescimento do Reino Unido, apresentado em 2017, enfatiza a intenção do governo de tornar o Reino Unido uma economia de baixo carbono e apresenta os veículos elétricos – tal como infraestruturas e tecnologias associadas - como um dos setores emergentes de baixo carbono estratégicos para o crescimento da economia britânica e sua difusão como uma das principais propostas para a descarbonização da economia e fortalecimento da indústria do país (BEIS, 2017).

No âmbito dessa acepção, o governo britânico também espera utilizar a transição para a mobilidade elétrica como uma oportunidade para que as pequenas e médias empresas de capital nacional possam acumular competências e desempenhar um papel mais relevante na cadeia de valor automotiva, de modo a fortalecer a indústria automotiva, ampliar o índice de conteúdo local e posicionar o Reino Unido na liderança mundial em sistemas de tração elétricos e baterias automotivas³¹ (AC, 2018; APC, 2018).

Neste sentido, pode-se observar que o governo britânico tem estruturado suas políticas através, principalmente, de uma estratégia que contempla as políticas ambientais e, ao mesmo tempo, as políticas de escopo econômico e industrial.

Os principais esforços para expansão da eletromobilidade no Reino Unido têm sido conduzidos pelo *Office for Low Emission Vehicles* (OLEV), uma entidade governamental que direciona esforços para promover a descarbonização do setor de

³¹ O segmento de baterias e componentes é uma das prioridades do governo britânico no que se refere à indústria automobilística. O *Faraday Battery Challenge*, programa destinado ao desenvolvimento e produção de baterias, conta com um orçamento de 246 milhões de libras esterlinas para um período de quatro anos e visa posicionar o Reino Unido na liderança mundial no design, desenvolvimento e produção de baterias automotivas (AC, 2018).

transporte, promovendo projetos de P&D e programas de demonstração, com vistas à criar condições para facilitar o acesso a veículos de baixa emissão (IA-HEV, 2011).

Em 2011 o governo britânico instituiu o *Plug-in Car Grant*, maior programa de incentivo ao consumo de veículos de baixa emissão no país e que funciona a partir da concessão de subsídios aos compradores de veículos com base na quantidade de CO2 emitido, com amplo destaque para os elétricos.³²

Os incentivos criados e estruturados pelo governo britânico surtiram efeitos bastante positivos no mercado de veículos elétricos. Até o ano de 2012, o Reino Unido apresentava pouco destaque no quesito e contava com uma frota consideravelmente pequena, de apenas 5,5 mil unidades. Entretanto, desde o ano de 2013, as vendas aumentaram de maneira significativa, fato que permitiu ao país assumir o posto de quarto maior mercado mundial de veículos elétricos em 2016 e o segundo maior da Europa, atrás apenas da Noruega, com cerca de 38 mil veículos vendidos no ano (COBB, 2017; IEA, 2017a).

O mercado de VEs no Reino Unido é orientado, principalmente, para os veículos híbridos plug-in, que corresponderam, em 2016, a um estoque de cerca de 55 mil unidades (64%), frente aos cerca de 34 mil veículos a bateria (36%) em circulação no país (IEA, 2017a).

4.3 - Noruega

O caso da Noruega é bastante interessante, pois trata-se de um país que apresenta uma matriz energética limpa, com a participação de fontes renováveis figurando entre as mais altas do mundo.³³ A Noruega conta com um histórico relativamente favorável em relação ao meio ambiente: o país é reconhecido internacionalmente como sensível às questões ambientais e conta com um sistema regulatório robusto e eficiente neste quesito. Além disso, utilizando-se desta imagem, o governo norueguês tem tentado se

³² O *Plug-in Car Grant* oferece abatimentos de até £4,500 no preço de veículos que emitam menos de 50g/km e rodem no mínimo 112km sem apresentar emissão alguma e £2,500 para veículos que emitam entre 50 - 75g/km com autonomia mínima de 16km sem registro de emissões (OLEV, 2018).

³³ A título de exemplo, especificamente para energia elétrica, em 2015, dos 143 TWh produzidos na Noruega, 95,8% foram provenientes de hidrelétricas, 1,7% de parques eólicos, 0,3% de biocombustíveis e compostos orgânicos e 0,2% de fontes geotérmicas, totalizando cerca de 98% de fontes renováveis na geração de energia elétrica (IEA, 2017c).

projetar como um dos principais atores internacionais em questões ambientais e em negociações climáticas (SGI, 2017).

A despeito da reconhecida atuação da Noruega em relação a questões ambientais e da elevada participação de fontes renováveis na composição de sua matriz energética, o fato do país contar com uma ampla indústria de petróleo e gás – que corresponde ao maior segmento da economia norueguesa, fundamental na geração de empregos, riqueza e impostos - faz com que as emissões de CO₂ per capita sejam consideravelmente elevadas, significativamente superiores à média europeia (SGI, 2017).

Neste sentido, com vistas a reduzir os impactos ambientais, o governo do país tem estruturado e implementado, desde a década de 1990, diversos mecanismos de suporte à eletromobilidade, principalmente como parte de sua política ambiental.

Na década de 1990, o governo norueguês estimulou uma série de testes públicos com veículos elétricos, despendendo os primeiros esforços para viabilizar a comercialização de modelos produzidos no próprio país e contando com a melhora da eficiência energética, da qualidade do ar e do maior uso de eletricidade gerada a partir de fontes renováveis como principais vantagens (FIGENBAUM et. al., 2015).

Nos anos 2000, o governo criou novos instrumentos para estimular o consumo de VEs, tais como reduções de impostos sobre a compra para empresas e isenção completa do IVA - imposto que contabiliza 25% do valor de compra do veículo. Em 2003, no âmbito das políticas não monetárias, os VEs foram habilitados a transitar em faixas exclusivas de ônibus em Oslo, benefício estendido para todo o território nacional em 2005 (LEVE, 2017; EAFO, 2018).

Os anos de 2010 em diante foram marcados pela introdução de novos modelos de elétricos no mercado norueguês e de novas iniciativas para difusão da eletromobilidade, com destaque para o *Transnova Charging Station Program*, programa destinado a constituir uma ampla infraestrutura de recarga para os VEs no país (LEVE, 2017).

Entretanto, a despeito destes avanços, os esforços do governo em promover a eletromobilidade com produtores nacionais foram frustrados devido à falência das empresas Pure Mobility e Think, montadoras de capital nacional e produtoras VEs no país. (FIGENBAUM et. al., 2015).

Embora a introdução dos VEs como política industrial tenha falhado, a inserção desses veículos possui grande apelo ambiental: em um país no qual a quase totalidade da energia elétrica gerada provém de fontes renováveis, a eletrificação da frota veicular pode impactar em uma redução bastante expressiva das emissões de CO2 relacionadas à energia. Além disso, no âmbito da política ambiental, o governo norueguês vislumbra a possibilidade de tornar o ar nos centros urbanos mais limpo, especialmente através da redução da emissão de material particulado.

Em 2016, o parlamento norueguês aprovou a proposta de tornar a Noruega um país neutro em carbono até o ano de 2030 - 20 anos antes do que inicialmente planejado -, fato que irá ampliar significativamente a pressão para que o governo adote medidas ainda mais incisivas para a consecução de metas de redução de emissão. Neste sentido, a expansão da frota de veículos elétricos pode desempenhar um papel bastante relevante³⁴ (NESLEN, 2016; REUTERS, 2016).

O conjunto de instrumentos de estímulo e de políticas direcionadas à difusão da eletromobilidade tem sido considerado como o principal fator explicativo para a liderança mundial do país em termos de *market share* de veículos elétricos; a Noruega, desde 2010, é o maior mercado para este segmento veicular na Europa. Mesmo apresentando um mercado doméstico potencial relativamente pequeno - o país nórdico conta com apenas 5,2 milhões de habitantes -, a Noruega lidera as vendas relativas e absolutas de VEs no continente, superando, inclusive, países com mercados potenciais muito maiores, como Alemanha, Reino Unido e França (IEA, 2017a).

O arcabouço institucional estruturado pelo Estado norueguês é sólido e as políticas governamentais têm apresentado continuidade desde a década de 1990. A manutenção dos incentivos aos veículos elétricos permanece como uma das principais estratégias para a consecução de uma economia sustentável e de baixo carbono. Para se ter uma ideia da expansão do mercado desses veículos, a participação dos VEs na composição da frota superou os 39% no ano de 2017 - ante os 6% registrados no ano de 2013 - com amplo destaque para os veículos a bateria (VEB), que representam cerca de 75% da frota automotiva do país (EAFO, 2018; IEA, 2017a).

³⁴ A despeito dessas medidas, o país nórdico, necessariamente, terá que ampliar a compra de créditos de carbono para compensar as emissões domésticas registradas em outros setores de atividade econômica, em especial na indústria de gás e petróleo.

4.4 - Alemanha

A Alemanha é um país de grande destaque no cenário internacional. Sua economia está fundamentada em um setor terciário dinâmico e na produção industrial em segmentos bastante diversos, incluindo indústrias de alta tecnologia, nas quais o país apresenta destacada capacitação tecnológica e competitividade internacional. Dentre os setores de maior destaque na indústria alemã está a indústria automobilística, um dos grandes símbolos da força econômica do país.

A Alemanha apresenta a maior indústria automobilística da Europa, concentrando cerca de 30% da produção de veículos de passageiros e 20% das vendas no continente (OICA, 2017). Além disso, o país é sede de diversas montadoras de renome mundial, detém um *market share* de 71% do mercado mundial de veículos de alto-padrão e abriga 21 dos 100 maiores fornecedores de autopeças no mundo (GTAI, 2017).

O setor automotivo é o maior segmento industrial na Alemanha, correspondendo por cerca de 20% do PIB industrial do país, 35% dos gastos com P&D, além de gerar cerca de 792 mil empregos diretos. O setor também detém destaque nas exportações e movimentou cerca de 263 bilhões de euros em 2015 (GTAI, 2017).

A difusão de VEs na Alemanha pode ser entendida como uma das opções nacionais para a mitigação das mudanças climáticas. A promulgação, em 2007, do *Integrate Energy and Climate Programme*, por exemplo, sinalizou a intenção do governo alemão em adotar a mobilidade elétrica como uma das possíveis estratégias para a redução das emissões de CO₂ no setor de transporte. (LEVE, 2017; BMUB, 2007).

Em novembro de 2016, o governo alemão promulgou o *Climate Action Plan 2050*, lei que instituiu metas de redução de emissão de gases estufa de, no mínimo, 55% para 2030, em relação aos níveis registrados em 1990. No âmbito das metas setoriais estabelecidas, o setor de transporte do país deverá contribuir, até 2030, com reduções que variam entre 40 e 42% - em relação aos níveis de 1990 -, valores que dificilmente serão atingidos sem a implementação de medidas que intentem ampliar significativamente a

incorporação de veículos de baixa emissão junto à frota automotiva na Alemanha³⁵ (BMUB, 2017).

Ademais, o segmento dos veículos elétricos também é entendido como uma oportunidade para a produção e desenvolvimento de tecnologias automotivas para a indústria alemã. O país, que conta com uma indústria automobilística robusta, tem conduzido esforços para desenvolver modelos de veículos elétricos e componentes, com destaque para sistemas eletrônicos de powertrains e baterias (IA-HEV, 2017a).

