



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Geociências

EDGAR BARASSA

**A CONSTRUÇÃO DE UMA AGENDA PARA A ELETROMOBILIDADE NO  
BRASIL: COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS E GOVERNANÇA**

CAMPINAS

2019

EDGAR BARASSA

**A CONSTRUÇÃO DE UMA AGENDA PARA A ELETROMOBILIDADE NO  
BRASIL: COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS E GOVERNANÇA**

TESE APRESENTADA AO INSTITUTO DE  
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR  
EM POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

ORIENTADORA: PROFA. DRA. FLÁVIA LUCIANE CONSONI DE MELLO.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL  
DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO EDGAR BARASSA  
E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. FLÁVIA LUCIANE  
CONSONI DE MELLO

CAMPINAS

2019

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

B231c Barassa, Edgar, 1991-  
A construção de uma agenda para a eletromobilidade no Brasil :  
competências tecnológicas e governança / Edgar Barassa. – Campinas, SP :  
[s.n.], 2019.

Orientador: Flávia Luciane Consoni de Mello.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de  
Geociências.

1. Governança. 2. Indústria automobilística. 3. Pesquisa e  
Desenvolvimento. 4. Sistema de Inovação. 5. Veículos elétricos. I. Consoni,  
Flávia Luciane, 1973-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de  
Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** The construction of electromobility agenda in Brazil : technological capabilities and governance

**Palavras-chave em inglês:**

Governance

Automotive industry

Research and Development

Innovation System

Electric vehicles

**Área de concentração:** Política Científica e Tecnológica

**Titulação:** Doutor em Política Científica e Tecnológica

**Banca examinadora:**

Flávia Luciane Consoni de Mello [Orientador]

Carlos Américo Pacheco

Marcelo Ferreira Tete

Luís Paulo Bresciani

Sérgio Tadeu Gonçalves Muniz

**Data de defesa:** 19-08-2019

**Programa de Pós-Graduação:** Política Científica e Tecnológica

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-5281-2244>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/0492148789650683>



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**AUTOR:** Edgar Barassa

**A CONSTRUÇÃO DE UMA AGENDA PARA A ELETROMOBILIDADE NO  
BRASIL: COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS E GOVERNANÇA**

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. Flávia Luciane Consoni de Mello

Aprovado em: 19 / 08 / 2019

**EXAMINADORES:**

Profa. Dra. Flávia Luciane Consoni de Mello - Presidente

Prof. Dr. Carlos Américo Pacheco

Prof. Dr. Marcelo Ferreira Tete

Prof. Dr. Luis Paulo Bresciani

Prof. Dr. Sérgio Tadeu Gonçalves Muniz

**A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros, encontra-se disponível no  
SIGA - Sistema de Fluxo de Tese e na Secretaria de Pós-graduação do IG.**

Campinas, 19 de agosto de 2019.

*Dedico esta tese a todas as pessoas que realizam o bem, nas suas mais diferentes formas e ações possíveis em que esta virtude se apresenta. Sendo uma expressão humana evoluída em sua essência, ao postular a ênfase no altruísmo e benefício mútuo, ela consegue inspirar e motivar outras pessoas a se engajarem nesta direção. Ao dissertar aqui sobre bondade, seria um lapso não mencionar aqui meu primo Valdinei Barassa, eterno “fuxo”, (in memoriam), um exemplo de todos estes princípios e ações.*

## AGRADECIMENTOS

Enfim, chegou o momento de agradecer a todos que compartilharam comigo desta jornada de 4 anos de doutoramento. Assim como eu argumentei em meu mestrado, acredito que a redação dos agradecimentos seja uma tarefa tão complexa quanto a própria elaboração de uma tese em si. Porém, minha felicidade é saber que em uma estrutura deste tipo de trabalho há espaço também para agradecer estas pessoas especiais, e não fazê-lo seria uma injustiça.

São incontáveis as pessoas que me acompanharam e contribuíram para a realização deste trabalho. Do ponto de vista acadêmico, em primeiro lugar, agradeço à minha orientadora Flávia L. Consoni. Trata-se de uma parceria que extrapola o período do doutoramento, dado que ela também foi minha orientadora de mestrado. Mas, transborda também o que seria por si só uma excelente orientação: foi possível construir uma relação de parceria, confiança, lealdade e espírito de equipe. Além dos trabalhos realizados em conjunto, a profa. Flávia sempre se colocou como uma amiga em todos os momentos. Reitero assim, meu agradecimento à profa. Flávia.

Ainda neste levante das atividades com a profa. Flávia agradeço imensamente pelo apoio, mentoria e colaboração ao grupo de pesquisa que construímos em conjunto, o LEVE, Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico. Nele, foram inúmeros aprendizados e conquistas conjuntas, capitaneados por um ambiente amigável, descontraído e efervescente! Junto a demais colegas criamos um espaço em prol de pesquisas cujas publicações alcançaram os atores da indústria, governo e academia. Agradeço enormemente à Tatiana Bermudez, Jeny Buitrago, Altair Oliveira, Henrique Botin e demais colegas pela sinergia e cooperação.

Ao apoio da secretaria de pós-graduação e todo o corpo técnico do Instituto de Geociências, que prestaram seu suporte e foram indispensáveis nesta trajetória. A todos os professores do DPCT coloco meu agradecimento. Agradeço também à colega Luciara pela revisão gramatical do texto da tese e contribuições quanto a sua estrutura. Aos professores de minha banca de doutorado, Luiz Paulo Bresciani, Sérgio T. G. Muniz, Marcelo Tete e Carlos Américo Pacheco também exalto gratidão pela leitura atenta, pelas provocações inteligentes, comentários e conselhos valiosos que levarei comigo para toda a vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Assim, o apoio financeiro a esta pesquisa que recebi da CAPES foi indispensável para que pudesse me dedicar integralmente a esta atividade. Registro meu agradecimento a esta instituição. De

forma complementar, agradeço à CPFL e à GIZ em parceria com o Ministério da Economia (antigo MDIC) em me proporcionar projetos de pesquisa aplicados em que pude tanto ter apoio para a realização de atividades de campo, quanto interagir com os atores do setor, aperfeiçoar minha carreira de pesquisa e construir novas competências profissionais. Ainda, no que tange o apoio financeiro a pesquisa, registro meu agradecimento ao banco SANTANDER pela bolsa de estudos que viabilizou minha ida para o doutorado sanduíche.

Em relação a esta experiência no exterior junto à Universidade de Bordeaux na França, só carrego comigo boas lembranças de um intenso aprendizado de instrumentos de pesquisa em plataformas de patentes, de uma língua desconhecida até então, de uma cultura riquíssima e plural e também, dos amigos que fiz lá e que carrego comigo para toda a vida. Falar desse período sem mencionar o professor que me recebeu, Vincent Frigant, seria um lapso da minha parte, assim, registro meu agradecimento a ele por sua supervisão e apoio dedicado.

Aos meus amigos ao longo de minha pós-graduação: Diego Moraes, Altair Oliveira, Renan Leonel, Marco Antonio, Daniela Pinheiro, Luís Lucas. Aos amigos de toda uma vida em Amparo: Vitor Oliveira, Pancrácio Santos, Luand Piassa. Aos amigos de toda uma vida chamada Graduação: Lucas Mobílio, Bernardo Alleoni e David Freire e tantos outros. Aos familiares: meu irmão Eduardo Barassa e meu primo e padrinho, Evandro Barazza. Por fim, aos amigos e moradores da República Arapuca. Deixo registrados meus profundos agradecimentos a todos vocês que sempre farão parte da minha vida.

Ainda, aos meus colegas de projetos, deixo registrado meu profundo agradecimento pelas oportunidades conquistadas e trabalhos desenvolvidos em conjunto: ao pessoal da GIZ: Marcus Régis, Amanda Ohara, Amanda Souza e Bruno Carvalho; ao pessoal do ME na figura do Ricardo Zomer; ao pessoal do GT7 como um todo, em especial ao Erwin Franieck e Juliano Mendes. Agradeço também a parceria de Robson Cruz, a qual se desdobrou posteriormente em uma iniciativa empreendedora e que pode também apoiar a alavancagem da eletromobilidade no Brasil.

À Fernanda, registro aqui meu carinho e reconhecimento por sua compreensão, paciência e lealdade nesta jornada.

E por fim, meus pais: Valdemar e Célia. Nada seria possível sem eles. Sempre me apoiaram em todas as decisões que escolhi e caminhos que tracei. Ao mesmo tempo, me ensinaram os valores humanos e morais, todos fundamentais, que irei levar para toda a minha vida. Registro aqui meu profundo agradecimento.

*“Not only the diffusion of technologies but also the effort devoted to the development of new technologies may be decisively shaped by expectations as to future improvements and the continued superiority of existing technologies [...] The decision to neglect research on the electrically powered car in the early history of the automobile industry reflected the belief, justified at the time, in the total superiority of the internal combustion engine (this neglect may soon be repaired!)” (Nathan Rosenberg, 1976 - On technological expectations).*

*“Inovação é um processo de acoplamento e este ocorre primeiro na mente de pessoas imaginativas. Uma ideia se materializa ou fica mais compreensível em algum lugar das constantemente mutáveis interfaces da ciência e da tecnologia com o mercado. Mas, depois que a ideia estalou na mente de um inventor ou de um empresário, ainda existe um longo caminho antes que ela se torne uma inovação bem-sucedida, no sentido exato do termo. O processo de acoplamento não se constitui meramente uma associação de ideias conforme o lampejo original; trata-se muito mais de um contínuo diálogo criativo da experiência e da introdução de um novo produto e processo. As comunicações dentro da firma e entre esta e seus potenciais consumidores são um elemento crítico em seu sucesso ou seu malogro” (Chris Freeman & Luc Soete (2008, [1974]) – A economia da inovação industrial - Cap. 8).*

*“Eu não tenho ídolos. Tenho admiração por trabalho, dedicação e competência” (Ayrton Senna).*

*“All men dream: but not equally. Those who dream by night in the dusty recesses of their minds wake in the day to find that it was vanity: but the dreamers of the day are dangerous men, for they may act their dreams with open eyes, to make it possible. This I did.” (Thomas Edward Lawrence, 1922- Seven Pillars of Wisdom).*

## RESUMO

As transformações da indústria automobilística trazem consigo mudanças no curso da mobilidade mundial e as trajetórias de desenvolvimento nas tecnologias dos veículos elétricos (VEs) seguem de maneira acelerada nas últimas décadas. No caso brasileiro, busca-se compreender como o país se posiciona em relação ao crescimento desta rota tecnológica e quais são suas potencialidades e desafios. Deste modo, o objetivo desta tese é identificar e compreender quais são as possibilidades para a estruturação da eletromobilidade no Brasil e sua governança a partir das dimensões da formação de competências e atividades de P&D para o Sistema de Propulsão Elétrico (SPE). Tais objetivos foram conduzidos considerando o SPE como o artefato central da eletromobilidade, sendo um framework desenvolvido a partir do conceito de bloco de competências, discutido na teoria dos Sistemas Tecnológicos de Inovação. Para isso, compreendeu a análise de dados empíricos a partir da realização de entrevistas com os principais atores ligados à temática no Brasil (governo, empresas, associações de classe e Institutos de Ciência e Tecnologia), de buscas de patentes, na Plataforma Questel Orbit, e de artigos científicos, na base de dados Scopus, além de outras fontes secundárias. Foi possível verificar um STI ainda em construção e emergente no Brasil, a exemplo dos atores que estão identificando seus papéis e articulando parcerias. As atividades e projetos não estão definidos e encontram-se em elaboração, como a execução de programas piloto e projetos demonstrativos. Vis-à-vis, notou-se avanços no que diz respeito às políticas públicas e seu arcabouço de instrumentos regulatórios em expansão, que podem corroborar o desenvolvimento deste setor no Brasil. No que toca a formação de competências no Brasil, observou-se o aumento: (1) do patenteamento de tecnologias; (2) da publicação de artigos e (3) do engajamento dos grupos de pesquisa, relacionados aos blocos de competência do SPE. As principais tecnologias demonstradas pelas buscas proporcionaram a prospecção das oportunidades locais, que evidenciam competências existentes/potenciais em: *Powertrain*, nos motores elétricos avançados e suas tecnologias; infraestrutura, no desenvolvimento de eletropostos; acumuladores, na parte de empacotamento e programação das baterias. No bloco da integração, destacou-se a montagem dos veículos híbridos a partir de sistemas *flex fuel* com a opção do etanol, aproveitando-se das competências nacionais já acumuladas. *Pari passu* as oportunidades, notaram-se barreiras, como a fabricação de células no Brasil, um ponto sensível e de difícil execução e da pouca articulação das montadoras instaladas no Brasil em se acoplar aos fornecedores locais. A partir desta análise, revelou-se imperativo pensar e discutir formas de governança desse sistema e meios de coordenação entre estes atores, para que oriente suas atividades e crie uma visão de futuro para o setor. Como solução ao quadro mapeado, propõe-se a criação de uma Plataforma Nacional de Eletromobilidade, sendo uma estrutura de governança com foco na articulação destes atores e no arranjo e orquestração das ações pró VEs. Como alvos dessa governança, pontuou-se agendas estratégicas a serem trabalhadas, reveladas através do mapeamento das situações/problemas. Para suportar estas agendas e sua execução, sugeriu-se a criação de Fóruns Permanentes e um Núcleo de Pesquisa, para acampar as atividades da plataforma.

**Palavras-chave:** Governança. Indústria Automobilística. Pesquisa e Desenvolvimento. Sistema de Inovação. Veículos Elétricos.

## ABSTRACT

The automobile industry transformation leads to changes in the course of global mobility: the development paths related to electrification-based propulsion technologies have been accelerating over the last two decades. In the Brazilian case, we aim to understand how the country stands in relation to the growth of this technological route and what are the strengths and challenges. In this sense, the purpose of this thesis is to identify and understand the possibilities and necessary arrangements for electromobility in Brazil from the perspective of R&D activities and competence building for the Electric Propulsion System (EPS). This objective was conducted designing the EPS framework, adopted as the core artifact of electromobility. Based on competence bloc concept, this analytical scheme was inspired by the field of Technological Innovation System (TIS) theory. In order to achieve this, empirical data was collected and analyzed by conducting field survey with the main actors related to electromobility in Brazil (government, companies, class associations and institutes of science and technology). In addition, regarding Science and Technology indicators, patents was extracted from Questel Orbit platform; scientific articles, obtained in Scopus database, as well other secondary sources. It was possible to verify a TIS under construction and emerging in Brazil, exemplified by the actors who are (still) identifying their roles and articulating partnerships. The activities and projects are not defined and are being elaborated, such as the execution of pilot programs and demonstration projects. Vis-à-vis, there has been progress noted in public policy and its expanding regulation instruments, which can corroborate the segment development in Brazil. Regarding the competence building in Brazil, it was observed the increase of: (1) technologies patenting activities; (2) articles publications and (3) engagement of research groups related to EPS's competence blocks. The outputs of this mapping enabled a foresight exercise, prospecting local opportunities. The key technologies which Brazilian industry demonstrated competencies, highlights potential at: Powertrain, in advanced electric motors and their technologies; infrastructure, in the development of electric vehicle supply equipment and charging stations; energy accumulators, regarding packaging and software for batteries. In relation to vehicular architecture, the hybrid vehicles assembly using flex fuel systems were remarkable due to the advances taken by the previous biofuels sector experience. *Pari passu*, we diagnose challenges and obstacles, such as the technological gap of battery cells manufacturing in Brazil and the disconnection among automakers installed in Brazil with local suppliers. From this analysis, it becomes imperative to conceive a governance arrangement in this TIS and discuss means of coordination among these actors, in order to guide its activities and create a common vision of segment's future. As a solution, it is proposed the creation of a National Platform for Electromobility, as a governance structure focused on the articulation and orchestration of these actors. As targets of this governance, strategic agendas were elaborated to be carried out, extracted through the barriers and opportunities exercise. In order to support these agendas and their implementation, it is suggested the creation of Permanent Forums and a Research Community to encompass the platform activities.

**Keywords:** Automotive Industry. Electric Vehicle. Governance. Research and Development. Innovation System.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Encadeamento e articulação dos capítulos e progressão da tese. ....	27
<b>Figura 1.1:</b> Evolução dos trabalhos que utilizam os Sistemas Tecnológicos de Inovação (1991-2018).....	38
<b>Figura 1.2:</b> Abordagens e rede conceitual dos trabalhos que utilizam os STIs como instrumental analítico (378 trabalhos entre 1991 a 2018). ....	40
<b>Figura 1.3:</b> Aparição e tendências de novos conceitos nos últimos dez anos (2008-2018). ....	41
<b>Figura 1.4:</b> Evolução geral (1991 – 2019).....	42
<b>Figura 1.5:</b> Framework desenvolvido a partir da junção STI e Governança.....	53
<b>Figura 1.6:</b> Níveis de análise e seus componentes segundo o arcabouço do STI. ....	54
<b>Figura 1.7:</b> Subgrupos do Grupo de Trabalho 7 do Programa Rota 2030.....	56
<b>Figura 1.8:</b> Framework do Sistema de Propulsão Elétrico. ....	57
<b>Figura 1.9:</b> Framework da Tese.....	64
<b>Figura 1.10:</b> Objetivo principal, objetivos específicos e metodologia adotada. ....	65
<b>Figura 1.11:</b> Etapa 4 – combinação dos termos de busca.....	71
<b>Figura 1.12:</b> Esquema analítico para o Capítulo 4. ....	74
<b>Figura 2.1:</b> Metas de emissões de CO <sub>2</sub> (g/km) e eficiência energética por países (2000-2030). .....	81
<b>Figura 2.2:</b> Evolução do estoque de veículos elétricos (2013-2018). ....	82
<b>Figura 2.3:</b> Evolução no número de instalações de infraestrutura de recarga para veículos elétricos no mundo (2013-2018). ....	83
<b>Figura 2.4:</b> Comparação entre as projeções de cenários EV30@30 e Cenário de Novas Políticas (2017- 2030). ....	84
<b>Figura 2.5:</b> Evolução do mercado de veículos elétricos por categorias no Brasil (2006-2018). .....	85
<b>Figura 2.6:</b> Infraestrutura de recarga no Brasil. ....	85
<b>Figura 2.7:</b> Sistemas de inovação do veículo elétrico no Brasil.....	87
<b>Figura 2.8:</b> Pilares, objetivos e benefícios do Programa Rota 2030. ....	100
<b>Figura 2.9:</b> Subgrupos do Grupo de Trabalho 7 do programa Rota 2030.....	102
<b>Figura 2.10:</b> Montante de investimento por instituição.....	108

<b>Figura 3.1:</b> Dinâmica do depósito de patentes de mobilidade elétrica no Brasil (1998-2018). .....	114
<b>Figura 3.2:</b> Países de origem dos pedidos de patentes no Brasil (1998-2018).....	115
<b>Figura 3.3:</b> Conceitos extraídos das patentes de mobilidade elétrica no Brasil (1998-2018). .....	117
<b>Figura 3.4:</b> Organizações e conceitos extraídos das patentes de mobilidade elétrica no Brasil (1998-2018). .....	119
<b>Figura 3.5:</b> Mapa das tecnologias das patentes organizado pelo bloco de competências do SPE no Brasil (1998-2018). .....	122
<b>Figura 3.6:</b> Mapa das tecnologias das patentes por bloco de competências do <i>Powertrain</i> do SPE no Brasil (1998-2018). .....	123
<b>Figura 3.7:</b> Mapa das tecnologias das patentes por bloco de competências de Integração e montagem (cabos e conectores) do SPE no Brasil (1998-2018). .....	125
<b>Figura 3.8:</b> Mapa das tecnologias das patentes por bloco de competências de Integração e montagem (transmissão) do SPE no Brasil (1998-2018). .....	125
<b>Figura 3.9:</b> Mapa das tecnologias das patentes por bloco de competências dos Acumuladores e Infraestrutura do SPE no Brasil (1998-2018). .....	126
<b>Figura 3.10:</b> Dinâmica de publicação de artigos científicos relacionados à mobilidade elétrica (1998-2018). .....	129
<b>Figura 3.11:</b> Conceitos extraídos das publicações em mobilidade elétrica no Brasil (1998- 2018). .....	130
<b>Figura 3.12:</b> Instituições que publicaram artigos científicos relacionados à mobilidade elétrica (1998 a 2018). .....	131
<b>Figura 3.13:</b> Áreas de conhecimento das atividades dos Grupos de Pesquisa mapeados em eletromobilidade (2018). .....	134
<b>Figura 3.14:</b> Potencial de transferência das pesquisas por bloco de competências em eletromobilidade dos Grupos de Pesquisa (2018). .....	135
<b>Figura 3.15:</b> Barreiras para o desenvolvimento das atividades dos Grupos de Pesquisa no Brasil em prol da eletromobilidade (2018). .....	137
<b>Figura 3.16:</b> Idade dos Grupos de Pesquisa em eletromobilidade (2018). .....	138
<b>Figura 5.1:</b> Estrutura da Plataforma Nacional de Eletromobilidade. ....	172
<b>Figura 5.2:</b> Agendas estratégicas para a eletromobilidade no Brasil. ....	183

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.1:</b> Principais definições de sistemas de inovação.....	34
<b>Quadro 1.2:</b> Citações por autores do campo do STI (1991- 2019). .....	45
<b>Quadro 1.3:</b> Citações por obras do campo do STI (1991- 2019). .....	46
<b>Quadro 1.4:</b> Perspectiva funcional do STI. ....	47
<b>Quadro 1.5:</b> Tipologia de Governança. ....	52
<b>Quadro 1.6:</b> Configurações de veículos de baixa emissão.....	59
<b>Quadro 1.7:</b> Blocos de competências para a produção de veículos elétricos desagregados por componentes e seu detalhamento. ....	62
<b>Quadro 1.8:</b> Estratégia de busca para patentes de VEs depositadas no Brasil.....	70
<b>Quadro 1.9:</b> Equações de busca para artigos científicos de VEs no Brasil (1998-2018).....	71
<b>Quadro 2.1:</b> Conjunto de instrumentos de política relacionados aos VEs. ....	94
<b>Quadro 2.2:</b> Tópicos cobertos pelos subgrupos do G7 e sua pertinência para o <i>Roadmap</i> . .	102
<b>Quadro 2.3:</b> Projetos de lei sobre mobilidade elétrica. ....	104
<b>Quadro 2.4:</b> Projetos relacionados a eletromobilidade no Brasil apoiado por instituições públicas de fomento.....	107
<b>Quadro 3.1:</b> Universidades e Centros de P&D que depositaram patentes relacionadas à mobilidade elétrica (1998-2018). ....	127
<b>Quadro 3.2:</b> Grupos de Pesquisa e Equipes Fórmula Elétrica com atuação em áreas vinculadas as tecnologias do SPE (2018). ....	132
<b>Quadro 3.3:</b> Resumo dos principais conceitos e tecnologias extraídas das patentes por blocos de competência do SPE. ....	141
<b>Quadro 4.1:</b> Visão de futuro para os componentes do <i>Powertrain</i> no Brasil. ....	147
<b>Quadro 4.2:</b> Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes do <i>Powertrain</i> . ....	148
<b>Quadro 4.3:</b> Visão de futuro associada às baterias de alta e baixa tensão. ....	153
<b>Quadro 4.4:</b> Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes das baterias de alta e baixa tensão. ....	154
<b>Quadro 4.5:</b> Visão de futuro associada à integração e montagem de veículos elétricos no Brasil.....	158

<b>Quadro 4.6:</b> Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na integração e montagem de veículos elétricos.....	159
<b>Quadro 4.7:</b> Visão de futuro para os componentes de infraestrutura no Brasil. ....	162
<b>Quadro 4.8:</b> Iniciativas estratégicas, oportunidades tecnológicas e barreiras/riscos para infraestrutura.....	162
<b>Quadro 5.1:</b> Atores do Governo e sua relevância. ....	174
<b>Quadro 5.2:</b> Atores privados e ICTs. ....	174
<b>Quadro 5.3:</b> Barreiras para os blocos de competências do SPE Brasil. ....	177
<b>Quadro 5.4:</b> Oportunidades para os blocos de competências do SPE Brasil. ....	178
<b>Quadro 5.5:</b> Pontos de debate para cada um dos fóruns. ....	180
<b>Quadro 5.6:</b> Linhas de P&D prioritárias atreladas aos blocos de competências do SPE.....	187
<b>Quadro 5.7:</b> Pontos focais da regulação e padronização para os blocos de competências. ..	193

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABEIFA	Associação Brasileira dos Importadores Veículos Automotores
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ABRAVEI	Associação Brasileira dos Proprietários de Veículos Elétricos Inovadores
AEA	Associação Brasileira de Engenharia Automotiva
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BYD	<i>Build Your Dreams</i>
CAMEX	Câmara de Comércio Exterior
CKD	Completely Knock-Down
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNM	Confederação Nacional de Municípios
CNPEM	Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CPqD	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FUNTEC	Fundo Tecnológico
FV	Fotovoltaica
GM	General Motors
GP	Grupos de Pesquisa
GT7	Grupo específico de trabalho em Veículos Elétricos e Híbridos no âmbito do Programa Rota 2030
ICT	Institutos de Ciência e Tecnologia

IEA	International Energy Agency
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
ITEMM	Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura
LEVE	Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico
MCI	Motor a Combustão Interna
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
ME	Ministério da Economia
MEC	Ministério da Educação
MME	Ministério de Minas e Energia
MS	Ministério da Saúde
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PEMFC	Célula a combustível de membrana polimérica
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar para Veículos Automotores
PROMOB-e	Projeto de Cooperação Brasil-Alemanha em Sistemas de Propulsão Eficiente
RFID	Radio-Frequency IDentification
SAE	Sociedade de Engenheiros da Mobilidade
SINDIPEÇAS	Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores
SKD	Semi Knocked-Down
SPE	Sistema de Propulsão Elétrica
UFPR	Universidade Federal de Paraná
UFRGS	Universidade Federal de Rio Grande do Sul
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	20
<b>CAPÍTULO 1 — AS BASES TEÓRICAS PARA A COMPREENSÃO DA ELETROMOBILIDADE E SEU SISTEMA DE PROPULSÃO ELÉTRICO: UMA ABORDAGEM BASEADA NOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE INOVAÇÃO (STIS).....</b>	<b>30</b>
1.1 A gênese conceitual dos estudos em Sistemas de Inovação .....	32
1.2 O transbordamento dos estudos dos Sistemas Nacionais de Inovação para novos recortes analíticos: espaciais, tecnológicos, setoriais e sociotécnicos .....	37
1.3 Detalhando os componentes de um STI.....	43
1.4 A perspectiva funcional e a ideia de atributos do sistema a partir de atividades-chaves.....	44
1.5 A governança de um sistema de inovação: o foco na articulação dos atores e na coordenação das atividades .....	49
1.6 Explorando as tecnologias da eletromobilidade: o sistema de propulsão elétrico e seus blocos de competência .....	53
1.7 Procedimentos metodológicos da tese.....	64
1.7.1 <i>Objetivo específico 1: Caracterizar a mobilidade elétrica: panorama internacional e cenário brasileiro .....</i>	<i>65</i>
1.7.2. <i>Objetivo específico 2: Mapeamento da formação de conhecimento científico e tecnológico local .....</i>	<i>69</i>
1.7.3 <i>Objetivo específico 3: Identificar as possibilidades nacionais ante a P&amp;D e produção</i>	<i>72</i>
1.7.4 <i>Objetivo específico 4: Discutir as ações e articulação necessária para uma agenda pró-mobilidade elétrica .....</i>	<i>75</i>
1.8 Considerações finais .....	76
<b>CAPÍTULO 2 — PANORAMA INTERNACIONAL E A ESTRUTURAÇÃO DA ELETROMOBILIDADE NO BRASIL: MERCADO, REDES DE ATORES E ARCABOUÇO INSTITUCIONAL .....</b>	<b>78</b>
2.1 <i>Drivers, motivações e o desenvolvimento de mercado da eletromobilidade.....</i>	<i>78</i>
2.2 O mercado e os elementos estruturais da mobilidade elétrica no Brasil.....	84