As principais ações para estímulo à eletromobilidade são coordenadas e orientadas por meio da *National Platform for Electric Mobility* (NPE), entidade criada em 2010 sob iniciativa do governo federal e que congrega atores de diferentes segmentos, com o objetivo de estabelecer coordenação e diálogo estratégico, além de propor políticas de estímulo à mobilidade elétrica (NPE, 2017).

Como iniciativas de P&D, observa-se o *German Economic Stimulus Package II* (2009-2011) que abarcou, entre outros elementos, componentes e tecnologias da informação para a eletromobilidade e estudos acerca da interação VE - rede elétrica. Em 2011, o NPE fez recomendações aos programas de demonstração *Electric Mobility Showcase* e para o *Lighthouse projects*, ambos focados em tecnologias-chave para a eletromobilidade - transmissão veicular, baterias, infraestrutura de carregamento, reciclagem e tecnologias da informação - e que visavam a redução dos custos de produção (LEVE, 2017).

Devido a importância estratégica da indústria automotiva para a economia alemã, o governo tem olhado com preocupação as mudanças e tendências da indústria automobilística mundial e procurado estimular transformações cuidadosas, com o objetivo explícito de manter o papel das montadoras e empresas de autopeças alemãs em um cenário futuro de crescimento dos VEs (MAZUR et. al., 2015).

Uma eventual mudança de base tecnológica na indústria automobilística global poderia ameaçar o protagonismo das empresas alemãs na cadeia de valor e as vantagens competitivas relacionadas ao acúmulo de competências em tecnologias relacionadas a veículos a combustão interna conquistada pelo país. Por esse motivo, o governo alemão tem tentado, além de estimular a eletromobilidade como uma estratégia de mitigação

³⁵ As emissões no setor de transporte, em 2014 (160 milhões de toneladas de CO₂e), apresentaram praticamente o mesmo patamar das emissões registradas em 1990 (163 milhões de toneladas de CO₂e).

das mudanças climáticas, preparar a indústria automobilística nacional para possíveis mudanças estruturais relacionadas à maior participação dos VEs no mercado.

Devido a esse conjunto de fatores, embora o governo alemão tenha estruturado um arcabouço institucional robusto para o quesito eletromobilidade, pode-se dizer que as políticas desenvolvidas são menos agressivas e mais cautelosas em relação ao atual paradigma tecnológico da indústria automotiva do que se observa em outros países europeus como, por exemplo, a Holanda e a Noruega.

Neste sentido, a despeito do mercado de automóveis da Alemanha ser o maior da Europa, o mercado para veículos elétricos é um pouco mais modesto: em 2016, a Alemanha se posicionou, em número de automóveis vendidos, como o quarto maior mercado do continente e sexto mundial. O estoque de VEs no país foi, para o mesmo ano, o oitavo maior do mundo, com cerca de 75 mil veículos registrados, sendo cerca de 41 mil (56%) os veículos a bateria e 34 mil (44%) os híbridos plug-in (COBB, 2017; IEA, 2017a).

4.5 - França

A França, que conta com uma indústria automobilística robusta, com diversas montadoras e empresas de autopeças de capital nacional, pode ser considerada um dos países pioneiros a despende esforços para a retomada dos veículos elétricos, a partir da década de 1970.

Em 1976, o governo francês estruturou o *French Coordination Program for Land Transport, Research & Innovation* (PREDIT), um programa que visava ampliar a articulação entre os atores que compõem o Sistema Nacional de Inovação para atividades de P&D, o qual contemplava veículos elétricos. Esse programa passou por diversas atualizações nas décadas seguintes, tendo como foco principal tecnologias veiculares na década de 1990 e operando, posteriormente, de maneira articulada ao *Environmental Friendly Vehicles* (2003), um programa de P&D estruturado entre o governo e as montadoras francesas. O principal objetivo deste programa era o de superar barreiras ao desenvolvimento de veículos híbridos e elétricos (LEVE, 2017).

Assim como na grande maioria dos países europeus, a difusão da eletromobilidade na França tem sido tratada, principalmente, como uma estratégia de combate às mudanças climáticas, em especial devido à potencial redução nas emissões de gases estufa possível de ser atingida.

O governo francês tem trabalhado em diversas frentes para reduzir as emissões de gases estufa no país. Em 2015, com a promulgação da *Energy Transition for Green Growth Act*, o governo estabeleceu as estratégias que a França adotará para se adequar aos compromissos assumidos no Tratado de Paris, as quais incluem, entre outros elementos, reduzir as emissões de gases estufa em 40% até 2030 em relação aos níveis de 1990 e reduzir em 30% o consumo de combustíveis fósseis até o mesmo ano, em relação aos níveis registrados em 2012 (MEEM, 2016).

Para a consecução dessas metas, o governo francês estabeleceu a transição para mobilidade elétrica³⁶ como um elemento estratégico e estipulou um conjunto de metas específicas para o segmento dos veículos elétricos, entre os quais destacam-se a expansão da infraestrutura de recarga para cerca de sete milhões de unidades de carregamento até 2030, o estabelecimento de incentivos locais - como estacionamentos públicos - para VEs em diversas localidades e a expansão dos mecanismos de incorporação dos VEs junto à frota de veículos públicos do país (MEEM, 2016).

Ademais, no caso específico da França, o destaque da energia nuclear como principal fonte de geração de energia elétrica é um elemento importante, uma vez que a baixa intensidade de emissão de gases estufa do sistema de geração de energia favorece, de maneira bastante significativa, a redução das emissões de gases estufa e torna o desenvolvimento de uma indústria de veículos de baixo carbono, sob o ponto de vista ambiental, bastante conveniente à França (IEA 2017a).

Para além das considerações de cunho ambiental, as políticas de estímulo à eletromobilidade na França também levam em consideração as oportunidades econômicas relacionadas a esse processo; o governo trata o desenvolvimento e a produção de powertrains alternativos, baterias automotivas e equipamentos de recarga como um elemento importante para situar as empresas francesas em uma posição de

³⁶ Os documentos oficiais do governo francês, em geral, utilizam o termo "veículos limpos" - clean vehicles - para se referir a veículos de baixa emissão. Entretanto, a grande maioria dos veículos deste tipo comercializados em território francês são, na prática, elétricos.

destaque no âmbito da cadeia de valor de veículos elétricos (FRENCH GOV., 2013; IA-HEV, 2017b).

Neste sentido, o governo sustenta planos bastante audaciosos para alavancar o mercado de veículos elétricos e estabeleceu como meta proibir a comercialização de veículos convencionais - equipados com motor a combustão interna e alimentados por gasolina e diesel - em território francês até 2040 (EWING, 2017).

Embora a França conte com importantes montadoras de capital nacional, uma rede considerável de empresas fornecedoras e um governo com objetivos bem definidos em relação ao estabelecimento de metas, o mercado de veículos elétricos no país é ainda relativamente modesto.

De todo modo, este mercado vem apresentado crescimento constante, sendo o número de veículos elétricos em circulação cerca de 108 mil³⁷, com 33.774 veículos vendidos em 2016 (COBB, 2017). Embora esses números posicionem a França como o quinto maior mercado mundial, o *market share* dos VEs na composição total da frota ainda é consideravelmente pequeno - inferior a 1,5% - e as vendas anuais nunca superaram 5% do total comercializado no país (EAFO, 2017b).

4.6 – Estados Unidos

A indústria automobilística sempre foi um dos grandes símbolos da economia americana. O automóvel, embora uma invenção europeia, ganhou escala de produção e foi aprimorado nos EUA. Desde 1908, com a introdução do sistema fordista de produção, a indústria automobilística americana consolidou sua posição de maior produtora de veículos automotores do mundo, sendo superada em volume de produção apenas por um breve momento pela indústria japonesa na década de 1990 e, mais recentemente, pela indústria automobilística chinesa.

De acordo com Baran e Legey (2011), embora as primeiras discussões acerca da implementação de VEs datem da década de 1960, as primeiras iniciativas efetivas de

³⁷ Sendo cerca de 80% de veículos a bateria (BEV) e 20% de híbridos plug-in. O mercado amplamente orientado para veículos a bateria pode ser explicado pelo sistema de incentivos monetários ao consumo instituído na França: veículos que emitem menos de 20g/km recebem um abatimento de €6000 e os que emitem entre 21 e 60g/km recebem desconto de €1000.

retomada do veículo elétrico nos EUA foram tomadas na década de 70. Neste período, os choques do petróleo tinham causado impactos significativos na economia americana, ocasionando inflação, redução no crescimento e escassez de alguns produtos básicos.

Neste contexto, a elevada dependência da importação de petróleo levou as autoridades americanas a despenderem esforços na diversificação da matriz energética com objetivo de tornar o país menos dependente de fontes energéticas externas. Neste sentido, o principal elemento que motivou projetos de desenvolvimento de veículos elétricos nos EUA, desde a década de 1970, foi a ampliação da segurança energética (BARAN e LEGEY, 2011; LEVE, 2017).

No início da década de 1990, o governo californiano, através da *California Air Resources Board* (CARB), com vistas a amenizar os problemas de poluição atmosférica nos centros urbanos do estado, estabeleceu cotas para a produção de veículos de Zero Emissão (ZEV), fixando porcentagens de produção para as montadoras com atividades no território californiano em 2% em 1998, 5% em 2001 e 10% em 2003. Ademais, segundo esta resolução, todos os novos veículos comercializados na Califórnia deveriam ser de "baixa emissão", "ultrabaixa emissão" ou "zero emissão" a partir do ano de 2000 (COWAN e HULTÉN, 1996; BARAN e LEGEY, 2011).

Dos anos 2000 em diante, parte significativa dos esforços de P&D desenvolvidos nos EUA foram direcionadas para outras alternativas além dos veículos elétricos, como, por exemplo, veículos a célula combustível. Entretanto, os objetivos principais continuavam os mesmos: tornar o sistema de transporte menos dependente de combustíveis de origem fóssil e melhorar a qualidade do ar nos grandes centros urbanos.

A despeito dessas considerações iniciais, a evolução do mercado de veículos elétricos e as previsões de crescimento fizeram o governo americano se atentar para potenciais oportunidades e possíveis ameaças na indústria automobilística, relacionadas com a expansão do mercado para os VEs.

Neste sentido, programas como o *Advanced Technology Manufacturing Program* (2007) destinaram recursos em formas de crédito para fabricantes e empresas de autopeças se prepararem para produzir veículos ou componentes veiculares de tecnologias avançadas e o *Recovery Act* (2009), no âmbito do *Economic Stimulus for the Auto Industry*, garantiu financiamento para grandes montadoras produzirem veículos

elétricos em território americano, sendo destinado US\$ 2,4 bilhões para apoiar a construção de plantas industriais para VEs, além de US\$ 2 bilhões para fábricas de baterias e outros componentes de veículos elétricos (LEVE, 2017).

O principal programa de estímulo à eletromobilidade vigente nos EUA é coordenado pelo Departamento de Energia (DOE); o *EV Everywhere Grand Challenges* (2012) constitui um grande esforço do governo americano, em parceria com o setor privado, para aumentar a densidade energética das baterias, reduzir em de 30% peso dos veículos através de materiais leves e reduzir os custos dos sistemas de transmissão elétrica de \$30/kW para \$8/kW, até 2022 (DOE, 2013).