2.2.1 Montadoras.....	88
2.2.2 Autopeças .....	89
2.2.3 Setor elétrico .....	91
<b>2.3 Arcabouço institucional .....</b>	<b>92</b>
<b>2.4 Considerações finais .....</b>	<b>109</b>
<b>CAPÍTULO 3 — GERAÇÃO DE CONHECIMENTO ACERCA DA ELETROMOBILIDADE NO BRASIL.....</b>	<b>111</b>
<b>3.1 Indicadores científicos e tecnológicos no campo da eletromobilidade.....</b>	<b>114</b>
<b>3.2 Análise a partir da situação atual dos grupos de pesquisa .....</b>	<b>131</b>
<b>3.3 Iniciativas em formação, aprendizado e divulgação da mobilidade elétrica no Brasil .....</b>	<b>139</b>
<b>3.4 Considerações finais .....</b>	<b>140</b>
<b>CAPÍTULO 4 — VISÕES, OPORTUNIDADES E BARREIRAS PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL.....</b>	<b>143</b>
<b>4.1 Tecnologias do <i>Powertrain</i> .....</b>	<b>145</b>
4.1.1 Oportunidades .....	149
4.1.2 Barreiras.....	150
<b>4.2 Acumuladores de energia.....</b>	<b>151</b>
4.2.1 Oportunidades .....	155
4.2.2 Barreiras.....	157
<b>4.3 Integração e montagem de veículos elétricos .....</b>	<b>158</b>
4.3.1 Oportunidades .....	159
4.3.2 Barreiras.....	160
<b>4.4 Infraestrutura .....</b>	<b>161</b>
4.4.1 Oportunidades .....	163
4.4.2 Barreiras.....	164
<b>4.5 Considerações finais .....</b>	<b>165</b>
<b>CAPÍTULO 5 — AGENDA PARA A ELETROMOBILIDADE NO BRASIL: A GOVERNANÇA NECESSÁRIA .....</b>	<b>168</b>
<b>5.1 Plataforma Nacional de Eletromobilidade: composição e funcionalidade (PNE) ....</b>	<b>170</b>
<b>5.2 Alvos da governança da eletromobilidade: a construção dos fóruns permanentes e orientação para o desenho de suas estratégias.....</b>	<b>177</b>

<b>5.3 Proposições e definição da agenda nacional para a eletromobilidade.....</b>	<b>182</b>
5.3.1 <i>Agenda Estratégica 1: Articulação entre os atores do tecido produtivo do SPE .....</i>	184
5.3.2 <i>Agenda Estratégica 2: Fortalecimento das capacidades produtivas locais nos componentes do SPE .....</i>	186
5.3.3 <i>Agenda Estratégica 3: Criação de programas de P&amp;D prioritários para suporte ao desenvolvimento de competências do SPE .....</i>	186
5.3.4 <i>Agenda Estratégica 4: Interface e transversalidade da eletromobilidade com outras tecnologias.....</i>	188
5.3.5 <i>Agenda Estratégica 5: Fomento aos projetos pilotos e consórcios intermunicipais ....</i>	190
5.3.6 <i>Agenda Estratégica 6: Capacitação profissional.....</i>	191
5.3.7 <i>Agenda Estratégica 7: Desenvolvimento do marco regulatório .....</i>	192
5.3.7.1 <i>Powertrain .....</i>	193
5.3.7.2 <i>Acumuladores .....</i>	194
5.3.7.3 <i>Integração e montagem.....</i>	194
5.3.7.4 <i>Infraestrutura .....</i>	195
<b>5.4 Considerações finais .....</b>	<b>196</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>199</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>209</b>
GLOSSÁRIO.....	218
APÊNDICE A — RELAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES ENTREVISTADAS NA ETAPA DE MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO NO PROJETO CPFL.....	227
APÊNDICE B — QUESTIONÁRIOS PARA A ETAPA DE MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO.....	228
APÊNDICE C — PROCEDIMENTOS PARA A REALIZAÇÃO DAS DINÂMICAS E PAINÉIS COM ESPECIALISTAS .....	233
APÊNDICE D — QUESTIONÁRIOS PARA AS DINÂMICAS COM <i>STAKEHOLDERS</i> E ESPECIALISTAS DOS BLOCOS DE COMPETÊNCIA DO SPE .....	235
APÊNDICE E — LISTA DE PROJETOS RELACIONADOS A ELETROMOBILIDADE NO ÂMBITO DO PROGRAMA DE P&D ANEEL (2000 – 2018).....	241

## INTRODUÇÃO

As transformações recentes, após os anos 2000, da indústria automobilística trazem consigo mudanças no curso da mobilidade mundial e das trajetórias de crescimento no desenvolvimento de tecnologias de veículos com propulsão baseada na eletrificação, as quais seguem crescendo de maneira acelerada nas últimas duas décadas (ICCT, 2014; IEA, 2018).

Nos primeiros anos do século XXI<sup>1</sup>, verificou-se um movimento de transformação na indústria automobilística mundial de maneira mais acentuada que coloca em xeque a principal tecnologia deste setor fortemente ligado aos combustíveis fósseis líquidos, o motor à combustão interna (MCI).

Essa tendência vem sendo capitaneada pela pressão e busca por eficiência energética e redução da emissão de poluentes dos meios de transporte, almejando torná-los compatíveis com as novas demandas da sociedade, com menores danos ao meio ambiente, diminuição da poluição urbana e maior conforto e maior interatividade com outros modais e serviços de tecnologia e informação (IEA, 2018).

Novas alternativas para a mobilidade concorrem para substituir o modelo ora estabelecido. Nesta dimensão, o sistema de propulsão elétrica (SPE) se mostra como um dos pilares dessa nova configuração tecnológica e alternativa aos veículos movidos a partir dos combustíveis fósseis.

Definimos aqui o sistema de propulsão elétrica (SPE) como um arranjo de componentes e tecnologias que trabalham em conjunto para a tração veicular elétrica, composto por motores elétricos, acumuladores de energia (como, por exemplo, as baterias), sistemas híbridos e outros sistemas de suporte, como os carregadores e a infraestrutura de recarga, por exemplo<sup>2</sup>. Considerado o artefato central da eletromobilidade, o SPE é um *framework*, desenvolvido nesta tese a partir do conceito de **bloco de competências**, discutido na teoria dos Sistemas Tecnológicos de Inovação (CARLSSON ET AL., 2002a; CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991a).

---

<sup>1</sup> Ainda que sejam reconhecidos os esforços realizados a partir dos anos 1970, liderados principalmente por Estados Unidos, Japão e França, junto à P&D de veículos elétricos, tais ações não engendraram os mecanismos necessários para uma maior difusão desta nova tecnologia de propulsão ao menos até a virada do milênio. Contudo, tal panorama que vem se desenhando a partir dos anos 2000, dá pistas de um movimento de maior envergadura e apresenta uma maior ascensão e maior espaço dos elétricos na mobilidade, como jamais experimentado (BARASSA, 2015).

<sup>2</sup> Consultar a lista dos significados deste e de outros termos no Glossário.

O automóvel elétrico, por sua vez, é o principal modal rodoviário, em termos de volume de produção e vendas, segundo IEA (2019), que abarca este sistema e cuja propulsão de pelo menos uma de suas rodas ocorre por meio de um motor elétrico (CHAN, 2007).

Frente a esta iminente entrada de uma nova rota tecnológica para a indústria automobilística mundial, implementar ações para o desenvolvimento, produção e comercialização dos veículos elétricos é também acompanhar e buscar um posicionamento nesta nova indústria em gestação e que vem se inclinando à eletrificação.

Para que essa inserção nesta trajetória seja bem-sucedida, os países e suas indústrias automobilísticas deverão passar pela formação de competências e de conhecimento local que dê suporte e ampare as atividades de desenvolvimento e manufatura destes veículos.

Nesta linha, observa-se que o suporte à eletromobilidade tem sido estimulado pela percepção crescente das oportunidades econômicas engendradas pelo desenvolvimento, produção e comercialização dos veículos elétricos. De fato, a constituição de uma nova trajetória tecnológica na indústria automobilística – representada pelo desenvolvimento dos sistemas de propulsão veicular eletrificados, e tecnologias associadas – e as perspectivas de expansão do mercado para VEs nos próximos anos, fornecem evidências que corroboram políticas direcionadas.

Neste sentido, é papel fundamental destas políticas priorizar o desenvolvimento de capacidades produtivas e inovativas locais em tecnologias, componentes, sistemas e veículos, de modo a manter ou melhorar a posição competitiva da indústria automotiva, e setores relacionados, possibilitando o alcance de vantagens econômicas vinculadas ao desenvolvimento da cadeia produtiva de veículos elétricos.

Pois, os diversos produtos e serviços que a eletrificação apresenta, trazem consigo inovações radicais e todo um novo arcabouço de tecnologias de bases diferentes ao MCI. Trazendo esta discussão para a perspectiva de Lee e Malerba (2017), este tipo de movimento experimentado pela eletrificação é um caso que demonstra a abertura de janelas de oportunidades do tipo tecnológicas e de conhecimento. Neste novo contexto que demanda expertises e conhecimentos diferentes, a balança de competências muda e as empresas estabelecidas podem sucumbir ao não prospectar/ adentrar nesta nova trajetória, seja por terem enraizadas dentro de suas estruturas seus paradigmas tecnológicos já estabelecidos a partir de seus produtos consolidados, ou por não acreditaram na adesão pelo lado da demanda.

Neste íterim, cabe também ao Brasil, como um dos principais mercados automobilísticos do mundo e um importante produtor de veículos e autopeças, acompanhar as

mudanças disruptivas que se avizinham com o intuito de aproveitar tais janelas de oportunidades tecnológicas mencionadas.

A indústria automobilística brasileira é um segmento que apresenta grande relevância no plano econômico nacional, pois é responsável por 4% do PIB (2016) e gera aproximadamente 1,3 milhão de empregos diretos e indiretos em território brasileiro (ANFAVEA, 2018). Ainda, sua participação nas atividades de inovação figura-se relevante no país, em termos tanto de processo como de produto, conduzidas pelas empresas.

Segundo os dados da PINTEC de 2014, no período 2012-2014, a taxa de inovação<sup>3</sup> do segmento de fabricação de veículos automotores, reboque e carrocerias foi de 39,1%, que é maior em comparação à média da indústria de transformação brasileira, que foi de 36,3%. Ao analisar só as montadoras de automóveis, caminhonetas, utilitários, caminhões e ônibus, a taxa de inovação salta para uma média de 78,7% (IBGE, 2014).

No plano internacional, a participação brasileira também tem sido importante em relação à produção e venda de veículos. Contudo, segundo dados da Organização Internacional de Construtores de Automóveis (OICA) e da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), o Brasil passou do 7º lugar na produção mundial de automóveis em 2012 (3.402.963 veículos) para a 10ª posição em 2016 (2.156.356 veículos). Em relação às vendas, a queda na indústria também é evidente; em 2012, comercializaram-se 3.802.071 veículos e, em 2016, 2.050.321 de unidades.

Este comportamento é reflexo da instabilidade macroeconômica brasileira após 2010, que tem levado as empresas da indústria a reavaliar seus planos de produção e expansão no país. Uma das alternativas para sair da crise e dinamizar as vendas da indústria pode ser a produção local de veículos elétricos, que podem vir a criar demandas internas. No tocante ao abastecimento nacional, os VEs devem ser encarados como uma possibilidade de ampliar a eficiência dos veículos e das tecnologias já existentes na indústria automotiva nacional.

Além disso, os VEs podem ser exportados a novos mercados internacionais e fortalecer as relações comerciais estabelecidas, como o tratado multilateral de livre comércio celebrado entre Mercosul e a União Europeia, que prevê cotas progressivas de comércio de veículos com alíquota zero de impostos de importação.

Ademais, conforme será visto adiante, a nova política industrial do setor (Rota 2030) almeja posicionar o país no horizonte 2020/30 como uma plataforma exportadora de veículos não só para mercados emergentes, como também centrais. Será oportuno ao Brasil, deste

---

<sup>3</sup> Refere-se a porcentagem entre número de empresas que inovaram sobre o total de empresas pesquisadas (IBGE, 2014).

modo, procurar atender às exigências destes últimos, que cada vez mais apontam para a eletrificação gradual de sua frota circulante.

A premissa desta tese, que encontra respaldo nos estudos de Consoni et al. (2018), chama a atenção para a falta de coordenação (governança) entre os atores do Governo e da iniciativa privada, em que há uma ausência de agenda com políticas claras em suas propostas, e com metas direcionadas à eletromobilidade. Este diagnóstico reverbera na desarticulação entre estes atores, que desdobram nos fatores que colocam as maiores resistências e obstáculos à consolidação do desenvolvimento, produção e consumo de veículos elétricos no Brasil. A partir deste pano de fundo é que posicionamos a questão de pesquisa desta tese, a qual busca compreender que tipo de arranjo entre os atores é necessário considerando as possibilidades e papéis que podem ser ocupados pela indústria brasileira neste sistema, destacando a importância da formação de conhecimentos e competências locais para o alcance destas oportunidades. Sendo ela:

**Que tipo de governança e de articulação entre os atores é necessária para coordenar o desenvolvimento de competências tecnológicas na estruturação da eletromobilidade no Brasil?**

Para isso, o **objetivo geral** desta tese foi identificar e compreender quais são as possibilidades para a estruturação da mobilidade elétrica no Brasil e sua governança a partir das dimensões da formação de competências e atividades de P&D para o Sistema de Propulsão Elétrico (SPE).

Para o alcance deste objetivo geral, foram desenhados quatro **objetivos específicos**, desenvolvidos ao longo de cada capítulo correspondente (além do capítulo inicial de cunho teórico/metodológico) que se articulam para o avanço e progresso desta tese. São eles:

- (1) Investigar o real estágio de desenvolvimento dos veículos elétricos no Brasil, em termos dos atores e de suas iniciativas em curso (atividades empreendedoras) e políticas públicas (capítulo 2);
- (2) Mapear a formação de conhecimento científico e tecnológico local (capítulo 3);
- (3) Identificar as barreiras e oportunidades em prol da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e produção de veículos elétricos (capítulo 4); e,

- (4) Propor um novo arranjo de governança, com articulação entre atores e convergência entre as ações a partir da construção de uma agenda em nível nacional, que oriente os atores do campo da eletromobilidade (capítulo 5).