Para além das medidas anteriormente pontuadas, o governo federal americano também instituiu um sistema de créditos fiscais (*tax credit*) destinado à veículos a bateria e híbridos plug-in, o qual concede abatimentos que variam de \$2.500 até \$7.500. Além disso, existem incentivos complementares em muitos estados americanos, os quais podem incluir, além de créditos fiscais adicionais, abatimentos nas taxas de registro de veículos, incentivos para infraestrutura de recarga, acesso a estacionamentos e faixas exclusivas, entre outros³⁸ (IEA, 2017a; GIBSON; 2017).

Os resultados das políticas implementadas podem ser considerados bastante positivos, uma vez que os EUA, até 2014, lideraram o mercado mundial de veículos elétricos até serem superados pela China, em 2015. O grande mercado consumidor e a grande quantidade de montadoras e fornecedores com elevada capacitação tecnológica³⁹ posicionam os EUA como um dos principais mercados de VEs no mundo e um dos mercados com maior potencial de expansão, tanto em termos de consumo, quanto na dimensão da produção de veículos, componentes e tecnologias associadas.

³⁸ Estados como Nova York, Califórnia, Louisiana e Flórida oferecem diversos incentivos locais para o consumo de VEs, tais como abatimentos em taxas de registro, créditos fiscais adicionais, permissão de acesso a faixas exclusivas para veículos pesados (*high-occupancy vehicle lane*), acesso facilitado e descontos em estações de carregamento (eletropostos), entre outros. Destaca-se que o Colorado oferece até \$5.000 em créditos fiscais adicionais aos subsídios federais, totalizando um abatimento máximo de \$12.500 para VEs comercializados no estado (GIBSON, 2017; PLUG-IN AMERICA, 2017). Para informações mais detalhadas sobre os incentivos concedidos aos VEs em cada estado nos EUA, consultar <<https://pluginamerica.org/why-go-plug-in/state-federal-incentives/>>.

³⁹ Os EUA possuem grandes montadoras de capital nacional e importantes empresas fornecedoras de autopeças com significativo acúmulo de competências no setor; importantes montadoras como a Ford e a General Motors têm ampliado os investimentos em tecnologias associadas e novos modelos de VEs e a Tesla Motors, por exemplo, é uma das empresas automotivas mais bem avaliadas entre consumidores entusiastas de veículos elétricos de alto desempenho no mundo.

Em 2016, o estoque de VEs superou as 570 mil unidades⁴⁰, valor quase 4 vezes maior que o Japão - terceiro maior estoque mundial -, e quase 8 vezes maior que o estoque da Alemanha, quinto maior da Europa. Apesar do registro de taxas de crescimento mais baixas em 2015 em comparação ao ano de 2014, o crescimento absoluto no número de veículos elétricos permaneceu expressivo nos anos seguintes, com cerca de 160 mil veículos vendidos apenas em 2016 (IEA, 2017a).

4.7 - Coreia do Sul

A trajetória de crescimento econômico da Coreia do Sul pode ser considerada uma das mais proeminentes do século XX. O país, que ainda apresentava uma economia de base agrária ao fim da Guerra da Coreia, em 1953, tornou-se uma economia moderna e altamente industrializada.

A indústria automobilística é um dos segmentos de maior destaque na economia sul coreana; é o setor da indústria de transformação que mais emprega no país - mais de 300 mil pessoas - e contribui com cerca de 11% do valor adicionado à indústria. Por ser uma indústria orientada à exportação, foi responsável, em 2014, por 13,4% das exportações coreanas, caracterizando automóveis e componentes automotivos como o principal produto de exportação do país (KAMA, 2015).

O agravamento das questões ambientais pode ser considerado um dos grandes problemas enfrentados pela Coreia do Sul. Entre 1990 e 2010, as emissões de CO₂ per capita aumentaram 115,4% e espera-se que nos próximos anos continuem a aumentar, colocando o país entre as economias da OCDE que mais emitem gases estufa (IEA, 2012a).

A qualidade do ar em centros urbanos é um outro problema crítico no país. O processo de industrialização e a expansão da frota de veículos contribuiu para a deterioração da qualidade do ar em grande parte das cidades coreanas, especialmente devido ao aumento da concentração de material particulado. A Coreia do Sul apresenta índices de mortes prematuras per capita relacionadas à exposição ao ar contaminado elevados, quase duas vezes superior a países como França e EUA (ME, 2016; JUNG, 2017).

⁴⁰ O mercado americano é relativamente equilibrado em termos de composição da frota de VEs: os veículos a bateria são 297 mil (52,7%) e os híbridos plug-in 266 mil (47,3%).

Ademais, o *Environmental Performance Index* (EPI), compilado pela universidade de Yale, nos EUA, classificou a Coreia do Sul como um dos países com a pior qualidade do ar, na posição 173 entre 180 países analisados (HSU et. al., 2016).

A elevada participação de indústrias intensivas em energia como a siderúrgica, petroquímica e de cimento, aliado ao fato do país ter poucos recursos naturais em seu território e obter a maior parte da energia consumida a partir fontes fósseis - as energias renováveis correspondem a menos de 3% da matriz energética - coloca a Coreia do Sul em uma posição de grande emissora de gases estufa e de elevada dependência de recursos energéticos externos⁴¹ (IEA, 2012a).

Neste contexto de elevada dependência externa de recursos energéticos e significativos impactos ambientais, a difusão da eletromobilidade corresponde a uma das estratégias do governo sul coreano para a mitigação das mudanças climáticas, para melhora da qualidade do ar nos centros urbanos e, em menor escala, para a ampliação da segurança energética.

As primeiras iniciativas contundentes para a promoção dos VEs na Coreia do Sul datam dos anos 2000, com a promulgação, em 2004, de projetos de P&D para veículos de baixa emissão no âmbito da *Law for Eco-Friendly Cars R&D* e, em 2010, com a *Law for Low-Carbon Green Growth*, lei que estruturou mecanismos para promover uma estratégia de "crescimento verde" para a Coreia, apoiada, principalmente, na redução das emissões de gases estufa (HWANG, 2015).

Ainda no ano de 2010, o governo sul-coreano promulgou uma meta para atingir a marca de 1 milhão de veículos elétricos em circulação até 2020. O governo estruturou políticas de incentivo ao consumo, oferecendo, subsídios ao consumo na ordem de 12.300 dólares para veículos a bateria e 4.400 dólares para híbridos plug-in, valores sensivelmente superiores aos incentivos monetários concedidos na maioria dos países do mundo (HWANG, 2015; IEA, 2017a). Entretanto, a despeito dos programas de subsídio para estímulo ao consumo, a evolução da demanda foi mais lenta que o esperado, forçando o governo a reajustar a meta para 200 mil unidades em circulação até 2020.

⁴¹ Devido a limitada produção doméstica, a Coreia do Sul é uma grande importadora de recursos como carvão, gás natural e especialmente petróleo, o qual 99% é importado (IEA, 2012a).

O caso da Coreia do Sul é interessante, pois trata-se de um país que conta com mecanismos avançados de estímulo à eletromobilidade - como os subsídios à compra, por exemplo, que figuram entre os mais elevados e efetivos do mundo -, mas que tem apresentado evolução da frota de veículos elétricos a taxas relativamente baixas quando comparado a outros países.

Em 2016, o estoque registrado na Coreia do Sul foi de cerca de 11 mil veículos elétricos e o número de novos veículos registrados foi de 5 mil. Esses números são consideravelmente inferiores aos registrados por muitos outros países, mas indicam uma taxa de crescimento expressiva que, se mantida, poderá levar a um aumento considerável no estoque de VEs no país nos próximos anos.

Cabe destacar que o mercado de VEs na Coreia do Sul é amplamente voltado para veículos a bateria (BEV); em 2016, os BEV em circulação no país somavam cerca de 10.770 unidades – contra apenas 440 veículos híbridos plug-in (PHEV) - correspondendo a cerca de 98% do estoque de veículos elétricos do país (IEA, 2017a).

4.8 - China

A China, após passar por severos problemas sociais e econômicos durante o período Maoísta, iniciou a partir de 1978 um amplo processo de abertura econômica, no bojo das chamadas "quatro modernizações", um conjunto de reformas que visava ampliar a integração do país à economia mundial e superar entraves para o desenvolvimento. O processo de abertura econômica possibilitou à China alcançar patamares de crescimento econômico bastante elevados; entre 1980 e 1990, o país cresceu uma média 9,5% ao ano, sendo que o crescimento médio registrado entre 1985 e 1995 foi de 10,2% (MEDEIROS, 2010).

A rápida expansão econômica da China, que continuou a ser observada na primeira década do século XXI, foi liderada principalmente pelo setor industrial e permitiu ao país a constituição de um robusto parque industrial e o alcance do posto de maior produtora e exportadora de bens manufaturados do mundo. O crescimento econômico chinês, combinado à expansão das infraestruturas, a industrialização e o rápido processo de urbanização, criaram condições para que as pressões ambientais na China chegassem

a níveis insustentáveis, particularmente nas províncias orientais, densamente povoadas e mais industrializadas.

Nas áreas urbanas, a queima de carvão e a expansão da frota automotiva representam as principais fontes de contaminação atmosférica. Há uma forte expansão de fenômenos como chuva ácida e inversão térmica nos centros urbanos e doenças vinculadas às vias respiratórias estão entre as causas de morte mais frequentes no país (STERNFELD e VON WALDERSEE, 2006).

Ademais, desde 2007, a China consolidou-se como a maior emissora de gases do efeito estufa do mundo. Em 2014, o país respondeu por 30% das emissões globais de dióxido de carbono, superando as emissões conjuntas dos EUA, dos 28 países membros da União Europeia e do Japão (EPA, 2017).

Por outro lado, a rápida expansão da economia chinesa tornou o país mais dependente de fontes energéticas importadas, particularmente o petróleo. A demanda pelo hidrocarboneto - e outros recursos naturais e energéticos - tem crescido rapidamente e de maneira constante; já em 2013, por exemplo, a China superou os EUA e se tornou a maior importadora líquida de petróleo do mundo (EPE, 2017).

A despeito de menores taxas de crescimento do PIB, o crescimento sustentado esperado na China para as próximas décadas deve continuar a elevar a demanda por recursos energéticos, constituindo uma importante fonte de preocupação no âmbito da política energética chinesa (IEA, 2012b).

A indústria automobilística chinesa constitui um segmento estratégico e de grande importância para a economia do país. A China apresenta a maior produção de veículos automotores do mundo, com cerca de 28,1 milhões de veículos (de passageiro e comerciais) produzidos em 2016. A produção de veículos na China é maior que a produção nos EUA, Japão e Alemanha somadas e o mercado chinês é o maior do mundo, com cerca de 28 milhões de veículos vendidos em 2016 (OICA, 2017).

Tendo em vista a importância estratégica da indústria automobilística, o governo chinês mantém pretensões de, além expandir a capacidade produtiva doméstica, ampliar a capacidade de exportação e a inserção das montadoras chinesas em mercados externos à China. Diversos planos e declarações de autoridades chinesas deixam claras as

ambições da China de exercer uma maior influência sobre a indústria automobilística global (FREYSSENET, 2011).

Os veículos elétricos, por corresponderem a uma tecnologia emergente, podem representar uma oportunidade de aceleração deste processo, especialmente devido ao potencial disruptivo que essa tecnologia apresenta⁴² (LEVE, 2017).

De fato, o 13th Plano Quinquenal da China, divulgado em 2016, estabelece os "*veículos de nova energia*"⁴³ como uma das sete indústrias emergentes estratégicas para o desenvolvimento econômico do país (CCCPC, 2016). Ademais, as montadoras chinesas planejam expandir a produção de veículos elétricos para 4,5 milhões de unidades até 2020 e para cerca de 15 milhões de unidades até 2030, o que corresponderá por cerca de 40% do total de veículos produzidos no país (IEA, 2017a; KOGA, 2017).

Ademais, autoridades chinesas já declararam intenção, assim como no caso da França, de proibir a venda de veículos equipados com motores a combustão interna no país, sem, entretanto, definir um cronograma para a consecução de metas e objetivos estabelecidos (THE ECONOMIST, 2017).

Neste sentido, percebe-se que as políticas de estímulo à eletromobilidade na China decorrem de um conjunto bastante diversificado de fatores, tais como a preocupação com a degradação da qualidade do ar nos centros urbanos, a segurança energética, as

⁴² A transição do paradigma do motor a combustão interna para a eletrificação seria bastante conveniente à China, uma vez que o país dispõe de condições para se projetar como um dos principais líderes de uma indústria automobilística global orientada para os VEs; o país é o maior produtor de veículos elétricos do mundo, detém o maior mercado, conta com amplo apoio governamental para expansão do setor e é um dos principais produtores de componentes e peças de valor estratégico no âmbito da cadeia de valor dos VEs - com elevado *market share* na produção de baterias automotivas, componentes eletroeletrônicos e motores elétricos, por exemplo (HERTZKE et. al., 2017; SANDERSON et. al., 2017; ING, 2017). Além disso, parte muito expressiva da indústria automobilística global - baseada no motor a combustão interna - é liderada por países que, a despeito das boas relações comerciais com a China, são considerados adversários políticos pelo Partido Comunista Chinês, como, os EUA, alguns países da Europa Ocidental (com destaque para Alemanha e França), a Coreia do Sul e o Japão. Neste sentido, um declínio na indústria automotiva convencional seria potencialmente benéfico para a China, tanto pelas oportunidades criadas para a atuação de empresas chinesas, quanto pelo impacto social e econômico negativo que atingiria os países considerados inimigos geopolíticos pelo regime ditatorial de Pequim.

⁴³ Termo utilizado pelo governo chinês para se referir aos veículos de baixa emissão, baseados em energias alternativas. Embora o termo contemple, em tese, diversos tipos de veículos, a grande preponderância dos veículos elétricos no país permite, em termos práticos, a utilização desta expressão como sinônimo dos veículos elétricos.

emissões de gases estufa⁴⁴ e as potenciais oportunidades econômicas derivadas da atividade industrial relacionadas à cadeia produtiva dos VEs.

Os primeiros programas para desenvolvimento e comercialização de veículos elétricos datam os anos 2000, período a partir do qual os Planos Quinquenais chineses passaram, de maneira mais contundente, a contemplar esses veículos; o 10th Plano Quinquenal, estabeleceu, em 2001, o *863 Electric Fuel Cell Vehicles Project*, voltado principalmente para atividades de P&D. Já, no âmbito do 11th Plano Quinquenal (2006-2010), houve um adensamento nas ações direcionadas a P&D, produção e consumo de veículos elétricos, com destaque para o *863 Energy-Saving and New Energy Vehicles Project* (2006) na dimensão de P&D, e para o programa *Ten cities, Thousand Vehicles* (2009) na dimensão de consumo (LEVE, 2017).

Além disso, o governo chinês estabeleceu um sistema de concessão de subsídios que variam de CNY 35 000 até um máximo de CNY 60 000 - aproximadamente \$5100 e \$8700 - para veículos de nova energia⁴⁵. Além disso, existem subsídios fiscais concedidos a nível local - que não podem ultrapassar 50% dos incentivos oferecidos pelo governo central -, e outros incentivos de caráter local, em especial nos grandes centros urbanos, os quais incluem permissão de acesso a faixas exclusivas de ônibus, recarga e estacionamento gratuitos e isenção das taxas de emplacamento - *license plate* (IEA, 2017a).

As iniciativas adotadas pelo governo chinês podem ser classificadas como uma das mais agressivas e bem-sucedidas no sentido de estimular a difusão da eletromobilidade. A China, que até o ano de 2008 não contava com registro de veículos elétricos, em poucos anos presenciou uma rápida expansão de seu mercado. Em 2015, o país superou os EUA e se consolidou como o maior mercado mundial para veículos elétricos. Em 2016,

⁴⁴ A elevada participação de combustíveis fósseis na matriz energética chinesa implica em uma elevada intensidade de CO₂ por quilometro rodado nos VEs, reduzindo significativamente os benefícios potenciais de redução das emissões de gases estufa. Para se ter uma ideia do problema, na China, os veículos a bateria (BEV), são mais intensivos em CO₂ do que os híbridos e mais poluentes do que os veículos movidos a diesel (IEA, 2017a). Neste sentido, observa-se que para a obtenção de reduções significativas nas emissões de gases estufa seria necessário ampliar, concomitantemente à expansão da frota de VEs, a participação de fontes renováveis e menos intensivas em carbono na matriz energética chinesa.

⁴⁵ Entretanto, deve-se observar que o governo chinês anunciou a progressiva redução dos subsídios ao consumo até 2020, ano no qual os incentivos serão encerrados. Além disso, outros incentivos também podem ser encerrados ao final do mesmo ano.

o país registrou um estoque próximo a 650 mil unidades e a venda de cerca de 336 mil veículos (IEA, 2017a).

No caso da China, observa-se que a formulação das políticas é fortemente voltada para o estímulo aos veículos elétricos a bateria (VEB), os quais compõe cerca de 75% (483 mil unidades) da frota de veículos elétricos do país. (IEA, 2017a).

4.9 - Japão

Após a derrota na Segunda Guerra mundial, o Japão foi ocupado pelas forças aliadas até 1951 e encontrava-se em uma situação econômica delicada, contabilizando severas perdas de recursos materiais e humanos. As décadas subsequentes ao pós-guerra foram caracterizadas por um rápido processo industrialização e forte crescimento econômico, no qual observou-se um crescimento médio do PIB de 9.4%, entre os anos de 1951 e 1971 (OHNO, 2006).

A despeito da redução do crescimento econômico a partir da década de 1970, o Japão desenvolveu um parque industrial sofisticado, com diversas indústrias de elevada competitividade no mercado mundial e uma economia moderna, orientada para a exportação de bens manufaturados.

Entretanto, a rápida expansão econômica, conhecida como "milagre econômico japonês", ampliou drasticamente a pressão sobre o meio ambiente. A rápida industrialização fez com que a degradação dos recursos hídricos e da qualidade do ar se tornassem um problema sem precedentes no país; alguns incidentes que resultaram na contaminação hídrica, como a *Minamata Disease* (1956) e a *Nigata Minamata Disease* (1965) e na contaminação do ar, como o *Yokkaichi Asthma* (1961), chamaram a atenção da população e das autoridades japonesas para o agravamento das questões ambientais (OHNO, 2006).

Por outro lado, o Japão é um país insular de formação geológica recente e, por isso, apresenta poucos recursos naturais em seu território. Neste sentido, o aumento do consumo de energia durante o período de grande crescimento econômico (1950-1970) foi suprido, fundamentalmente, pelo aumento da importação de fontes primárias de energia, especialmente de combustíveis fósseis.

Na década de 1970, os choques do petróleo, ocorridos em 1973 e 1979, tiveram um grande impacto sobre a economia japonesa. Neste período, cerca de 99,7% do petróleo consumido no país era importado. A rápida elevação dos preços do petróleo causou distorções na balança comercial japonesa, provocou inflação, falta de produtos básicos, redução na produção industrial, quedas no sistema de iluminação de Tóquio, além provocar, em 1974, pela primeira vez no pós-guerra, uma contração de 0,8% no PIB (OHNO, 2006).

Nesse contexto, o governo japonês, a partir da década de 1970, passou a desenvolver e financiar projetos relacionados ao desenvolvimento de veículos elétricos, visando a atenuação de problemas ambientais e, também, como estratégia de fortalecimento da segurança energética do país.

Embora essas iniciativas, até o final da década de 1990, não tenham resultado em modelos comercialmente viáveis e produzidos em larga escala, o pioneirismo japonês em investimentos em tecnologias de propulsão elétrica e baterias foi importante para que as empresas do país apresentassem liderança em veículos embarcados com tecnologia híbrida, na primeira década do século XXI (BARASSA, 2015), tal como no destaque de várias montadoras japonesas no lançamento de modelos elétricos e híbridos nos anos posteriores.

A partir da década de 1990, o governo japonês passou a diversificar a alocação de recursos em programas de P&D que contemplassem outras tecnologias de propulsão, particularmente as células de combustível. O *WE-NET Programme* (1993-2003), que visava estimular o desenvolvimento do hidrogênio como solução tecnológica para a geração de energia em veículos é um exemplo importante de projeto nesse sentido (LEVE, 2017).

Com vistas a incentivar de maneira mais direta o consumo de veículos de baixa emissão, o governo japonês também estruturou programas que oferecem descontos para consumidores que optem por adquirir veículos baseados em tecnologias de propulsão alternativas; desde 2016, o governo oferece subsídios atrelados à capacidade das

baterias veiculares, os quais podem chegar até um máximo de JPY 850 000 - cerca de 7.700 dólares⁴⁶(IEA, 2017a; GIBSON, 2017).

As ações adotadas pelo governo japonês foram importantes para uma rápida e expressiva difusão de veículos elétricos na frota automotiva. Até 2013, o Japão ocupou a posição de segundo maior mercado de VEs e, em 2016, deteve o terceiro maior estoque de veículos elétricos, atrás da China e dos EUA, com cerca de 151 mil unidades em circulação,⁴⁷ das quais cerca de 86 mil são veículos a bateria (57%) e 64,8 mil (43%) híbridos plug-in – PHEV (COBB, 2017; IEA, 2017a).

4. 10 - Brasil

O Brasil é um dos maiores mercados automobilísticos do mundo. A produção de veículos automotores no país, desde o início da produção na década de 1950, cresceu de maneira expressiva e relativamente constante até os primeiros anos da década de 2010, atingindo um ápice de 3,7 milhões de unidades produzidas no ano de 2013 e cerca de 3,8 milhões de veículos vendidos no ano de 2012. Esses valores posicionaram o Brasil, nos anos supracitados, como sétimo maior produtor de veículos e o quarto maior mercado mundial em termos de vendas (OICA, 2017).

O setor automobilístico é também o maior segmento industrial do país. Em 2013, os investimentos alocados na indústria - especialmente em plantas industriais, bens de capital e P&D - foram da ordem de 5,3 bilhões de dólares e faturamento líquido do setor ultrapassou os 98 bilhões de dólares, valor correspondente a cerca de 20% do produto interno bruto industrial brasileiro. Além disso, no mesmo ano, a indústria automobilística nacional empregou perto de 160 mil pessoas (ANFAVEA, 2016).

A despeito da expressiva queda na produção e nas vendas de veículos automotores relacionada à crise econômica que afetou o Brasil, especialmente a partir de 2015, o país ainda se mantém como um importante mercado no âmbito da indústria automobilística global, tanto em termos de produção quanto em termos de vendas.

⁴⁶ A título de exemplo, um Nissan LEAF, equipado com uma bateria de 30-kWh, recebe um abatimento de JPY 330 000 - cerca de \$3000.