### **Abordagem teórica**

Como instrumental analítico, apoiamo-nos na análise baseada nos sistemas tecnológicos de inovação (CARLSSON ET AL., 2002b; CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991a) e na sua perspectiva funcional (BERGEK ET AL., 2008a), pois atenta-se a inovação como um processo interativo e coevolutivo entre uma diversidade de atores, apontando que as empresas não inovam isoladamente.

No que diz respeito à demarcação analítica do sistema, o STI é aquele focado no nível do domínio tecnológico, que se acopla ao presente caso da proposição de um sistema de propulsão elétrico e seus componentes. Permite também o envolvimento de diversos setores na análise, sendo obrigatoriamente ligados ao domínio tecnológico; como é o caso da eletromobilidade onde se unem atores dos setores elétricos e metal-mecânico para a produção de veículos elétricos. Tal possibilidade permite uma análise multisetorial, diferente de outras perspectivas do tipo meso-econômicas como os sistemas setoriais de inovação, por exemplo, que se fecham na perspectiva de um ou outro setor.

Complementa-se a estes argumentos que o STI não apresenta limites geográficos em sua análise, diferente de abordagens como o sistema regional ou nacional de inovação. Isso viabiliza a discussão da indústria automobilística nacional para a eletromobilidade onde se pondera o papel dos atores globais que estão instalados no Brasil e transpõem suas atividades internacionais dentro do país.

Ainda, aponta-se como abordagem mais oportuna para analisar tecnologias e produtos que se encontram em estágio de inserção de mercado e apresentam diversas indefinições quanto ao sucesso (COENEN; DÍAZ LÓPEZ, 2010; NYGAARD, 2008).

Por fim, acrescenta-se aos fatos mencionados, pelo fato do STI ter sido umas das abordagens que mais tem apresentado a interação com a análise de governança e políticas de inovação (ALTENBURG; SCHAMP; CHAUDHARY, 2016; HILLMAN ET AL., 2011a; NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012a, 2012b), com algumas aplicações deste *framework* já realizadas anteriormente para o caso do VE em outros países (MAGNUSSON, 2011; NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012a).

A partir desta escolha de referencial, a organização da tese apoiou-se em três estratégias metodológicas para coleta de informações, sendo:

- 1) Pesquisa bibliográfica;
- 2) Trabalho de campo e entrevistas; e,
- 3) Coleta e tratamento de dados secundários.

Apoiamo-nos, sobretudo, na utilização de dados oriundos de projetos de pesquisa realizados com os atores do setor e com participação expressiva do autor desta tese. Aponta-se que estes projetos eram estritamente relacionados às possibilidades de inserção brasileira na trajetória da eletromobilidade e demonstraram clara correspondência com o objetivo que esta tese se debruçou a alcançar.

Ainda, atuar na condução destes projetos, como o *Roadmap* tecnológico, detalhado no capítulo seguinte, foi fundamental para dialogar com os atores que estão se envolvendo com a eletromobilidade no Brasil e coletar suas principais impressões e informações que ajudaram a responder as questões desta pesquisa. O detalhamento destes passos e as fontes utilizadas encontram-se abordadas no primeiro capítulo, de cunho teórico-metodológico.

A partir das informações levantadas ao longo desta pesquisa, formulou-se um pressuposto de trabalho, verificado e exemplificado ao longo da explanação dos resultados encontrados e do desenvolvimento do texto na estrutura capitular, a qual segue.

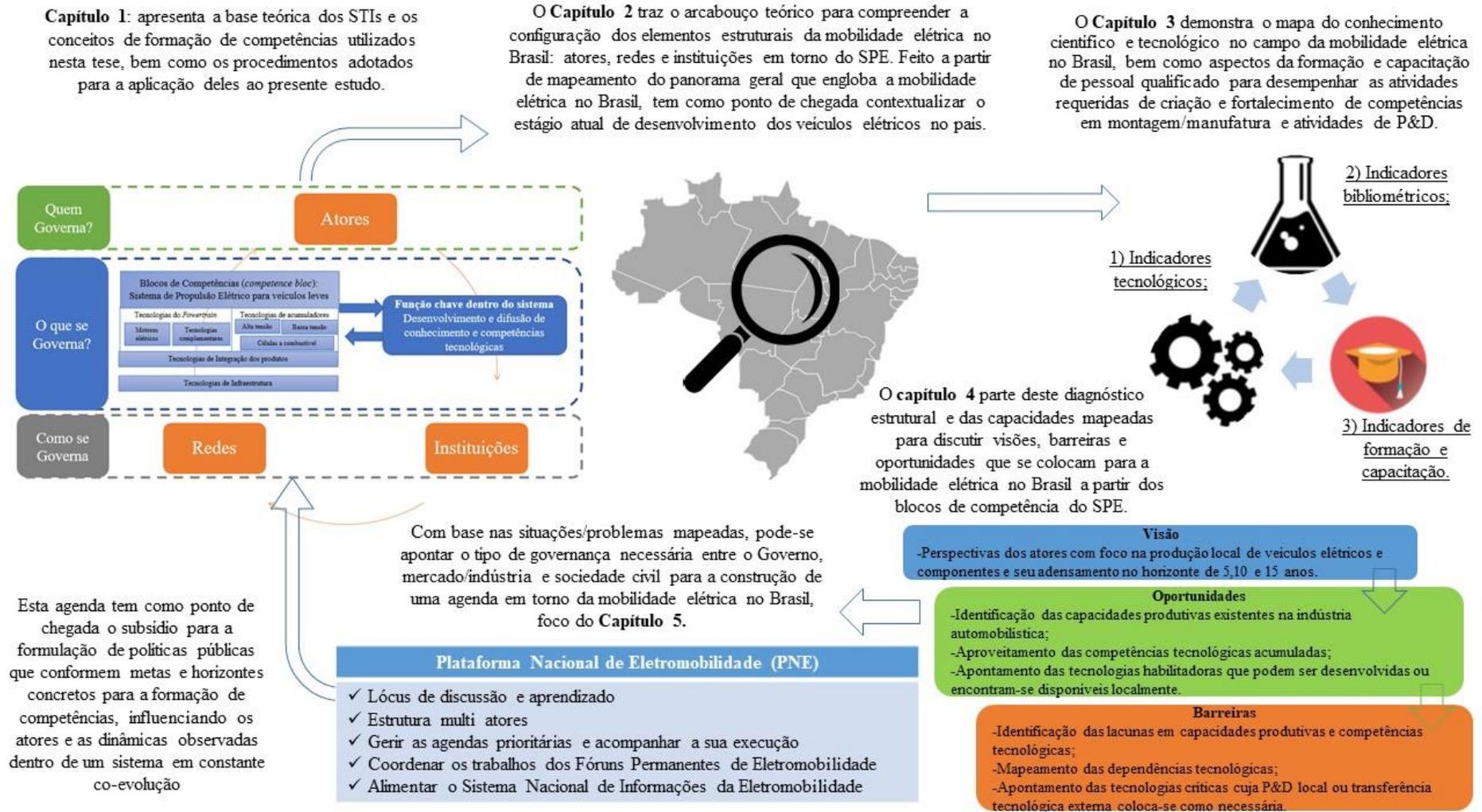
### **Pressuposto da pesquisa**

Para a fundamentação da premissa de trabalho desta pesquisa, partimos da constatação de que a eletrificação veicular começou a se caracterizar como uma rota tecnológica promissora ao se pensar no futuro da indústria automobilística global com ênfase na baixa emissão (IEA, 2019a). O pressuposto é que o Brasil apresenta as competências que se figuram como necessárias, ainda que não suficientes, ante a estruturação das atividades de P&D e para a montagem de veículos elétricos leves, a manufatura de seus componentes correspondentes e os sistemas de infraestrutura de recarga.

## **Estrutura da Tese**

A tese encontra-se organizada em torno de cinco capítulos que se unem em torno da questão central desta pesquisa. A Figura 1 apresenta um esquema geral do encadeamento dos capítulos, demonstrando a articulação entre eles e o avanço da pesquisa, sendo seguida por um detalhamento capítulo a capítulo.

**Figura 1:** Encadeamento e articulação dos capítulos e progressão da tese.



**Fonte:** elaboração própria.

O **capítulo 1**, de cunho teórico e metodológico, apresenta os principais conceitos utilizados pela pesquisa que remetem ao campo da teoria da inovação e sua abordagem baseada nos Sistemas Tecnológicos de Inovação. Discute também em que medida esta perspectiva se inter-relaciona com estudos de governança, fornecendo o instrumental analítico necessário para as proposições de ações e políticas públicas, a partir de um direcionamento específico da formação de conhecimento local e competências.

Apontam-se quais são as diferenças tecnológicas deste novo paradigma da eletrificação em relação aos motores a explosão, por meio da explicação do *framework* desenvolvido para esta tese, fundamentado no Sistema de Propulsão Elétrica e em que medida este arcabouço tecnológico consegue dar respostas a uma demanda por uma mobilidade de baixa emissão.

Estes principais conceitos estarão amarrados aos processos metodológicos compreendidos por cada capítulo correspondente, demonstrando o avanço e encadeamento do processo investigativo como um todo. Esta discussão fundamenta o contexto teórico para os capítulos seguintes da pesquisa e, com isso, proporciona uma visão integrada entre o STI e sua governança e esclarece ao leitor o seu acoplamento junto ao objeto da tese, localizado no campo da eletromobilidade.

O **capítulo 2** tem por objetivo demonstrar onde e em que medida as ações e iniciativas relacionadas à eletromobilidade no Brasil são perceptíveis. Tem como pano de fundo, os principais drivers e condicionantes que têm promovido o segmento dos veículos elétricos em nível global, apontando os principais exemplos de liderança nesta trajetória, como EUA, Europa e China, onde este mercado vem se avolumando ao longo dos últimos anos.

Costuradas estas interfaces tecnológicas e sociais (motivações e mercado), movimenta-se a discussão para o caso brasileiro, demonstrando alguns números do segmento, como o seu mercado, ainda que tímido, mas em expansão. Analisam-se os elementos estruturais que compõem este sistema, como os atores e suas redes em formação, as iniciativas empreendedoras e os projetos demonstrativos que têm impulsionado o desenvolvimento da eletrificação no país.

Por fim, apresenta-se o arcabouço institucional brasileiro em construção e as políticas que influenciam o setor, assinalando o importante papel que a política pública direcionada apresenta para esta tecnologia emergente.

A contextualização realizada no capítulo 2 fornece a dimensão de onde se encontra a eletromobilidade, viabilizando a compreensão do **capítulo 3** sobre a geração de conhecimento acerca da mobilidade elétrica no Brasil. Neste capítulo, se explora a criação de competências

e conhecimento local, conduzido a partir de indicadores científicos e tecnológicos disponíveis no Brasil, sublinhando o papel das universidades e os institutos de pesquisa. Estas instituições estão envolvidas na investigação, divulgação de estudos e desenvolvimento das tecnologias ligadas ao VE. No bojo destas atividades, podem ser criadas competências-chave para o sucesso da produção e da P&D do veículo elétrico.

O **capítulo 4** está voltado para uma análise prospectiva com a apresentação das visões, oportunidades e barreiras para a mobilidade elétrica no Brasil. Neste capítulo é possível compreender como o Brasil, por meio de sua indústria e prontidão tecnológica, suporte governamental e da pesquisa, pode se posicionar nos próximos anos em relação à introdução, produção e difusão das tecnologias da mobilidade elétrica, desmembradas a partir do Sistema de Propulsão Elétrico.

Apresenta-se em quais direções a eletromobilidade pode caminhar a partir do aproveitamento das oportunidades ligadas às competências e capacidades nacionais, que dariam conta de responder as demandas de mercado da eletrificação no país. Pondera-se também, neste sentido, as barreiras e mecanismos de bloqueio que podem vir a impedir ou dificultar estas atividades no país.

Dessa forma, percorre-se uma linha de análise que toca os principais aspectos circunscritos no campo da eletromobilidade, no caso brasileiro, de como e onde as possibilidades em torno destas tecnologias e as projeções de futuro são observáveis. Esta construção, costurada e articulada ao longo dos primeiros quatro capítulos, encontra desfecho no **capítulo 5**, que apresenta a agenda para a mobilidade elétrica no Brasil e a governança necessária.

Neste capítulo, constrói-se uma agenda clara com diretrizes, ações estratégicas e a articulação demandada para a estruturação da produção de veículos elétricos, componentes e formação de capacidades locais da eletromobilidade no Brasil. Esta agenda será adereçada quanto a sua condução a uma Plataforma Nacional de Eletromobilidade, formulada para ser o *locus* de sua implementação, em que tais recomendações elencadas tenham como ponto de chegada subsidiar e apoiar a formulação de políticas públicas, com vistas a superar as principais barreiras identificadas para as atividades mapeadas.

Ao final da tese, apresenta-se a conclusão da pesquisa, as referências, o glossário e os apêndices.

## CAPÍTULO 1 — AS BASES TEÓRICAS PARA A COMPREENSÃO DA ELETROMOBILIDADE E SEU SISTEMA DE PROPULSÃO ELÉTRICO: UMA ABORDAGEM BASEADA NOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE INOVAÇÃO (STIs)

---

O objetivo deste capítulo é apresentar a base teórica e os conceitos utilizados nesta tese, bem como os procedimentos adotados para a aplicação deles ao presente estudo.

Para estruturar o referencial teórico da pesquisa, partimos da compreensão de que a eletromobilidade encontra diferentes desafios para a sua viabilidade comercial em várias dimensões (IEA, 2018; MAGNUSSON, 2011; OLTRA; SAINT JEAN, 2009). Estes desafios colocam resistências que não repousam em estruturas individuais (artefatos, objetos, entre outros); pelo contrário, estas resistências são parte de todo um sistema que foi construído e que se sustenta em torno do veículo movido a motor a combustão interna (MCI), apoiado e reforçado por ganhos de escala pelos atores já consolidados e atuantes neste setor.