⁴⁷ Entretanto, a despeito dos números expressivos citados, deve-se atentar ao fato de que o Japão, nos últimos três anos, apresentou taxas de crescimento no número de licenciamentos de VEs muito menores do que as registradas anteriormente, apresentando, portanto, crescimento pouco expressivo no tamanho do estoque de VEs.

Com a eclosão dos choques do petróleo, nos anos 1970, e do estabelecimento e do Programa Nacional do Álcool (Pro-Álcool), em 1975, o Brasil deu início a uma importante trajetória no sentido de se consolidar como um grande produtor de biocombustíveis para automóveis, tal como de tecnologias associadas à propulsão veicular baseada em combustíveis alternativos.

Neste sentido, pode-se considerar que uma das maiores apostas do país em combustíveis renováveis é o etanol - produzido a partir da cana-de-açúcar -, pois além de permitir a redução da dependência de combustíveis fósseis, permite também a redução das emissões de gases estufa na atmosfera.

Desde 2003, parte significativa dos veículos comercializados no Brasil são equipados com motores *flex*, os quais permitem a utilização de gasolina, etanol ou uma mistura de ambos, em qualquer proporção desejada. A título de exemplo, em 2016, dos cerca de 1,77 milhão de veículos automotores produzidos no país, 1,6 milhão corresponderam a veículos *flex fuel*⁴⁸ (ANFAVEA, 2017).

A ampla orientação da indústria automobilística nacional para os sistemas de propulsão baseados em biocombustíveis e o apelo ambiental do etanol como combustível renovável e de moderada emissão gases estufa⁴⁹ tornam, a princípio, a difusão de veículos elétricos no Brasil relativamente mais difícil, uma vez que elementos como a redução das emissões de gases estufa e a ampliação da segurança energética perdem força, devido ao panorama relativamente favorável do Brasil em relação à maior parte dos países anteriormente analisados.

Ademais, fatores políticos e regulatórios também atuam como barreiras importantes. A carga tributária incidente sobre veículos elétricos, por exemplo, é considerada um dos principais empecilhos para a popularização desse tipo de veículo no Brasil, pois mantém os custos de aquisição demasiadamente elevados em relação aos veículos de motorização convencional. Este fato torna-se ainda mais preocupante quando consideramos que o Brasil apresenta um mercado de poder aquisitivo moderado, significativamente mais limitado em relação à maioria dos países anteriormente analisados.

⁴⁸ Valores referentes apenas a veículos de passageiros.

⁴⁹ As emissões de gases estufa e outros poluentes atmosféricos são relativamente menores no processo de combustão do etanol do que em relação à combustão de combustíveis de origem fóssil, como a gasolina ou o diesel.

Para o ano de 2014, por exemplo, a carga tributária incidente sobre veículos elétricos - Imposto de Importação, Imposto sobre Produtos Industrializados, Imposto sobre circulação de Mercadorias e Serviços, PIS/Cofins, contribuições sociais e o Imposto sobre Veículos Automotores, com alíquota variável entre as unidades da federação - podia ser mais de 80% em relação ao valor do veículo (BARASSA, 2015).

A ausência de iniciativas de grande escala e políticas públicas direcionadas e bem estruturadas para o segmento dos veículos elétricos também constituem barreiras importantes. Pode-se dizer que não existe um arcabouço institucional bem organizado no país para tratar essa questão (LEVE, 2017).

A principal ação do governo no sentido de facilitar o acesso aos VEs foi estabelecida em 2015 pela Câmara de Comércio Exterior (CAMEX), através da Resolução Camex nº 97/2015, que estabeleceu a redução da alíquota do Imposto de Importação para veículos elétricos - e movidos a célula combustível - de 35% para 0%, além de estabelecer uma redução tarifária para veículos híbridos de 35% para 0%, 2%, 4%, 5% ou 7%, de acordo com a descrição do destaque-tarifário, da eficiência energética que o veículo apresente e da agregação de valor no país (CAMEX, 2015).

Mais recentemente, o governo brasileiro confirmou, através do Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC), que irá reduzir a alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) incidente sobre veículos elétricos e híbridos de 25% para 7%, equiparando a taxa dos VEs aos modelos de carro popular comercializados no país, no que se refere a esse tributo⁵⁰ (NAKAGAWA e SILVA, 2018; SODRÉ, 2018).

Entretanto, ações de maior escopo e iniciativas mais incisivas ainda não constituem uma realidade no Brasil. Pode-se considerar que o estímulo à eletromobilidade, especialmente no que tange as dimensões da produção e do consumo, estão inseridas de maneira indireta em políticas e programas implementados pelo governo.

A título de exemplo, tem-se o programa Inovar Auto (2013 - 2017)⁵¹ que visa aumentar a eficiência energética dos automóveis produzidos no Brasil, ampliando a incorporação

⁵⁰ Entretanto, especificamente para os modelos híbridos, ainda não há definição da alíquota, que pode ser reduzida à patamares que variam entre 7% e 9%.

⁵¹ O Programa Inovar Auto foi finalizado no dia 31 de dezembro de 2017 e, embora ainda não esteja em vigor nenhuma política de substituição, espera-se que em breve o programa "Rota 2030" possa entrar em vigência e estabelecer novas diretrizes e metas de eficiência energética e redução de emissões para a indústria automobilística nacional.

de inovações tecnológicas que permitam a redução das emissões de CO₂, através do estabelecimento de metas e exigências atreladas a incentivos tributários. Espera-se com esse programa a ampliação da eficiência energética e da segurança de veículos produzidos no Brasil, além do aumento nos investimentos em engenharia e P&D na indústria automobilística nacional (LEVE, 2017; MDIC, 2016).

Embora esse programa não contemple de forma direta os veículos elétricos, as metas e exigências para a concessão de benefícios tributários criam espaço para a difusão dos veículos elétricos devido a sua elevada eficiência energética e baixa - ou nula - emissão de gases estufa.

Outros programas inseridos nessa mesma dinâmica e que se apresentam como políticas indiretas de estímulo à eletromobilidade são: 1 - o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), que objetiva melhorar a conscientização ambiental dos consumidores; 2 - a Política Nacional Sobre Mudança do Clima, que prevê a redução das emissões de gases estufa entre 36 e 39% até 2020; e 3 - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), que estabelece limites máximos para emissão de poluentes para veículos (LEVE, 2017).

Existem também algumas iniciativas pontuais diretamente vinculadas aos VEs e tecnologias associadas, especialmente as promovidas por órgãos governamentais e agências públicas de fomento à pesquisa.

O BNDES, por exemplo, através de programas como o BNDES Fundo Clima, oferece linhas de crédito para o financiamento de projetos de fabricação de ônibus elétricos e mantém, através do Fundo Tecnológico - FUNTEC -, linhas de financiamento para projetos inovadores, como o carro elétrico esportivo nacional da Eletric Dreams.

Já a FINEP, através do programa Inova Energia, oferece financiamento para projetos vinculados ao desenvolvimento de motores, sistemas de tração elétricos, baterias, acumuladores e para a produção de veículos elétricos, ao passo que o Conselho Nacional de Pesquisas - CNPQ -, tem financiado, nos últimos anos, algumas dezenas de projetos de pesquisa associados aos VEs (FINEP, 2014; LEVE, 2017)

Além dessas ações, percebe-se a tomada de algumas medidas pontuais pró eletromobilidade a nível estadual e municipal. Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Sergipe e Rio grande do Sul, estabeleceram isenção completa de

IPVA para veículos elétricos e em Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo foram estabelecidas alíquotas diferenciadas para este segmento veicular (ABVE, 2016; LEVE, 2017). Ademais, na cidade de São Paulo, os veículos elétricos estão isentos do sistema de rodízio municipal.

De modo geral, pode-se dizer que as ações desenvolvidas em prol dos veículos elétricos são bastante pontuais e desarticuladas e as políticas públicas, quando existentes, são pouco direcionadas e carecem de continuidade. Diferentemente do que se observou na maioria dos países analisados, o Brasil carece de um arcabouço jurídico e institucional bem estruturado e de ações políticas que visem direcionar, orientar e coordenar de maneira efetiva os atores do Sistema Nacional de Inovação. Além disso, os volumes de recursos alocados em projetos de pesquisa e o engajamento de atores importantes - tal como montadoras de veículos - no desenvolvimento de componentes, tecnologias associadas e na produção de VEs ainda é bastante pequeno no Brasil em relação aos países mais avançados no tema.

Neste sentido, pode-se observar que o mercado de VEs no Brasil é muito pouco expressivo. A título de exemplo, no ano de 2015, foram registrados apenas 846 veículos elétricos no país e, em 2016, cerca de 1091 (ANFAVEA, 2017). Os números de registros, muito inferiores ao total contabilizado individualmente em todos os países anteriormente analisados, tornam-se ainda mais irrisórios quando consideramos que esses dados referem-se, também, aos veículos híbridos não plug-in, os quais correspondem à quase totalidade da frota de VEs no país. Ademais, não existe produção de veículos elétricos - veículos leves de passageiros -, no Brasil, estando a produção restrita apenas a alguns veículos pesados, como os ônibus híbridos e elétricos.

5. Considerações Finais

Essa monografia buscou descrever e analisar o contexto de surgimento dos veículos elétricos e os principais fatores que impulsionaram os atores políticos e o setor produtivo a retomarem o interesse nesta tecnologia alternativa, a partir, principalmente, da década de 1970. Atenção especial é dada ao papel dos Estados e das suas políticas de estímulo ao segmento dos veículos elétricos, a partir das experiências de países que se destacam neste tema, a saber: EUA, China, Japão, Alemanha, França, Reino Unido, Noruega e Coréia do Sul; o Brasil, embora não seja um protagonista neste tema, também mereceu uma reflexão neste estudo. Com vistas a contextualizar esta discussão, este trabalho também tencionou investigar, relatar e analisar o atual panorama global do mercado dos veículos elétricos, perspectivas de expansão para as próximas décadas e implicações socioeconômicas concernentes a este processo.

Tal como foi possível averiguar, os veículos elétricos correspondem a uma tecnologia que surgiu de maneira concomitante ao processo de desenvolvimento da indústria automobilística e que, durante as últimas décadas do século XIX e o início do século XX, figurou como uma das principais opções de propulsão disponíveis no mercado de veículos automotores, juntamente aos veículos tracionados por motores a combustão interna e a vapor.

Contudo, os avanços técnicos, variáveis de âmbito institucional e a política praticada pelas grandes empresas do segmento petrolífero criaram condições para a redução expressiva dos custos de produção e rodagem de veículos apoiados nos motores a combustão interna. Da mesma forma, esses fatores permitiram a estruturação de um *lock-in* técnico-institucional e um *path dependence* associado a esta rota tecnológica de propulsão veicular, de modo a consolidar os veículos baseados no MCI como paradigma tecnológico da indústria automobilística e provocar, a partir da década de 1910, a derrocada dos VEs.

Entretanto, ao mesmo tempo em que o motor a combustão interna se consolidou e prevaleceu no mercado de veículos automotores, um amplo conjunto de variáveis que transcendem a esfera técnica passou a compor, cada vez mais, parte importante da pauta de questionamentos em relação a esta tecnologia; problemas ambientais correlacionados à ampliação das emissões de gases estufa, problemas associados à saúde públicas nos centros urbanos e o aumento e a volatilidade dos preços do petróleo no mercado

internacional criaram condições para o estabelecimento de dubiedades em relação à eficiência energética dos motores a combustão interna e passaram a constituir importantes fatores de direcionamento da atenção do Estado e do setor produtivo para o tema.

Neste sentido, observa-se que esse amplo conjunto de fatores - combinados aos avanços e inovações tecnológicas apreciados na indústria eletroeletrônica – permitiram a retomada de projetos de P&D para veículos elétricos e componentes associados, sobretudo como estratégia de enfrentamento de problemas ambientais e econômicos relacionados à dependência de combustíveis fósseis, a partir da década de 1970.

A despeito da ampliação do dispêndio de esforços para viabilização de tecnologias vinculadas a este segmento veicular, os veículos elétricos permaneceram por muitas décadas como uma opção pouco atrativa no mercado de veículos automotores, com poucas vendas contabilizadas.⁵² Porém, esse cenário começa a dar indícios substanciais de mudança a partir, especialmente, de 2010, quando as vendas de VEs passaram a experimentar crescimento significativo devido, principalmente, a melhorias nas tecnologias destes veículos - que resultaram em redução dos custos de produção -, assim como a ampliação das políticas de estímulo ao consumo.

Tal como atestam diversos estudos descritos nesta monografia, os veículos elétricos e componentes – com amplo destaque para as baterias automotivas - têm apresentado trajetórias decrescentes de custos de fabricação, sendo o aumento na escala de produção, o aprimoramento de tecnologias-chaves e a ampliação nos montantes de recursos alocados em engenharia, P&D e capital fixo verificados consistentes com o cenário futuro de ampliação significativa da participação deste segmento veicular na frota automotiva global, assim como indicado em diversas projeções analisadas.

Para além da esfera tecnológica, observa-se também que ações planejadas e implementadas a partir do âmbito estatal desempenham - e devem continuar a desempenhar - um papel central neste processo. Destaca-se que muitos países têm empregado esforços na formulação de instrumentos de estímulo para a difusão da eletromobilidade, com vistas a lograr a consecução de metas e objetivos especificados em suas políticas ambiental e/ou energética.

⁵² O estoque global de VEs (veículos híbrido plug-in e a bateria) no ano de 2010 era de apenas 10 mil unidades.

Além disso, o suporte do setor público também manifesta-se como elemento essencial no processo de coordenação dos atores do Sistema Nacional de Inovação, na orientação, direcionamento de esforços e estabelecimento de metas aos atores da cadeia produtiva automobilística e na atenuação de incertezas referentes ao processo de desenvolvimento de mercado e de tecnologias relacionadas aos veículos elétricos, visto que ainda são significativas as barreiras que impedem uma maior popularização deste segmento veicular no mercado – em especial, os elevados custos de aquisição, a autonomia de rodagem relativamente baixa, o número insuficientes de eletropostos disponíveis, a ausência de uma rota tecnológica bem definida para veículos e componentes e a aceitação relativamente limitada dos consumidores em relação a essa tecnologia.

A despeito desses entraves e do elevado grau de maturidade tecnológica atingido pelos sistemas e componentes que abarcam os veículos de motorização convencional – associados aos ganhos de escala e ao acúmulo de competências por empresas que compõe a cadeia de valor automotiva tradicional -, a análise do atual panorama da eletromobilidade sugere que os veículos elétricos podem ser considerados uma tecnologia promissora e que constitui uma das grandes tendências e apostas para o futuro da indústria automobilística global, além de uma importante tecnologia de apoio à consecução de um sistema de transporte sustentável e de baixa emissão de carbono.

A expansão de mercado e o aumento gradual na produção e consumo dos VEs fornecem indicações que apontam para uma possível reestruturação da indústria automobilística global, caracterizada pela incorporação progressiva de novas tecnologias associadas a sistemas de propulsão elétricos e pela adoção de fontes energéticas alternativas, com o propósito de reduzir as emissões de poluentes e ampliar a eficiência energética.

Essas constatações sugerem que, para além de modificações na dinâmica e estrutura de mercado, a expansão da produção e consumo dos VEs pode impactar consideravelmente a maioria dos segmentos da cadeia produtiva automobilística, de maneira a criar oportunidades para a inserção de novos atores, riscos de deslocamento de empresas já consolidadas e, também, diversas implicações sociais e econômicas.

Dentro desse escopo de análise, pode-se inferir que o gradativo processo de modificação na base tecnológica nos sistemas de propulsão veicular não apenas representa uma fonte de preocupação para atores constituintes da cadeia de valor automotiva, mas também

para governos e Estados, dado que o segmento automobilístico é bastante relevante na geração de empregos, renda e tributos e apresenta importância estratégica para diversas economias nacionais.

Para além das questões ambientais, essas observações explicitam a relevância do tema para o planeamento e implementação das políticas económicas e industriais, assim como fornecem um panorama mais completo e abrangente acerca das motivações e intenções que modelam a proposição de políticas públicas que tencionam a viabilização e difusão de veículos baseados em sistemas de propulsão alternativos.

Exemplos deste movimento podem ser observados nas estratégias de transição para a mobilidade elétrica adotadas por diversos países: o governo alemão, por exemplo, tem tomado medidas bastante cautelosas com vistas a induzir mudanças graduais que possam ser progressivamente incorporadas e assimiladas pelas montadoras e empresas de autopeças da cadeia de valor automotiva, de modo a manter a posição de elevada competitividade do país na indústria automobilística global e o papel preponderante dessa atividade na economia alemã.

Em contrapartida, em países como o Reino Unido, a elevada participação de empresas estrangeiras na composição da indústria automobilística tem levado o governo a estruturar incentivos à eletromobilidade de maneira mais assídua, visando tanto a consecução das metas de cortes de emissão estabelecidas, quanto as possibilidades de crescimento económico para o país, especialmente por meio de uma maior inserção de empresas britânicas na cadeia produtiva de veículos elétricos.

Em casos mais extremos, pode-se observar políticas mais agressivas, com vistas a transformação efetiva, no longo prazo, da estrutura de produção da indústria automobilística convencional, apoiada no motor a combustão interna. A China é um dos países que vem buscando de maneira mais explícita o desenvolvimento de uma indústria de veículos elétricos com o propósito de amenizar os impactos ambientais, a dependência de combustíveis fósseis e engendrar oportunidades económicas para o país.

A elevada intensidade de carbono do sistema de geração de energia elétrica e o estabelecimento dos VEs como uma indústria estratégica para o desenvolvimento da China, fornecem indícios contundentes de que as ambições do país sobrelevam as questões ambientais e estão relacionadas, principalmente, com as pretensões do governo

chinês de exercer maior controle sobre a indústria automobilística global, especialmente por meio da concentração de etapas relevantes da cadeia de valor automotiva em território chinês e do deslocamento de atores e países já consolidados na atual estrutura da indústria automobilística mundial.

As constatações aqui explicitadas fornecem indícios consistentes com a ideia de que, embora a agenda ambiental, os problemas relacionados à saúde pública nos centros urbanos e a redução da dependência dos combustíveis fósseis constituam fatores precípuos no condicionamento de políticas de estímulo à eletromobilidade, os avanços tecnológicos e as possibilidades de expansão de mercado estão, cada vez mais, orientando a proposição de políticas públicas destinadas à viabilizar o segmento dos veículos elétricos, tendo como intentos principais a manutenção ou melhora na posição competitiva da indústria automobilística e a possibilidade de auferição de vantagens econômicas.

Transpondo essa discussão para o contexto do Brasil, pode-se averiguar que o país posiciona-se à margem do processo de transição para a mobilidade apoiada em sistemas de propulsão alternativos e apresenta um arcabouço jurídico e institucional pouco desenvolvido para o trato de questões relacionadas ao tema.

A orientação da indústria automobilística brasileira para sistemas de propulsão apoiados em biocombustíveis e os proventos ambientais associados à utilização de combustíveis renováveis tornam a difusão da mobilidade elétrica mais difícil no Brasil, dado que elementos como a possibilidade de redução das emissões de gases estufa e a ampliação da segurança energética apresentam menos força, devido ao panorama relativamente favorável que o país apresenta no que concerne essas questões.

Essas constatações manifestam-se como importantes fatores explicativos do pequeno interesse do Estado e do setor produtivo no tema; de fato, ações que tencionam a promoção de veículos elétricos no Brasil são difusas, pouco direcionadas, desarticuladas e carecem de continuidade. As principais políticas públicas em vigor no país são indiretas e contemplam, na maior parte dos casos, apenas aspectos marginais correlacionados aos VEs, não possuindo a robustez necessária para criar e desenvolver este segmento de mercado no Brasil.

Em contraste com os países mais avançados no tema - nos quais prevalecem metas relativas à produção e consumo e amplo apoio estatal na consecução destas e na coordenação e direcionamento dos atores do Sistema Nacional de Inovação - o Brasil apresenta um quadro regulatório e institucional pouco avançado, contribuindo para o pequeno desenvolvimento de mercado e de tecnologias associadas aos veículos elétricos observado no país.

Tal como pôde-se observar no decorrer desta monografia, a difusão da mobilidade elétrica é um processo complexo e sua evolução está diretamente atrelada a um amplo conjunto de variáveis sócio-técnicas relacionadas às intencionalidades e objetivos estratégicos dos atores da cadeia produtiva automobilística e das intenções e políticas - propostas e implementadas - dos governos e Estados nacionais.

Embora a eletrificação veicular, de fato, tenha despontado como uma forte tendência na indústria automobilística global e diversas projeções apontem para uma ampliação significativa da participação dos VEs na composição da frota automotiva mundial, a análise do atual panorama da eletromobilidade sugere que a evolução do mercado para os veículos elétricos ainda está fortemente condicionada à superação de diversos entraves tecnológicos, mercadológicos, institucionais e culturais e, sobretudo, amplamente dependente das ações políticas do Estado e dos governos, em suas mais distintas esferas de atuação.

6. Referências

AAPC - American Automotive Policy Council. **State of the U.S. Automotive Industry**. Investment, Innovation, Jobs, Exports and America's Economic Competitiveness. 2016.

ABVE - Associação Brasileira do Veículo Elétrico. **Legislação**. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/diversos/15/legislacao>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

ABVE - Associação Brasileira do Veículo Elétrico. **O que é um veículo elétrico?** Disponível em: <<http://www.abve.org.br/perguntas>>. Acesso em: 17 out. de 2017.

ABVE - Associação Brasileira do Veículo Elétrico. **O que é um veículo a bateria?** Disponível em: <<http://www.abve.org.br/perguntas>>. Acesso em: 23 set. 2017.

AC – Automotive Council. **Industrial Strategy. Automotive Sector Deal**. London, 2018.

ACEA - European Automobile Manufacturers Association. **Safeguarding auto industry competitiveness, amidst Brexit and CO2 policy concerns**. ACEA, 2018. Disponível em: <<http://www.acea.be/press-releases/article/safeguarding-auto-industry-competitiveness-amidst-brexit-and-co2-policy-con>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

ACEA - European Automobile Manufacturers Association. **Interactive map: Electric vehicle incentives per country in Europe**. ACEA, 2017a. Disponível em: <<http://www.acea.be/statistics/article/interactive-map-electric-vehicle-incentives-per-country-in-europe>>. Acesso: 12 jan. 2018.

ACEA - European Automobile Manufacturers Association. **The automobile industry pocket guide 2017/ 2018**. Bruxelas, may, 2017b.