A expressão “*aprisionamento*” é apropriada para descrever o estado das resistências que o veículo elétrico enfrenta ao tentar se colocar no mercado como uma das alternativas para a mobilidade de baixa emissão de poluentes. Encontra-se na literatura de inovação uma série de estudos e esforços que remetem a conceitos que visam entender esta dinâmica. Dosi (1982) é um dos autores que contribui nesta argumentação ao propor seu modelo de determinantes e das direções em que ocorre a mudança técnica, onde destacam-se os conceitos de paradigmas tecnológicos e trajetórias tecnológicas (DOSI, 1982 [2006]).

David (1985) e Arthur (1989), com o intuito de explicar trajetórias de tecnologias, desenvolveram o conceito de *path-dependence*<sup>4</sup> que pode ser traduzido como “trajetória dependente” ou dependência da trajetória, muito embora a literatura brasileira venha adotando o formato na língua inglesa<sup>5</sup>.

Para Cowan e Hülten (1996), o caminho responsável por um estado de *path-dependence* geralmente inicia-se com um determinado evento ou uma sequência de eventos. Uma vantagem inicial que uma tecnologia proporciona pode vir a desencadear o efeito “bola

---

<sup>4</sup> David (1985) utilizou o conceito de *path-dependence* para analisar a escolha do padrão de teclado QWERTY em detrimento do padrão DVORAK, argumentando que a escolha pelo padrão QWERTY ocorreu devido as interconexões na produção e na demanda do mercado de datilografia fundadas no fim do século XIX, e não por questões de eficiência e praticidade de uso.

<sup>5</sup> Outros trabalhos posteriormente transcenderam a esfera da tecnologia para explicar as trajetórias de desenvolvimento das instituições. Ver, a esse respeito, North (1990, 1994, 2005).

de neve”, que impulsiona outras empresas a adotar determinada tecnologia. Uma vez escolhido o caminho que uma tecnologia irá seguir, há a atuação dos mecanismos auto-reforçantes, exemplificados pelas combinadas interações entre sistemas tecnológicos e instituições de suporte, gerando um estado de aprisionamento tecnológico, também traduzido por *lock-in* tecnológico. A partir deste ponto, a mudança para um novo padrão tecnológico torna-se complexa, pois implica na somatória de diversas forças com o intuito de dificultar as mudanças para novos padrões de sistemas técnico-institucionais e a configuração de novas trajetórias tecnológicas (UNRUH, 2002)

Considere que a tecnologia dominante – os veículos dotados com MCI – já se beneficiou amplamente dos efeitos de aprendizado, das economias de escala, das economias de rede, entre outros (ARTHUR, 1994). Essa tecnologia também foi favorecida, e ainda é, pela criação e expansão da infraestrutura de abastecimento (postos de combustíveis em grande parte dos territórios), pelas complementaridades tecnológicas e pela consolidação de um quadro regulatório que permearam o desenvolvimento da trajetória dos veículos à combustão; no caso brasileiro, ligado intrinsecamente aos biocombustíveis (BARASSA, 2015; MARTINS, 2015). Esse contexto leva a um conjunto de barreiras tecnológicas, normativas e estruturais que não serão superadas sem intervenção governamental.

Os argumentos em torno das dificuldades e desafios para o veículo elétrico refletem o fato de que a geração, difusão e utilização das tecnologias do SPE não dependerão somente dos esforços das empresas que compõem o setor automobilístico, elétrico e eletrônico, mas sim de um conjunto de organizações que transcendem a esfera corporativa, tais como o Estado, as instituições públicas de financiamento e o conjunto de conhecimentos que suportam este processo.

Dado este caráter sistêmico e multifacetado, é preciso haver uma articulação entre os atores para que se crie uma agenda baseada em uma visão de futuro consensuada, para que objetivos e metas possam ser traçados. É neste sentido que a base conceitual dos Sistemas Tecnológicos de Inovação (CARLSSON ET AL., 2002b; CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991a; ELIASSON, 1996; NEGRO, 2007) com sua perspectiva funcional (BERGEK ET AL., 2008a) acoplam-se ao objetivo desta tese e fornecem um instrumental analítico para um melhor entendimento das dinâmicas dentro do sistema e de seu desempenho em relação à formação de competências/capacidades tecnológicas locais. No que diz respeito à interface entre STIs e os estudos de governança em sistemas de inovação “verdes emergentes” (HILLMAN ET AL., 2011a; JORDAN, 2008; MUSIOLIK; MARKARD; HEKKERT, 2012;

TREIB; BÄHR; FALKNER, 2007) permite-se entender onde, como e por quem a governança pode ser desempenhada.

Visando o aprofundamento destes conceitos, que serão a base de como adereçar o problema de pesquisa e instrumentalizar a análise dos dados, o capítulo está organizado da seguinte maneira. Em primeiro lugar, são caracterizadas as noções fundamentais para entender o que é um Sistema de Inovação (SI) e seus elementos (a introdução de novas/aprimoradas tecnologias, e sua posterior propagação [difusão], capitaneadas pelos atores, redes e instituições que atravessam e percorrem este sistema).

Estas noções fornecem a base para a apresentação de uma abordagem ulterior deste campo: Sistemas Tecnológicos de Inovação (STI) e sua perspectiva funcional, que interpreta estes componentes do sistema a partir da ótica de funções e atividades-chaves que devem ocorrer dentro de sua estrutura. Será demonstrada a origem deste campo de estudos, principais trabalhos e sua evolução. A partir desta caracterização, também justifica-se a escolha por esta abordagem para o presente caso, as contribuições e o diálogo com os blocos de competência de Eliasson (1996), que conseguem capturar e organizar os produtos e artefatos que compõem o sistema de propulsão elétrico.

Na sequência, a segunda parte do capítulo trata de explicar os passos principais da pesquisa. São apresentadas as fontes de informação utilizadas e o modo como os dados foram tratados e analisados, em termos de seus capítulos correspondentes.

## **1.1 A gênese conceitual dos estudos em Sistemas de Inovação**

No final dos anos 1980, Christopher Freeman (1987), Bengt-Ake Lundvall (1992) e Richard Nelson (1993) lançaram as ideias fundadoras e os conceitos que iriam formar a base dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI).

As motivações destes trabalhos consistiam em construir um arcabouço analítico sistêmico e alternativo às teorias neoclássicas já estabelecidas sobre a competitividade internacional. Este esforço foi atribuído à procura destes autores evolucionistas (ou neoschumpeterianos) em ir além da compreensão neoclássica que apresentava uma série de limitações, especialmente em relação ao realismo de seus pressupostos. Dentre as limitações apontadas por Coombs, Paviotti e Walsh (1987), pode-se destacar:

- a) Abordam o progresso técnico como sendo exógeno à atividade econômica.
- b) A simplificação dos fatores de produção envolvidos (capital e trabalho).

- c) O fictício pressuposto da existência de inúmeras técnicas de produção dado um nível de tecnologia, quando na realidade, se verifica um número restrito de opções.
- d) A substituição dos fatores não é perfeita, pois há indivisibilidade dos fatores de produção.
- e) A função de produção apenas demonstra mudanças nos processos produtivos (através do deslocamento da curva) e acaba por ignorar um elemento muito importante na economia, que são as inovações de produto, devido ao surgimento de novas funções de produção.
- f) A competitividade da indústria de um país dependia do nível dos salários nominais e/ou da desvalorização da moeda.

Para estes três autores, concebeu-se o entendimento de que os novos produtos não são gerados por um único ator, como as empresas, e tampouco de maneira linear<sup>6</sup>, mas sim trata-se do fruto da interação de diversos agentes cujas relações estão pautadas em complexas relações, por exemplo, como a interação universidade-empresa com o aprendizado (LUNDVALL, 2007).

Assim, estes três autores e seus respectivos trabalhos, cujas definições encontram-se descritas no Quadro 1.1, formaram a tríade conceitual fundadora deste campo. Apresentam-se junto a estas definições outras cuja importância e complementação trazem luz à concepção original.

---

<sup>6</sup> O relatório *Science, the Endless Frontier* sintetizado por Vannevar Bush em 1945, constituiu um novo paradigma para o campo da política científica e tecnológica. Ao término da década de 1950, o relatório foi amplamente adotado pelos países industrializados e ao mesmo tempo difundiu uma concepção da dinâmica da inovação que ficou conhecida como “modelo linear de inovação” que dominou o pensamento sobre a C&T até recentemente (BUSH, 1945). Segundo os autores Kline e Rosenberg (1986), neste modelo um agente realiza a pesquisa básica, posteriormente tal pesquisa é desenvolvida para ser aplicada ao mercado e deste desenvolvimento é produzido um produto, que após todas estas etapas é comercializado. Nessa concepção linear, a mudança técnica era compreendida como uma sequência de estágios em uma ordem lógica, em que novos conhecimentos advindos da pesquisa científica levariam aos processos de invenção que seriam seguidos por atividades de pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico resultando, ao final da cadeia, na introdução de produtos e processos comercializáveis.

**Quadro 1.1:** Principais definições de sistemas de inovação.

DEFINIÇÕES	AUTOR (RES)	OBRA	ANO
‘the network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies’ (FREEMAN, 1987, p. 1).	Freeman	Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, Pinter: London.	1987
‘The narrow definition would include organizations and institutions involved in searching and exploring – such as R&D departments, technological institutes and universities. The broad definition which follows from the theoretical perspective presented above includes all parts and aspects of the economic structure and the institutional set up affecting learning as well as searching and exploring – the production system, the marketing system, and the system of finance present themselves as sub- systems where learning takes place.’ (LUNDVALL, 1992, p. 12).	Lundvall	National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning	1992
‘A national system of innovation is the system of interacting private and public firms (either large or small), universities and government agencies aiming at the production of science and technology within national borders. Interaction among these units may be technical, commercial, legal, social, and financial, inasmuch as the goal of the interaction is the development, protection, financing or regulation of new science and technology.’ (NIOСИ; BELLON; SAVIOTTI; CROW, 1993, p. 212).	Niosi, Bellon, Saviotti and Crow	National systems of innovation: in search of a workable concept	1993
‘the set of institutions whose interaction determine the innovative performance of national firms’ (1994, p. 4).	Nelson and Rosenberg	American universities and technical advance in industry	1994
“The function of an innovation system is to generate, diffuse, and utilize technology. Thus, the main features of the system are the capabilities (together representing economic competence) of the actors to generate, diffuse, and utilize technologies (physical artifacts as well as technical know-how) that have economic value” (2002, p. 235).	Carlsson et al.	Innovation systems: analytical and methodological issues	2002

**Fonte:** elaboração própria.

Adentrando analiticamente no conceito de sistema de inovação, toma-se como base para a interpretação da inovação em si as ideias do economista austríaco Joseph Schumpeter

(1883-1950), que apresentou de forma mais robusta e elaborada um conceito de inovação tecnológica, o qual ainda se mantém como uma base para a compreensão atual.

A **inovação** para Schumpeter diz respeito a novas combinações de recursos já existentes voltados à produção de novas mercadorias, ou para produzir produtos antigos, mas de forma mais eficiente, e no que diz respeito a novos mercados, sua prospecção (SCHUMPETER, [1934], 1997). Considerações schumpeterianas dos tipos de casos em que a inovação se apresenta:

- Introdução de um novo produto que os consumidores ainda não estejam familiarizados;
- Introdução de um novo método de produção, ou seja, uma forma de produzir que ainda não tenha sido testada pela indústria. Pode ser também numa nova forma de comercializar uma mercadoria;
- A abertura de um novo mercado que um ramo da indústria ainda não tenha entrado;
- A descoberta de uma nova fonte de matérias-primas;
- Nova organização na indústria, como a formação de um monopólio, ou a fragmentação de um monopólio existente.

São esses os cinco casos apresentados por Schumpeter que podem determinar a ocorrência de uma inovação. Ainda que a conceituação proposta por Schumpeter seja uma referência para se pensar os diferentes tipos de inovação, uma padronização mais organizada foi proposta pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), denominada como Manual de Oslo, no intuito de se observar os produtos e processos inovativos de forma direta, tornando-se a definição padrão utilizada nesta tese quando da inferência do termo inovação:

Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos (TPP) compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos. Uma inovação TPP é considerada implantada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou usada no processo de produção (inovação de processo). Uma inovação TPP envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. Uma empresa inovadora em TPP é uma empresa que tenha implantado produtos ou processos tecnologicamente novos ou com substancial melhoria tecnológica durante o período em análise. (OECD, 2005, p. 54).

Já a ideia de **sistemas**, fundamenta-se a partir de um grupo de **componentes, relacionamentos e atributos**, que articulam-se e co-evoluem em prol de um objetivo comum (BERGEK ET AL., 2008b; CARLSSON ET AL., 2002). Carlsson (2002, p. 234) define componentes como as partes que operam o Sistema:

They can be of a variety of types: actors or organizations such as individuals, business firms, banks, universities, research institutes, and public policy agencies (or parts or groups of each). They can be physical or technological artifacts such as turbo-generators, transformers, and transmission lines in electrical power systems and biomedical devices, diagnostic techniques, and drugs in biomedical/biotechnological systems. They can also be institutions in the form of legislative artifacts such as regulatory laws, traditions, and social norms. (CARLSSON, 2002, p. 234).

Assim, compreende uma gama de atores, sejam eles públicos e privados, cujas atividades e relacionamentos criam, importam, modificam e difundem novas tecnologias (EDQUIST, 1997; FREEMAN, 1988). Incluem as empresas, as organizações de pesquisa e as agências públicas; as relações entre os componentes incluem relações de mercado e relações extra-mercado de cooperação. O *feedback* (interação e retroalimentação) é o que torna estes sistemas dinâmicos; sem esse *feedback* o sistema seria estático. Para Carlsson (2002), quanto maior a interação entre os componentes de um sistema, mais dinâmico ele é.