AGHION, P., DECHEZLEPRÊTRE, A., HÉMOUS, D., MARTIN, R., REENEN, J. V. **"Carbon Taxes, Path Dependence and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry."** Journal of Political Economy 124, no. 1, 2016: 1-51.

ALLAN, C.; JAFFE, A. B.; SIN, I. **Diffusion of Green Technology: A Survey**. Motu Economic and Public Policy Research, Motu Working Paper, 14-04, Wellington, 2014.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. 2016.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. 2017.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis>>. Acesso em: 19 jan. de 2018.

APC - Advanced Propulsion Centre. Disponível em: < <http://www.apcuk.co.uk/>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

APCO WORLDWIDE. **Market Analysis Report: China's Automotive Industry**. 2010.

ATIYEH, C. **The tax man cometh: these 10 states charge extra feed for electric cars**. Car and Driver. Disponível em: <<https://blog.caranddriver.com/the-tax-man-cometh-these-10-states-charge-extra-fees-for-electric-cars/>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

BARASSA, E. **Trajетória Tecnológica do Veículo Elétrico: Atores, Políticas e Esforços Tecnológicos no Brasil**. Dissertação (mestrado). Curso de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica. Departamento de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

BARASSA, E., CONSONI, F. **Evolução tecnológica do Veículo Elétrico: uma análise a partir de dados de patentes**. X Congresso Latino Americano de Veículos Elétricos, Novas Tecnologias e Componentes. São Paulo, Brasil, 2014.

BARASSA, E., CONSONI, F. **O renascimento dos veículos elétricos: trajetória e tendências atuais**. ComCiência- Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, 2015. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=118&id=1431>>. Acesso em: 15 dez. de 2017.

BARBOSA, G. S. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Revista Visões 4ª Edição, Nº4, Volume 1 - Jan/Jun. 2008.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207-224, mar. 2011

BEIS – UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy. **The Clean Growth Strategy. Leading the way to a low carbon future,** London, 2017.

BMUB - Federal Ministry for the Environment, Natural Conservation, Building and Nuclear Safety. **Climate Action Plan 2050 - German's long-term emission development strategy.** Disponível em: <<https://www.bmub.bund.de/en/topics/climate-energy/climate/national-climate-policy/greenhouse-gas-neutral-germany-2050/>>.

Acesso em: 05 jan. 2018.

BMUB - Federal Ministry for the Environment, Natural Conservation, Building and Nuclear Safety. **Key Elements of an Integrated Energy and Climate Programme.** 2007. Disponível em: <http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/english/pdf/application/pdf/klimapaket_aug2007_en.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2017.

BNEF - Bloomberg New Energy Finance. **Electric Vehicles to Accelerate to 54% of New Car Sales by 2040.** BNEF, 2017 <<https://about.bnef.com/blog/electric-vehicles-accelerate-54-new-car-sales-2040/>>. Acesso em: 16 de ago. de 2017.

BNEF - Bloomberg New Energy Finance. **Electric vehicles to be 35% of global new car sales by 2040.** BNEF, 2016. Disponível em: <<https://about.bnef.com/blog/electric-vehicles-to-be-35-of-global-new-car-sales-by-2040/>>. Acesso em: 15 de ago. de 2017.

CAAM - China Association of Automobile Manufacturers. **Automotive Statistics.** Disponível em: <<http://www.caam.org.cn/english/newslist/a101-1.html>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

CAMEX - Câmara do Comércio Exterior. **Camex aprova redução da alíquota do Imposto de Importação para carros elétricos e movidos a células de combustível.** 2015. Disponível em: <<http://www.camex.gov.br/noticias-da-camex/262-camex-aprova-reducao-da-aliquota-do-imposto-de-importacao-para-carros-eletricos-e-movidos-a-celulas-de-combustivel>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CAMARGO, O. S. **As mudanças na organização e localização da indústria automobilística brasileira (1996-2001)**. Tese (doutorado). Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2006.

CARVALHO, N. L., KERSTING, C., ROSA, G., FRUET, L., BARCELLOOS, A. L. **Desenvolvimento sustentável X desenvolvimento econômico**. Monografias Ambientais, 14(3), 2015,109-117.

CASTRO, B. H. R. D., FERREIRA, T. T. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades**. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 267-310.

CCCPC - Central Committee of the Communist Party of China. **The 13th Five-Year Plan for Economic and Social Development of the People's Republic of China (2016–2020)**. Central Committee of the Communist Party of China, Beijing, China, 2016.

CHAN, C.C. **The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles**. Proceedings of the IEEE, vol. 95, no. 4, pp. 704-718, 2007.

CURRY, C - **Lithium-ion battery costs and market. Squeezed margins seek technology improvements & new business models**. Bloomberg New Energy Finance - BNEF, July, 2017.

COBB, J. **Top 10 Plug-in Vehicle Adopting Countries of 2016**. Hybridcars, 2017. disponível em: <<http://www.hybridcars.com/top-10-plug-in-vehicle-adopting-countries-of-2016/>>. Acesso em: 5 de out. de 2017.

CONNOLLY, M; YI, K. **How Much of South Korea's Growth Miracle Can Be Explained by Trade Policy?** Federal Reserve Bank of San Francisco, Working Paper Series, 2008.

CFC - Council on Foreign Relations. **Oil Dependence and U.S. Foreign Policy: 1850 - 2017**. 2017. Disponível em: <<https://www.cfr.org/timeline/oil-dependence-and-us-foreign-policy>>. Acesso em: 2 de out. de 2017.

COWAN, R., HULTÉN, S. **Escaping Lock-in: The Case of Electric Vehicle**. Technological Forecasting and Social Change, 1996, v. 53, pp. 61-79.

DAIMLER. **Company History: Benz Patent Motor Car: The first automobile (1885–1886)**. Disponível em: <<https://www.daimler.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

DIXON, T. **Chinese Electric Vehicle Subsidy Changes In 2018 — The Details**. CleanTechnica, 2018. Disponível em: <<https://cleantechnica.com/2018/01/06/chinese-electric-vehicle-subsidy-changes-2018-details/>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

DOE - US Department of Energy. **EV Everywhere Grand Challenge Blueprint**. Department of Energy, 31 Jan. 2013.

DOE - US Department of Energy. **EV Everywhere Grand Challenge**. Road to Success. Department of Energy, Jan. 2014.

EAF0 - European Alternative Fuels Observatory. **Norway Summary**, 2018. Disponível em: <<http://www.eafo.eu/content/norway>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

EAF0 - European Alternative Fuels Observatory. **United Kingdom Summary**, 2017a. Disponível em: <<http://www.eafo.eu/content/united-kingdom>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

EAF0 - European Alternative Fuels Observatory. **France Summary**, 2017b. Disponível em: <<http://www.eafo.eu/content/france>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

EC - European Commission. **2050 low-carbon economy**. European Commission, 2017. Disponível em: <https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en>. Acesso em: 4 out. 2017.

EPA – US Environmental Protection Agency. **Global Greenhouse Gas Emissions Data**, 2017. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>>. Acesso em: 21 out. de 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Boletim de Conjuntura da Indústria do Petróleo**. Número. 2 – 1º Semestre, 2017.

EWING, J. **France plans to end sales of gas and diesel cars by 2040**, New York Times, 2017. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2017/07/06/business/energy-environment/france-cars-ban-gas-diesel.html>>. Acesso em: Out. 2017.

EEA - European Environment Agency. **Air quality in Europe — 2016 report**. EEA, Copenhagen, 2016a.

EEA - European Environment Agency. **Transforming the EU power sector: avoiding a carbon lock-in**. EEA Report. No 22, Copenhagen, 2016b

EEA - European Environment Agency. **Electric vehicles in Europe**. Copenhagen, 2016c.

FOXON, T. J. **Technological and institutional ‘lock-in’ as a barrier to sustainable innovation**. Imperial College Centre for Energy Policy and Technology, Working Paper, London, 2002.

FIGENBAUM et. al. **Electromobility in Norway: Experiences and Opportunities**. Research in Transportation Economics 50, 29 - 38, 2015.

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos. **Inova Energia**. 2014. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/programas-e-linhas/programas-inova/inova-energia>>. Acesso em: 09 set. 2017.

FREEMAN, C. **A Economia da Inovação Industrial**. Clássicos da Inovação, Ed. da Unicamp, (original de 1975), 2008. cap 8.

FREYSSINET, M. **Three Possible Scenarios for Cleaner Automobiles**. International Journal of Automobile Technology and Management, issue n°4, 2011.

FRENCH GOV. **The new face of industry in France**. 2013. Disponível em: <https://www.economie.gouv.fr/files/nouvelle_france_industrielle_english.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.

GIBSON, R.. **Which Countries have the best incentives for EV purchases?** FLEETCARMA, 2017. Disponível em: <<https://www.fleetcarma.com/countries-best-incentives-ev-purchases/>>. Acesso em: 23. jun. 2017.

GTAI - Germany Trade & Invest. **The Automotive Industry in Germany**, 2017.

HEJNY, S.; NIELSEN, J. **Past, Present, & Future of Petroleum**. Standford University. v. 20, 2003.

HERTZKE, P., MÜLLER, N., SCHENK, S. **Dynamics in the Global Electric Vehicle Market.** McKinsey&Company, may, 2017. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/dynamics-in-the-global-electric-vehicle-market>>. Acesso em: 11 out. 2017.

HOYER, K. **The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars.** Utilities Policy, 16(2), pp.63-71. 2008.

HWANG, S. K. **Comparative study on electric vehicle policies between South Korea and EU Countries.** EVS28 KINTEX, Korea, May 3-6, 2015.

HWANG, H. J. **South Korea's way fighting climate change with green energy.** Asian Clean Energy Forum: The future is here: achieving universal access and climate targets, Manila, 5-8 jun., 2017.

IA-HEV. **Germany - Industry.** Disponível em: <<http://www.ieahev.org/by-country/germany-industry/>>. Acesso em: 23 de ago. 2017a.

IA-HEV. **France - Industry.** Disponível em: <<http://www.ieahev.org/by-country/france-industry/>>. Acesso em: 17 de ago. 2017b.

IA-HEV. **Hybrid and Electric Vehicles.** The Electric Drive Plug-in, jun. 2011.

IDDR - Institut du Développement Durable et des Relations Internationales. **Electric vehicles in France: A fifteen-year financing plan for massive rollout.** N°08/17, Paris, mar., 2017.

IEA - International Energy Agency. **Global EV Outlook 2017: Two Millions and Counting.** IEA/OCDE, Paris, 2017a.

IEA - International Energy Agency. **International Energy Outlook 2017.** IEA/U.S Energy Information Administration, 2017b.

IEA- International Energy Agency. **Energy Policies of IEA Countries. Norway.** OCDE/IEA, Paris, 2017c.

IEA- International Energy Agency. **Global EV Outlook 2016: Beyond One Million Electric Cars.** IEA/OCDE, Paris, 2016.

IEA- International Energy Agency. **Global EV Outlook 2015.** OCDE/IEA, Paris, 2015.

IEA- International Energy Agency. **Energy Policies of IEA Countries. The Republic of Korea.** OCDE/IEA, Paris, 2012a.

IEA - International Energy Agency. **Oil & Gas Security Emergency Response of IEA Countries. People's Republic of China.** OECD/IEA, Paris, 2012b.

IEA – International Energy Agency. **Energy policies of IEA countries. United Kingdom.** OCDE/IEA, Paris, 2012c.