Atributos são as propriedades dos componentes (explorados na sequência ao abordarmos o recorte para o presente estudo). No caso do sistema de inovação, a principal característica é a competência técnico-econômica, que visa “gerar, difundir e utilizar tecnologias (tanto artefatos físicos como conhecimento tácito) que tenham valor econômico” (CARLSSON ET AL., 2002, p. 235).

### CONSIDERAÇÕES SOBRE DIFUSÃO DAS INOVAÇÕES

A difusão é entendida como um processo generalizado de propagação das inovações, quando um novo produto que até então era desconhecido dos consumidores, por exemplo, passa a se tornar comum e a fazer parte da vida das pessoas. A difusão é uma parte fundamental do processo de inovação, ocorrendo também com as imitações feitas por outras empresas de uma determinada inovação original, sendo que os efeitos que surgem no decorrer da difusão melhoram a inovação original, pois as empresas que imitam tendem a aperfeiçoar a inovação (ROGERS, 2003).

## **1.2 O transbordamento dos estudos dos Sistemas Nacionais de Inovação para novos recortes analíticos: espaciais, tecnológicos, setoriais e sociotécnicos**

A partir destes esforços precursores, o campo de estudos sobre os SNI evoluiu ao propor trabalhos com direcionamentos analíticos específicos e recortes espaciais diferenciados, como por exemplo, abordagens baseadas em limites setoriais e tecnológicos.

Este movimento foi em parte reflexo das críticas que a corrente SNI vinha sofrendo acerca de seu limite estado-nação, dado que cada vez mais as estruturas produtivas dos países encontram-se descentralizadas e formatadas em redes, com cadeias produtivas dispostas em escala globalizada (FREEMAN, 2002).

Nesta direção de novas abordagens, temos Cooke, Uranga e Etxebarria (1997), que propõem a abordagem de Sistemas de Inovação Regionais, Breschi e Malerba (1997) e Malerba (2002), por sua vez, propõem a abordagem focada em Sistemas Setoriais de Inovação; Sistemas Sociotécnicos de Inovação (GEELS, 2002) e, por fim, os Sistemas Tecnológicos de Inovação (CARLSSON ET AL., 2002; CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991b).

Face às diversas abordagens apresentadas para trabalhar com sistemas de inovação, coube nesta pesquisa ponderar e refletir sobre aquele que sustenta o olhar para o caso da eletromobilidade e que poderia servir de arcabouço para entender o caso das possibilidades aos sistemas de propulsão alternativos no Brasil.

A abordagem teórica conceitual escolhida nesta pesquisa ampara-se na corrente dos Sistemas Tecnológicos de Inovação (BERGEK ET AL., 2008a; CARLSSON ET AL., 2002; CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991a). Retomando os estudos pioneiros de Bo Carlsson e Rikard Stankiewicz (1991), os autores definem o STI como sendo:

[...] network(s) of agents interacting in a specific economic/industrial area under a particular institutional infrastructure or set of infrastructures and involved in the generation, diffusion, and utilization of technology. Technological systems are defined in terms of knowledge or competence flows rather than flows of ordinary goods and services. They consist of dynamic knowledge and competence networks (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991, p. 111).

Para esta escolha, nos amparamos nas seguintes justificativas:

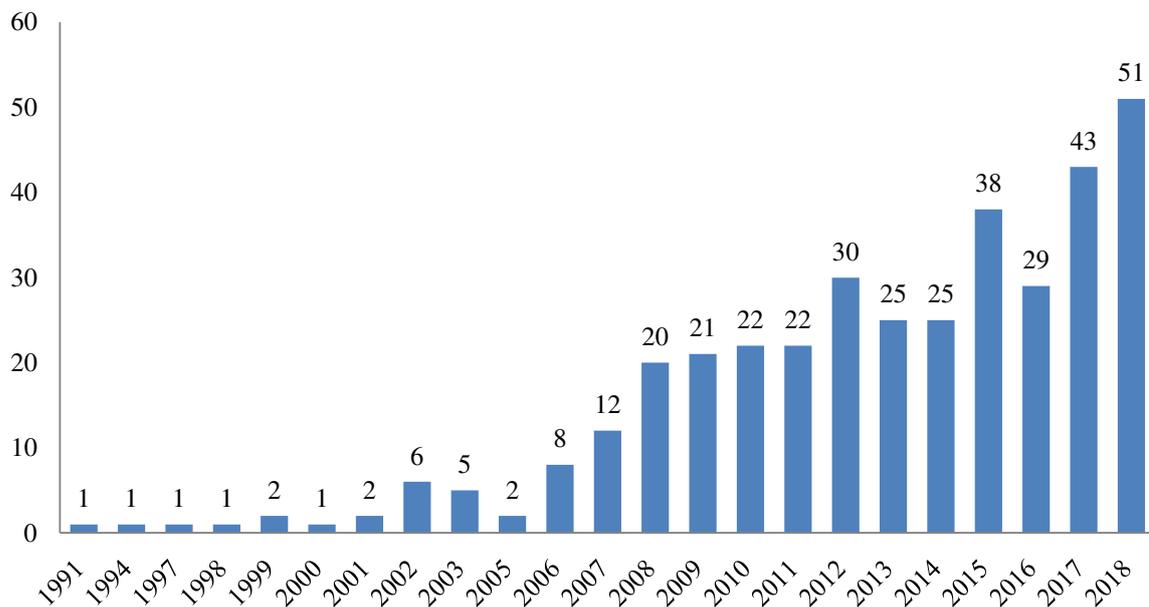
Ao olhar para a literatura que aborda sistemas de inovação voltados às inovações sustentáveis e tecnologias verdes, três abordagens destacam-se como sendo as mais aplicadas:

Sistemas Setoriais de Inovação (SSI), Sistema Tecnológico de Inovação e Sistemas Sociotécnicos de Inovação (COENEN; DÍAZ LÓPEZ, 2010).

Para Nyggard (2008), a abordagem de Sistemas Tecnológicos de Inovação aponta-se como a mais oportuna para analisar tecnologias e produtos que se encontram em estágio de inserção de mercado e apresentam diversas indefinições quanto ao sucesso (COENEN; DÍAZ LÓPEZ, 2010; NYGAARD, 2008).

Ainda, o campo do STI vem apresentando uma evolução contínua em termos de publicações que discutem e aplicam o seu framework. Desde 1991, da primeira publicação seminal, que representa a gênese conceitual de Carlsson e Stankiewicz, (1991), foram publicados 378 trabalhos (livros e capítulos de livros, artigos em periódicos e em eventos) por 647 autores diferentes dispostos em 440 instituições<sup>7</sup>. A Figura 1.1 demonstra as tendências gerais de crescimento.

**Figura 1.1:** Evolução dos trabalhos que utilizam os Sistemas Tecnológicos de Inovação (1991-2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de Scopus (2019). Processamento Intellixir (2019).

<sup>7</sup> Dados extraídos através da plataforma SCOPUS, por meio da equação de busca ( TITLE-ABS-KEY ("innovation system") OR TITLE-ABS-KEY ("functions analyze") OR AUTHOR-NAME ("technological innovation systems") AND AUTHORNAME (coenen OR truffer OR markard OR bergek OR jacobsson OR carlsson OR edquist OR hekkert OR suurs OR negro OR johnson OR rickne )); e processados via software Intellixir.

As pistas por este crescente interesse justificam-se pelo desprendimento **setorial** e **espacial** deste conceito. Quanto aos limites analíticos do sistema, o STI é aquele focado no domínio tecnológico, que se acopla ao presente caso do sistema de propulsão elétrico e seus componentes. Permite o envolvimento de diversos setores na análise, sendo obrigatoriamente ligados ao domínio tecnológico; como é o caso da eletromobilidade onde se unem atores dos setores elétricos e metalomecânico para a produção de veículos elétricos. Tal possibilidade permite uma análise multisetorial, diferente de outras perspectivas do tipo meso-econômicas como os sistemas setoriais de inovação, por exemplo, que se fecham na perspectiva de um ou outro setor.

É possível argumentar que um sistema tecnológico pode ser nacional, regional, internacional e perpassar setores indústrias diferentes. O STI não apresenta limites geográficos em sua análise, diferente de abordagens como o sistema regional ou nacional de inovação. Isso viabiliza a discussão da indústria automobilística nacional para a eletromobilidade onde se pondera o papel dos atores globais que estão instalados no Brasil e transpõem suas atividades internacionais dentro do país<sup>8</sup>.

Outro argumento que justifica essa expansão do STI é o seu impulso dado pela perspectiva funcional, que conseguiu de maneira diferente operacionalizar e analisar dentro de um sistema de inovação em termos de atividades de sucesso, diferente de outras abordagens, que deixavam a análise mais aberta em termos das dinâmicas dentro do sistema, cabendo aos usuários destas abordagens o *design* e seleção própria de seus indicadores.

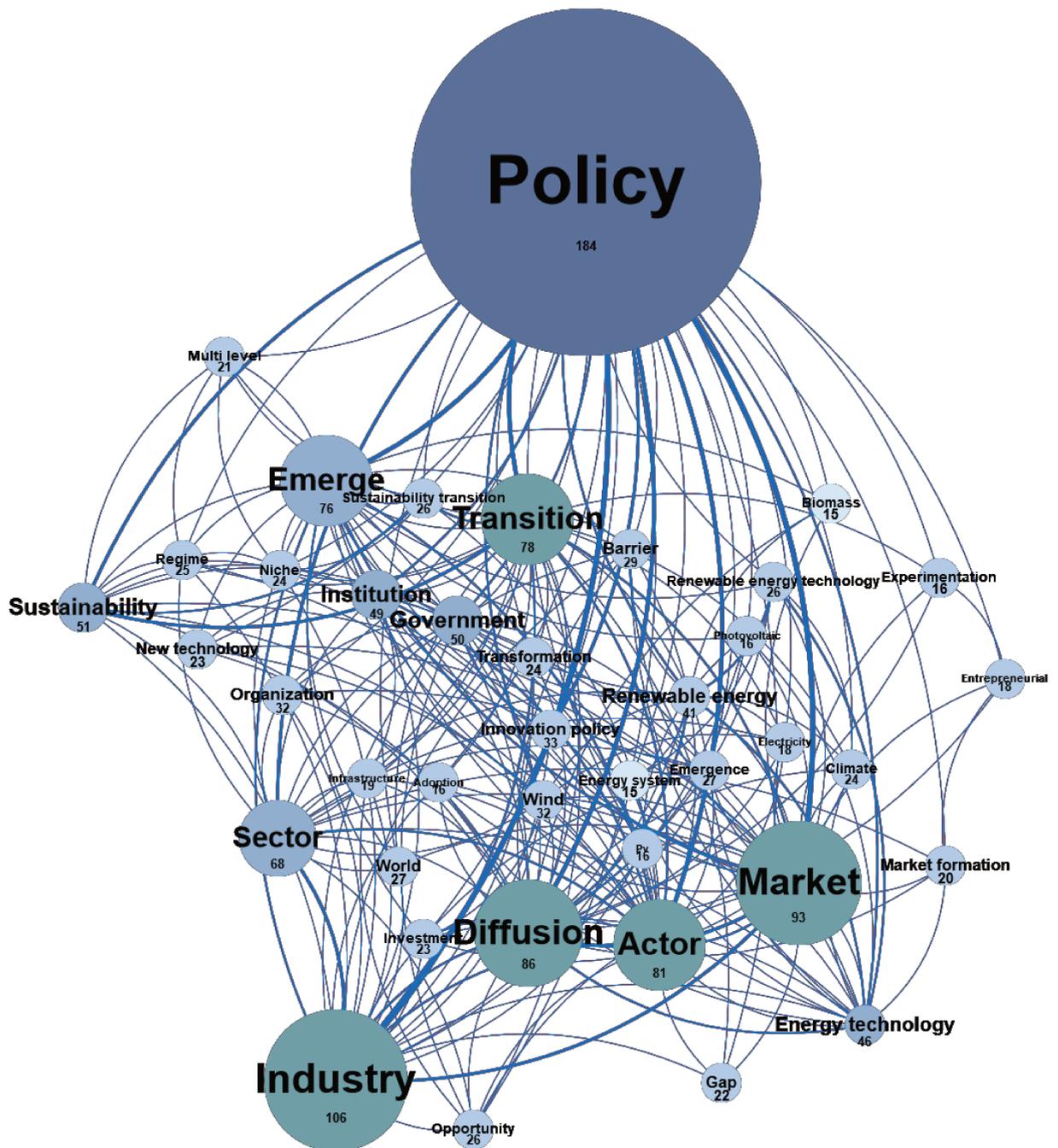
Por fim, os principais pontos que justificam o interesse desta pesquisa com este arcabouço conceitual é sua interface com o tema das políticas públicas e mais recentemente o interesse dos estudos das transições para a sustentabilidade com o STI.

Este direcionamento analítico para as políticas e governança fica evidente ao analisarmos a rede conceitual das principais palavras-chaves extraídas dos trabalhos que utilizam e discutem o STI, demonstrado na Figura 1.2.

---

<sup>8</sup> Uma alternativa possível seria a utilização dos sistemas setoriais de inovação (SSI). Porém, o modo com que o SSI delimita suas fronteiras analíticas com base no olhar dos produtos já existentes e criação de mercado dificulta a aplicação desta abordagem em caso onde um determinado produto encontra-se em fases iniciais de inserção e comercialização. Isto refere-se exatamente ao quadro encontrado para o conjunto de tecnologias de propulsão alternativa no Brasil em idos de 2018. No referido ano, havia aproximadamente 9.000 veículos em utilização no país (ABVE, 2018). Com base neste estado embrionário de comercialização, considera-se uma elevada incerteza tecnológica (elétricos à baterias, híbridos, células a combustível) e também incerteza de mercado (aceitação dos consumidores), ou seja, permeiam-se questões em aberto quanto ao produto e mercado.

**Figura 1.2:** Abordagens e rede conceitual dos trabalhos que utilizam os STIs como instrumental analítico (378 trabalhos entre 1991 a 2018).



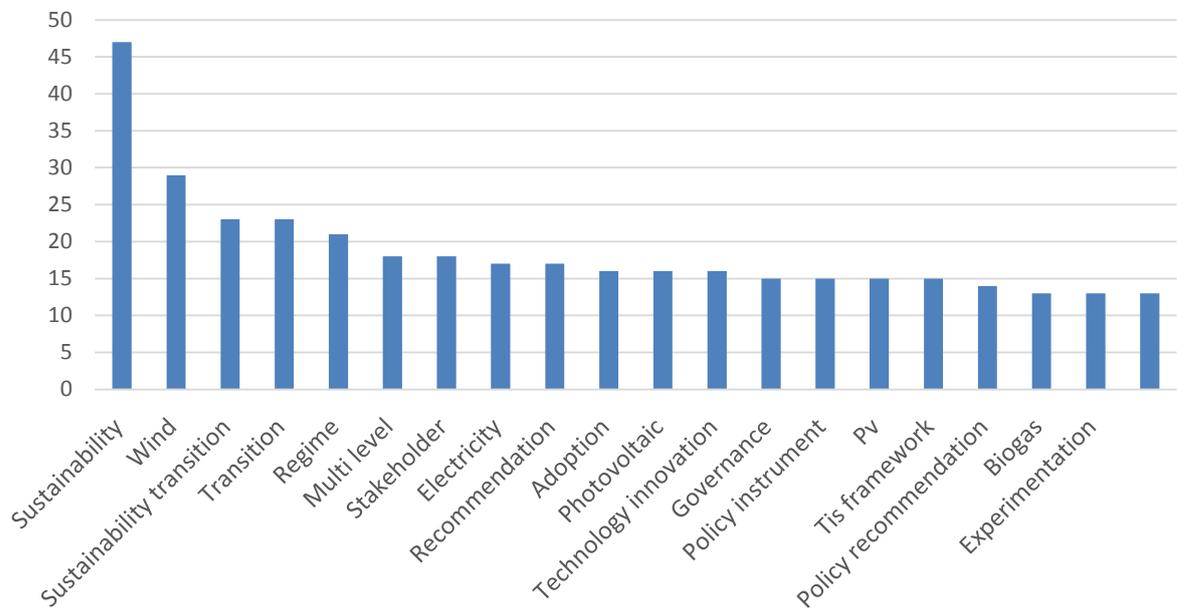
**Fonte:** elaboração própria a partir de Scopus (2019). Processamento Intellixir (2019).

Disparadamente, o enfoque da política pública tem o maior destaque nesta abordagem e casa-se com os objetivos da tese; no que toca à sua parte propositiva, onde e como instrumentos de política e governança são necessários.

Nesta direção, percebe-se grande atenção dos STIs para a análise dos atores e como estes se articulam com o mercado e a indústria, colocando evidência que existem lacunas que precisam ser superadas.

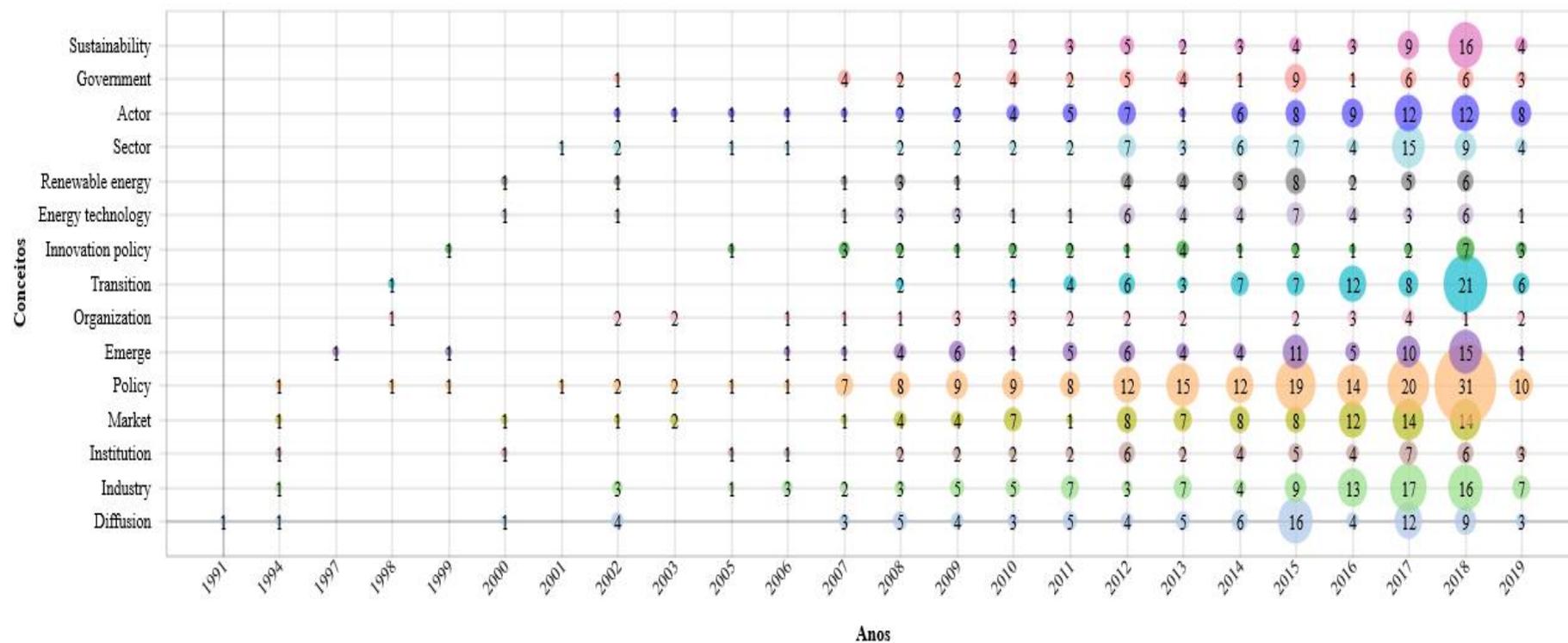
Percebe-se também que os conceitos de sustentabilidade, tecnologias emergentes e a interface com o campo das “*transitions management*” e os sistemas sociotécnicos acabam por aparecer como novos eixos de utilização. Estas tentativas de costura e acoplamento têm sido aceleradas nos últimos anos, atestadas pela Figura 1.3 que mostra os conceitos que mais têm sido desenvolvidos no campo dos STIs.

**Figura 1.3:** Aparição e tendências de novos conceitos nos últimos dez anos (2008-2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de Scopus (2019). Processamento Intellixir (2019).

**Figura 1.4:** Evolução geral (1991 – 2019).



**Fonte:** elaboração própria a partir de Scopus (2019). Processamento Intellixir (2019).

Exemplos de trabalhos que demonstram esta interação com a análise de governança e políticas de inovação (ALTENBURG; SCHAMP; CHAUDHARY, 2016; HILLMAN ET AL., 2011b; NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012a, 2012b), com algumas aplicações deste *framework* já realizadas anteriormente para o caso do VE em outros países (MAGNUSSON, 2011; NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012a) e aplicações a estudos em energias renováveis de energia. Em Jacobsson e Begek (2004) e Bergek, Hekkert e Jacobsson (2008), por exemplo, foram usados como casos a difusão das tecnologias renováveis de energia na Alemanha, Suécia e Holanda; e em Jacobsson, Andersson e Bångens (2004) o caso das células solares na Alemanha.

### 1.3 Detalhando os componentes de um STI

Detalhando seus componentes, os primeiros a serem apresentados a partir do entendimento do STI são os seus atores. Referem-se aos agentes individuais e coletivos participantes da dinâmica dentro do sistema de inovação, e incumbidos de serem os fios condutores das ações geradas. Delineamos suas categorias com base em seu papel na atividade econômica: sociedade civil, governo, organizações não-governamentais (ONGs), empresas (*startups*, pequenas, médias e grandes, independente do seu capital de origem), as Instituições de Ciência e Tecnologia, como universidades, institutos de tecnologia, centros de pesquisa, escolas e outras partes (organizações legais, organizações financeiras/bancos, intermediários, corretores de conhecimento, consultores) (WIECZOREK; HEKKERT, 2012).

A heterogeneidade de atores é uma virtude dentro do sistema, pois demonstra as diferentes visões que eles apresentam sobre o artefato, os descompassos de seus poderes e as diferentes formas de atuação e interação, que combinadas e acopladas entre si, representam os fios condutores para a geração, utilização e aprendizado deste campo tecnológico no mercado, no caso em questão, o sistema de propulsão elétrico.

No âmbito destas relações, montam-se e organizam as redes dentro do sistema de inovação. Trata-se das teias entre os atores em que se destaca, quanto à sua natureza, as **(1) redes de conhecimento, (2) redes industriais e (3) redes políticas.**

As redes de conhecimento são a base para o entendimento sistemático do novo campo tecnológico. Criam os vínculos entre os atores pertencentes, principalmente das esferas das ICTs com o tecido industrial, viabilizando a transferência ou geração conjunta de conhecimento entre os diferentes atores. As redes industriais, por sua vez, são aquelas ligadas

à cadeia de valor do segmento, demonstrando seus arranjos e as respectivas participações dos atores quanto à etapa de seu processo que favoreça a divisão do trabalho, ou o uso mais eficiente dos recursos envolvidos no processo produtivo.

Já as redes políticas possuem nós mais intensos com os atores da esfera pública e a forma com que regulam e interferem nas demais partes do sistema. São compostas por atores que compartilham uma agenda de prioridades comuns, ou não, e que visam influenciar o arcabouço institucional no qual estão inseridos. Para Musiolik e Markard (2011), estas redes figuram-se na forma de lobby, alianças estratégicas, grupos de trabalho, consórcios ou associações, comitês técnicos ou até mesmo em projetos demonstrativos (MUSIOLIK; MARKARD, 2011).

Seja na forma de interação formal, com regras e contratos específicos, ou de modo informal entre os atores, as redes devem ser promovidas para facilitar a aprendizagem e o intercâmbio de conhecimento (EDQUIST; JOHNSON, 1997; MALERBA; NELSON, 2011; NELSON, 1995).

Todo esse arranjo dos atores e suas relações terão suas ações modeladas e influenciadas diretamente pelos padrões institucionais em que o sistema de inovação está envolvido. Segundo Twomey e Gaziulusoy (2014), as instituições em sistemas de inovação são divididas em níveis *hard* e *soft*. Instituições *hard* (ou duras, em português) são aquelas formais, explícitas e codificadas, que incluem as leis, regras, regulamentos e regulações. Instituições *soft* (ou suaves, em português) incluem costumes, hábitos, rotinas, práticas estabelecidas, tradições, formas de conduta e expectativas.

#### **1.4 A perspectiva funcional e a ideia de atributos do sistema a partir de atividades-chaves**

No final dos anos 1990, os estudos baseados em STIs passaram a incorporar um novo componente analítico: a perspectiva funcional, ou por atividades, dentro do sistema de inovação. Esta construção veio a impactar decisivamente a propagação do STI *a posteriori*.

A primeira assertiva que cravou o termo “funções”, e suas características, remete ao trabalho de Johnson (1998): “*Functions in innovation system approaches*”. Como fundamentos teóricos, o artigo parte da economia evolucionária e das abordagens de sistema de inovação, apoiando-se nas abordagens de sistemas nacionais de inovação como pano de fundo e de sistemas tecnológicos de inovação como foco para fazer seu aporte teórico sobre as

funções. Manteve-se na ideia funcional os principais pilares teóricos e ideias fundadoras do campo dos sistemas de inovação, sendo seus blocos estruturantes: atores, redes e instituições; o entendimento de que a inovação não é um ato isolado, mas o resultado da aprendizagem interativa e sistêmica; as organizações e instituições são o melhor encapsulamento do conhecimento; e, os formuladores de políticas influenciam fortemente esses órgãos e suas estratégias.

A ideia por trás de elencar as funções era se havia ou não concordância entre as dinâmicas que ocorriam dentro das diferentes abordagens em sistemas de inovação. Por outro lado, esta pretensão inicial acabou se expandindo para um conjunto de atividades a serem tomadas como boas práticas para o sucesso dentro de um sistema de inovação, e a serem perseguidas por analistas estudiosos do tema.

Desde a primeira publicação de Johnson (1998), aos trabalhos mais recentes do campo, a apropriação da perspectiva funcional se deu pela mão dos Sistemas Tecnológicos de Inovação (TIS, por sua sigla do inglês “*technological innovation systems*”) como unidade analítica. Neste caso, os trabalhos que utilizam as funções partem das concepções de sistema a partir do trabalho de Carlsson e Stankiewicz (1991); para os procedimentos metodológicos para definir o campo tecnológico, atores, redes e instituições utilizam o artigo de Carlsson (2002). Tanto é que em termos de citações autorais neste campo, o precursor conceitual, Carlsson, figura-se como o expoente em trabalhos citados. Acompanhado de perto pelos idealizadores das funções, como Jacobsson, Hekkert e Truffer, demonstrado no Quadro 1.2.

**Quadro 1.2:** Citações por autores do campo do STI (1991- 2019).<sup>9</sup>

1º AUTOR	CITAÇÕES	NÚMERO DE TRABALHOS
Carlsson B.	2393	14
Jacobsson S.	2371	19
Hekkert M.P.	2318	32
Truffer B.	1757	20
Negro S.O.	1609	14
Suurs R.A.A.	1287	11
Rickne A.	1196	4
Coenen L.	1189	23
Bergek A.	1130	9

**Fonte:** elaboração própria a partir de Scopus (2019). Processamento Intellixir (2019).

<sup>9</sup> Considerando o primeiro autor de cada trabalho mapeado

Quanto aos trabalhos mais utilizados, os artigos de Hekkert (2007) e Bergek (2008) são os principais na linha funcional, seguidos daqueles que formam suas bases, empreendidos por Carlsson (1991, 2002), conforme o Quadro 1.3.