ING. **Breakthrough of electric vehicle threatens European car industry,** ING Economics Department, July, 2017.

INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética. **Sobre veículos elétricos.** Disponível em: <http://www.inee.org.br/veh_sobre.asp?Cat=veh>. Acesso em: 05 dez. 2017.

INNOVATIVE UK. **The Low Carbon Vehicles Innovation Platform.** Impact Review, London, 2015.

JÄGEMANN, C., FURSCH, M., HAGSPIEL, S., NAGL, S. **Decarbonizing Europe's power sector by 2050** - Analyzing the economic implications of alternative decarbonization pathways. *Energy Economics*, v. 40, p. 622-636, 2013

JAMA - Japan Automobile Manufacturers Association. **The Motor Industry of Japan 2017.** Tokyo. 2017.

JUNG, W. **South Korea's Air Pollution. Gasping for Solutions.** Institute for Security & Development Policy. Policy Brief, N°.199, 16 jun. 2017.

Health Effects Institute. **State of Global Air 2017.** Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute, 2017

HSU, A. et. al. **2016 Environmental Performance Index.** New Haven, CT: Yale University, 2016.

KAMA - Korea Automobile Manufacturers Association. **Korean Automobile Industry, Annual Report 2014,** Seoul, 2014.

KOGA, Y. **The “New Normal” in China's Auto Industry.** Mizuho Bank, Ltd, South China – Asia Business Report, may, 2017.

KURAMOCHI, T. **GHG Mitigation in Japan: an overview of the current policy landscape**. World Resources Institute. Working paper, jun. 2014.

LEITE, J. C. **Controvérsias na climatologia: o IPCC e o aquecimento global antropogênico**. Scientiæ Zudia, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 643-77, 2015.

LEVE - Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico. **Viabilidade da criação de um cluster de mobilidade elétrica no Brasil: caracterização da cadeia de valor e das políticas regulatórias e de incentivo**. Relatório de Pesquisa, Projeto CPFL/ ANEEL e DPCT/ Unicamp, 2017.

LILLY, C. **Electric Car Market Statistics**. Next Green Car, 2017. Disponível em: <<http://www.nextgreencar.com/electric-cars/statistics/>>. Acesso em: 13 out. de 2017.

MARTINS, C. N. **Ações necessárias rumo a uma nova rota tecnológica: o carro elétrico**. ComCiência- Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, LABJOR, 2015.

Disponível em:

<<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=118&id=1424>>

.Acesso em: 13 dez. de 2017.

MARTÍN-MORENO, J.M. **The Rise of Emerging Markets and Its Impact on Global Energy Security**. Modern Economy, 5, 967-979, 2014.

MAZUR, C., CONTESTABILE, M. OFFER, G. F. BRANDON, N. P. **Assessing and comparing German and UK transition policies for electric mobility**. Environmental Innovation and Societal Transitions, v. 14, p. 84-100, 2015.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Conheça o Inovar Auto**. 2016. Disponível em:

<http://inovarauto.mdic.gov.br/InovarAuto/public/inovar.aspx?_adf.ctrl-state=k3qaa9npd_9>. Acesso em: jul. 2017.

ME - Ministry of Environment of Republic of Korea. **Air Quality Measures - South Korea**, Seoul, 2016.

MEDEIROS, C. A. **O Ciclo Recente de Crescimento Chinês e Seus Desafios**. Observatório da Economia Global, Textos Avulsos - nº3 - junho, 2010.

MEEM - Ministère de L'environnement de L'Énergie et de la Mer. **Energy Transition for Green Growth Act.** In Action - Cities, Citizens, Business. Paris, 2016.

MORAES NETO, B. R. **Fordismo e Ohnoísmo: Trabalho e Tecnologia na Produção em Massa.** EST. ECON., São Paulo, V. 28, N. 2, P. 317-349, abril-junho, 1998.

MURAKAMI, t., MOTOKURA, M., KUTANI, I. **An Analysis of Major Countries Energy Security Policies and Conditions. Quantitative Assessment of Energy Security Policies.** The Institute of Energy Economics of Japan (IEEJ), Tokyo, 2011.

NAVA, M. **The Road Ahead for Electric Vehicles.** US Economic Watch. BBVA Research, 2017.

NAKAGAWA, F. e SILVA, C. **IPI de carro elétrico deve cair para 7%.** O Estado de S. Paulo. 2018. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,governo-estuda-reduzir-ipi-de-carros-eletricos-de-25-para-7,70002140216>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

NELSEN, A. **Norway pledges to become climate neutral by 2030.** The Guardian, 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/environment/2016/jun/15/norway-pledges-to-become-climate-neutral-by-2030>>. Acesso em: 12 de set. 2017.

NPE - Nationale Plattform Elektromobilität. **Electric mobility shows the way ahead.** NPE, 2017. Disponível em: <<http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/en/>>. Acesso em: 4 out. 2017.

OCDE. **Technology Innovation, Development and Diffusion.** COM/ENV/EPOC/IEA/SLT, Paris, 2003.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Technology Innovation, Development and Diffusion.** COM/ENV/EPOC/IEA/SLT, Paris, 2003.

OHNO, Kenichi. **The Economic Development of Japan. The path traveled by Japan as a developing country.** GRIPIS Development Forum, Tokyo, 2006.

OICA - Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. **Production and sales statistics,** 2017. Disponível em: <<http://www.oica.net/category/production-statistics/2016-statistics/>>. Acesso em: 18 out. de 2017.

OLEV - Office for Low Emission Vehicles. **Low-emission vehicles eligible for a plug-in grant.** Disponível em: <<https://www.gov.uk/plug-in-car-van-grants>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

OLEV - UK Office for Low Emission Vehicles. **Investing in ultra low emission vehicles in the UK, 2015 to 2020.** London, 2014.

PLUG-IN AMERICA. **State and federal Incentives.** Disponível em: <<https://pluginamerica.org/why-go-plug-in/state-federal-incentives/>>. Acesso em: 19 dez. 2017.

RAHM, D. **US public policy and emerging technologies: The case of solar energy.** Energy Policy, volume 21, Issue 4, 1993, 374-384.

REZENDE, S.; MOTA, R.; DUARTE, A. **Os Veículos elétricos e as ações do Ministério da Ciência e da Tecnologia.** Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Rio de Janeiro. Cadernos: Fórum Nacional 10, 2010, pp. 13-29

REUTERS. **China extends tax rebate for electric cars, hybrids.** 2017. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/us-china-autos-tax/china-extends-tax-rebate-for-electric-cars-hybrids-idUSKBN1EL0EV>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

REUTERS. **Norway brings forward carbon neutrality goal to 2030.** 2016. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/us-norway-climatechange/norway-brings-forward-carbon-neutrality-goal-to-2030-idUSKCN0YT1KM>>. Acesso em: 17 de out. 2017.

SABEL, C. **Work and politics.** Cambridge University Press, 1983.

SANDERSON, H.; HANCOCK, T.; LEWIS, L. **Electric cars: China's battle for the battery market. Beijing invests billions to try to squeeze out Japanese and South Korean rivals.** The Financial Times, 2017. Disponível em: <<https://www.ft.com/content/8c94a2f6-fdcd-11e6-8d8e-a5e3738f9ae4?mhq5j=e5>>. Acesso em: 15 out. de 2017.

SCHMITD, E. **The impact of growing electric vehicle adoption on electric utility grids.** Fleetcarma, 2017. Disponível em: <<https://www.fleetcarma.com/impact-growing-electric-vehicle-adoption-electric-utility-grids/>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

SCHOR, T. **O automóvel e o desgaste social.** São Paulo em Perspectiva. vol.13 no.3, São Paulo, July/Sept. 1999.

SGI - Sustainable Governance Indicators. **Norway.** Disponível em: <<http://www.sgi-network.org/2017/Norway>>. Acesso em: 12 out. 2017.

SETSER, B. ROUBINI, N. **The effects of the recent oil price shock on the US and global economy,** 2004.

SIMS, R., et. al. **Transport. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.** Contribution of Working Group III to the Fifth (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

SIQUEIRA, L. C. **Política Ambiental para Quem?** Ambiente & Sociedade, v.XI, n.2, Campinas, dez. 2008, 425-437.

SMMT - Society of Motor Manufacturers & Traders. **UK Automotive.** 2017. Disponível em: <<https://www.smm.co.uk/industry-topics/uk-automotive/>>. Acesso em: 29 de setembro de 2017

SNE Research. **LG Chem and Samsung SDI are expected to take the lead in the EV battery patent.** Disponível em: <http://www.sneresearch.com/eng/info/sread.php?id=5891&s_keyword=&f_date=&t_date=&pg=1>. Acesso em: 20 out. de 2017.

SODRÉ, E. **Carros elétricos e híbridos vão pagar IPI de modelo popular, diz ministro.** Folha de São Paulo. 2018. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/01/1952910-carro-eletrico-e-hibrido-vai-pagar-ipi-de-modelo-popular-diz-ministro.shtml>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

SOUZA, F. R. **Impacto do Preço do Petróleo na Política Energética Mundial.** Dissertação (mestrado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

STERNFELD, E., VON WALDERSEE, C. G. **A situação do meio ambiente na China. Oportunidades econômicas a partir da crise ambiental,** 2006.

STONEMAN, P. DIEDEREN, P. **Technology Diffusion and Public Policy.** The Economic Journal, Vol. 104, No. 425, 1994, 918-930.

SOBRINHO, C. A. **Desenvolvimento sustentável: uma análise a partir do Relatório Brundtland**. Tese (mestrado). Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Marília, 2008.

THE ECONOMIST. **China moves towards banning the internal combustion engine**. The Economist, 2017. Disponível em: <<https://www.economist.com/news/business/21728980-its-government-developing-plan-phase-out-vehicles-powered-fossil-fuels-china-moves>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. **Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change and Call to Action**. Disponível em: <<http://newsroom.unfccc.int/lpaa/transport/the-paris-declaration-on-electro-mobility-and-climate-change-and-call-to-action/>>. Acesso em: 10 de abril de 2017.

UNRUH, G.C. (2000) **Understanding carbon lock-in**. Energy Policy 28, pp. 817-830.

UK GOV. **Climate Change Act 2008**. The National Archives. Disponível em: <<http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/27/contents>>. Acesso em: 06 jan. 2018.

VAN DER STEEN, M., SCHELVEN, R. M., KOTTER, R., TWIST, M. J. W., DEVENTER, P. V. **EV Policy Compared: An International Comparison of Governments' Policy Strategy Towards E-Mobility**. Springer International Publishing. W. Leal Filho and R. Kotter (eds.), E-Mobility in Europe, 2015.

VAN ESSEN, H.; KAMPMAN, B. **Impacts of Electric Vehicles - Summary Report**. CE Delft, Delft, 2011.

VONBUN, C. **Impactos Ambientais e Econômicos dos Veículos Elétricos e Híbridos Plug-in: Uma Revisão da Literatura**. IPEA, Brasília, 2015.

YANNICK, P.; MARE, P.; WILLETT, K. **A Public Policy Strategies for Electric Vehicles and for Vehicle to Grid Power**. EVS27 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, Barcelona, 2013.

World Bank; Institute for Health Metrics and Evaluation. **The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action**. World Bank, Washington, DC, 2016.

WOOD JR, T. **Fordismo, toyotismo e volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido.** Revista de administração de Empresas, v. 32, n. 4, p. 6-18, 1992.