**Quadro 1.3:** Citações por obras do campo do STI (1991- 2019).

TÍTULO	1º AUTOR	CITAÇÕES	DATA
Functions of innovation systems: A new approach for analyzing technological change	Hekkert M.P.	829	2007
On the nature, function and composition of technological systems	Carlsson B.	774	1991
Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis	Bergek A.	658	2008
Innovation systems: Analytical and methodological issues	Carlsson B	495	2002
The diffusion of renewable energy technology: An analytical framework and key issues for research	Jacobsson S.	475	2000
Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework	Markard. J.	453	2008
Toward a spatial perspective on sustainability transitions	Coenen L.	356	2012

**Fonte:** elaboração própria a partir de Scopus (2019). Processamento Intellixir (2019).

A asserção desse marco analítico é buscar ir além da análise estrutural empreendida nas outras abordagens de sistema de inovação. Nestas, procuram-se mapear e analisar os componentes estruturais dos sistemas (atores, redes e instituições).

Com a análise por funções, olha-se como esta estrutura do sistema de inovação desempenha e é afetada pelas funções consideradas chave, e como elas podem contribuir vis-à-vis ao objetivo geral do sistema, retomando sua definição de gerar, difundir e combinar as tecnologias.

A lista das funções consolidadas está descrita e demonstrada no Quadro 1.4. Essa relação consta na descrição do estudo mais recente publicado pelos autores envolvidos na construção deste campo de estudo, no caso Lindholm-Dahlstrand, Andersson e Carlsson (2018). Este, também se baseia dos estudos canônicos do TIS como (BERGEK ET AL., 2008; HEKKERT ET AL., 2007; JACOBSSON; BERGEK, 2004; JOHNSON; JACOBSSON, 2001; MARKARD; TRUFFER, 2008).

**Quadro 1.4:** Perspectiva funcional do STI.

FUNÇÕES	ABORDAGEM E ESCOPO DA ANÁLISE
1) Desenvolvimento/difusão de conhecimento	Envolve as atividades de aprendizado relacionadas principalmente à tecnologia emergente. Captura as ações que tocam a formação da base de conhecimento e a forma como este é desenvolvido, difundido e combinado no sistema.
2) Influência na direção da busca	Atividades dentro do STI que moldam e afetam positivamente as necessidades, exigências e expectativas dos atores e usuários das tecnologias.
3) Novos entrantes e experimentação empresarial	Vira-se o olhar para os atores entrantes neste sistema, sejam eles já pertencentes ao regime ou atores de nicho. Imputam-se em suas ações o teste de novas tecnologias, aplicações e exploração de novos mercados para a criação de novas oportunidades.
4) Formação de mercados	Figura-se como a articulação da demanda, existência de padronização tecnológica e o tamanho do mercado deste sistema.
5) Legitimação	É a aceitação social e a compatibilidade com as instituições relevantes. A legitimação é formada mediante ações conscientes de organizações e indivíduos.
6) Mobilização de recursos	Figura-se como o nível de capacidade dos autores de mobilizar recursos humanos e capital financeiro, assim como ativos complementares, tais como infraestrutura de redes.
7) Desenvolvimento de externalidades positivas	Refere-se aos potenciais transbordamentos da inovação e sua difusão (por exemplo: resolução de incertezas, poder político, legitimidade, aglomeração de mercados de trabalho, bem como de fluxos de informação e conhecimento).

**Fonte:** elaboração própria a partir de Bergek et al. (2008a) e Hekkert et al. (2007).

Esta tese centra-se em dar foco analítico junto à primeira função, relacionada ao desenvolvimento/difusão de conhecimento, pois:

1) É considerada a função-chave e principal fator de sucesso dentro de sistemas de inovação, conforme os autores:

This is the function that is normally placed at the heart of a TIS in that it is concerned with the knowledge base of the TIS (globally) and how well the local TIS performs in terms of its knowledge base and, of course, its evolution. The function captures the breadth and depth of the current knowledge base of the TIS, and how that changes over time, including how that knowledge is diffused and combined in the system (BERGEK ET AL., 2008a, p. 414).

2) A opção por focar em uma função específica alinha-se a trabalhos recentes que optam por tal delineamento<sup>10</sup>. Neste, dar-se-á ênfase ao mapeamento e análise da performance de uma atividade em específica, cabendo as menções quando necessárias a outras atividades que somam-se ao sistema de inovação.

3) Por fim, é a função que acopla-se ao objetivo desta tese de entender as possibilidades de criação de conhecimento e competências locais.

Para Bergek et. al. (2008), visualizam-se diferentes tipos de conhecimento e suas fontes. Aqui estaremos preocupados em discutir aqueles voltados para a criação de competências tecnológicas, sendo suportados pelas atividades científicas e de pesquisa e desenvolvimento e de utilização que as circundam.

#### CONSIDERAÇÕES SOBRE A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Segundo o Manual de Frascati (2002), reconhecido como uma referência que organiza de forma sistemática os conceitos e definições sobre as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D): “A pesquisa e o desenvolvimento experimental envolve o trabalho criativo empregado de forma sistemática, com o objetivo de aumentar o volume de conhecimentos, abrangendo o conhecimento do homem, da cultura e da sociedade, bem como a utilização desses conhecimentos para novas aplicações” (OECD, 2002, p.30, tradução nossa). Assim, pode ser executada em universidades, empresas ou institutos de pesquisa. No que tange a P&D dentro das empresas, é relacionada com as atividades, que podem ser contínuas ou ocasionais, nas quais o objetivo é encontrar novas aplicações práticas e comerciais.

No que toca estas definições, a presente tese parte dos trabalhos de Lall (2001) e Morrison, Pietrobelli e Rabellotti (2008), definindo as competências tecnológicas como as habilidades – técnicas, gerenciais ou organizacionais – que as empresas precisam para utilizar, de modo eficiente, tanto o *hardware* (equipamentos, máquinas, bens de capital) como o *software* (informação, conhecimento) de um determinado campo tecnológico envolvido em alguma atividade específica, no caso desta tese, as atividades produtivas.

As capacidades produtivas, por seu turno, incluem as habilidades necessárias para a operação e produção de uma determinada tecnologia, contemplando suas melhorias ao longo do tempo. Incluem os processos, produtos e a engenharia industrial dentro deste subconjunto,

<sup>10</sup> Ver a esse respeito, Lindholm-Dahlstrand, Andersson e Carlsson (2018), cuja análise assenta-se em uma função específica, sendo ela a experimentação empreendedora.

a disponibilidade de tecnologia e a mão-de-obra para fornecimento em escala (LALL, 2001; MORRISON; PIETROBELLI; RABELLOTTI, 2008).

No prosseguimento deste capítulo, serão discutidas as possibilidades de interface entre a abordagem dos STIs com os estudos de governança para a sustentabilidade, a partir de alguns trabalhos que empreenderam esforços no sentido desta costura analítica.

### **1.5 A governança de um sistema de inovação: o foco na articulação dos atores e na coordenação das atividades**

A governança é entendida como um conceito multidimensional, que envolve tanto o aspecto da política pública e seus instrumentos, como também pondera a articulação dos atores envolvidos (Estado, mercado e sociedade civil), reconhecendo a multiplicidade de interesses e os vários campos de disputa; e por fim, o papel institucional, isto é, quais são as regras do jogo para um determinado contexto (NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012b; TREIB; BÄHR; FALKNER, 2007).

O campo de estudos encontra-se em aberto e em evolução contínua: as pesquisas sobre governança refletem o consenso nos interesses da comunidade científica e dos *policy makers* em compreender o desenvolvimento de estilos/modos de governar e os limites entre os setores públicos e privados que têm se tornado imprecisos (STOKER, 1998).

Para Stoker (1998), a governança apresenta uma “natureza” híbrida e está em constante transformação, moldada pelos seguintes atributos ou proposições:

- Refere-se a um conjunto de instituições no âmbito do governo e fora dele;
- Reconhece-se que as fronteiras e responsabilidades no enfrentamento das questões sociais e econômicas estão se tornando menos claras;
- Verifica-se uma relação de dependência de poder entre instituições envolvidas nas ações coletivas;
- Existe ação de redes autônomas de atores;
- Reconhece-se a capacidade de fazer coisas que não se apoiam no poder do governo para comandar ou usar sua autoridade, mas sim considera-se o governo como capaz de usar novas ferramentas e técnicas para guiar e direcionar.

Rhodes (1996) irá argumentar que a governança pressupõe a coerência e a complementaridade destas partes (público e privado), em que as ações institucionalizadas (formais) somam-se e potencializam-se às ações individuais e coletivas, que *a priori* ocorrem à margem dos limites da estrutura dos poderes executivo, legislativo e judiciário. O termo também se refere ao entendimento dos “padrões” das mudanças de governo e da governabilidade, identificando os estilos, as formas e os conteúdos dessas redefinições (RHODES, 1996)<sup>11</sup>.

Face ao exposto, o campo de estudos da governança almeja compreender os seguintes pontos: i) os processos de governabilidade; ii) as mudanças de sentido do governo; iii) as alterações nas regras ordenadas da política (*politics vs policy*); e, iv) os novos métodos pelos quais a sociedade é governada ou pode ser governada – no que se refere à gestão, administração e orquestração dos interesses (OCDE, 2005; RHODES, 2007; STOKER, 2012).

Com isso, evita-se a visão míope que entende a elaboração de políticas (*policy*) a partir de uma introdução consensual de elementos do tipo *top-down*<sup>12</sup>, que se articulam casualmente para o desenvolvimento de um sistema de inovação mais sustentável sendo necessária a integração e a cumplicidade de diversos atores, públicos e privados, em prol de questões de ordem coletiva. De tal modo, o mote da governança é buscar a concordância que motiva e embasa as ações dos governos (incluindo a política pública) e dos arranjos institucionais, bem como as capacidades para a coordenação social, seja para a resolução de problemas, seja para a criação de oportunidades (NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012a).

Logo, a relevância da abordagem de governança reside na sua capacidade de *fornecer uma estrutura analítica* para a compreensão da co-evolução entre o setor público e privado, reconhecendo a interdependência entre estes. A presente pesquisa utiliza-se dessa abordagem para identificar e caracterizar as ações e articulações entre os atores que estão envolvidos ou poderiam se integrar à mobilidade elétrica no Brasil.

Calçada nos fundamentos dos estudos de governança clássica (por exemplo, RHODES, 1996; STOKER, 1998), também alimenta-se destas fontes os trabalhos que tocam a *governança de sistemas de inovação que visam a transição para a sustentabilidade* (HILLMAN ET AL., 2011b; JORDAN, 2008; KEMP; LOORBACH, 2006; KEMP; PARTO,

<sup>11</sup> Pesquisas sobre governança buscam assimilar, e em alguns casos, a propor ações que incidem diretamente na maneira como os atores sociais interagem para alcançar objetivos comuns ou pré-definidos. Estes se originam do contexto histórico e/ou pelas demandas sociais, pela problemática ambiental ou pelas causas ideológicas e políticas, que influenciam as ações de grupos de indivíduos e instituições ao longo do tempo.

<sup>12</sup> Trata-se da definição da política de cima para baixo, sem a discussão e a governança entre aqueles que a formulam e aqueles que a executam. Fica clara a distinção entre decisão e sua execução, que possuem espaços e atores diferentes.

2005; SMITH; STIRLING; BERKHOUT, 2005). Este campo de estudos da gestão de transições é analiticamente baseado na mudança estrutural dos sistemas sociais.

Nesta perspectiva da governança é que se busca compreender quais são os caminhos para o desenvolvimento de setores de baixa emissão, no que toca esta tese, as ações, a estruturação, a dinâmica e a evolução do segmento dos VEs. A transição para a sustentabilidade, ou, em outros termos, para uma “economia verde”, é um desafio social multifacetado que envolve mudanças tecnológicas, políticas e comportamentais, justamente na intersecção dos sistemas de produção e dos sistemas de uso de energia (NILSSON; NYKVIST, 2016)<sup>13</sup>. Assim, a orquestração dos interesses e das ações de diversos atores é fundamental para fazer avançar o conhecimento, a tecnologia, a produção e a comercialização dos novos veículos/modais de transporte, que ao final contribuem com as novas demandas da sociedade – adaptação às mudanças climáticas e veículos com maior eficiência energética e menos poluentes.

Esse novo arranjo técnico-institucional passa necessariamente pela transição tecnológica do motor a combustão interna para um novo sistema de propulsão eletrificado (bateria de íons de lítio, motor elétrico, *Powertrains*, células de combustível, etc.).

É justamente nesse movimento que habita o esforço investigativo desta pesquisa, pois essa situação deve ser compreendida e estimulada, haja vista seu caráter emergente e de enfrentamento a problemas ambientais diversos (emissões de CO<sub>2</sub>; racionalização do consumo de derivados do petróleo; emissões de particulados em áreas urbanas).

O desenvolvimento e a difusão dos VEs demandam necessariamente esforços coordenados entre a esfera pública e as instituições, e os atores privados, mediante a implantação de políticas voltadas à promoção dos VEs, construindo assim um arcabouço institucional que permita e facilite sua efetivação como meio de transporte coletivo e individual.

As iniciativas a favor da eletromobilidade se constituem por meio de um *mix* de instrumentos com distintas racionalidades e finalidades complementares, as quais devem abarcar várias dimensões do novo setor, tais como o desenvolvimento do conhecimento e da tecnologia; os processos de aprendizagem da nova tecnologia; a criação de capacidade

---

<sup>13</sup> As diversas indústrias e os diversos setores de produção e fornecimento de energia sofrem alterações substanciais na trajetória tecnológica de baixo carbono, vivenciando uma súbita e radical alteração das matérias-primas, dos insumos e dos processos produtivos que necessariamente devem se adequar à substituição da base fóssil para uma diversidade de recursos renováveis. Essa situação altera as bases de conhecimento e tecnológicas das atividades econômicas, inaugurando assim setores econômicos ou reinventando segmentos já estabelecidos, de modo a proporcionar novos sentidos e características a estes sistemas.

produtiva local; a ampliação do consumo dos VEs; e, a integração dos VEs aos sistemas de transporte e de energia.

Desse modo, pontuam-se, a seguir, as principais dimensões e variáveis propostas na literatura de análise sobre governança em sistemas de inovação, aplicáveis ao presente estudo. Estes elementos analíticos servem de guias metodológicos e facilitam a exposição dos resultados, possibilitando a avaliação das iniciativas internacionais em prol dos VEs, bem como a comparação entre os sistemas de governança e a realização de proposição para o caso brasileiro.

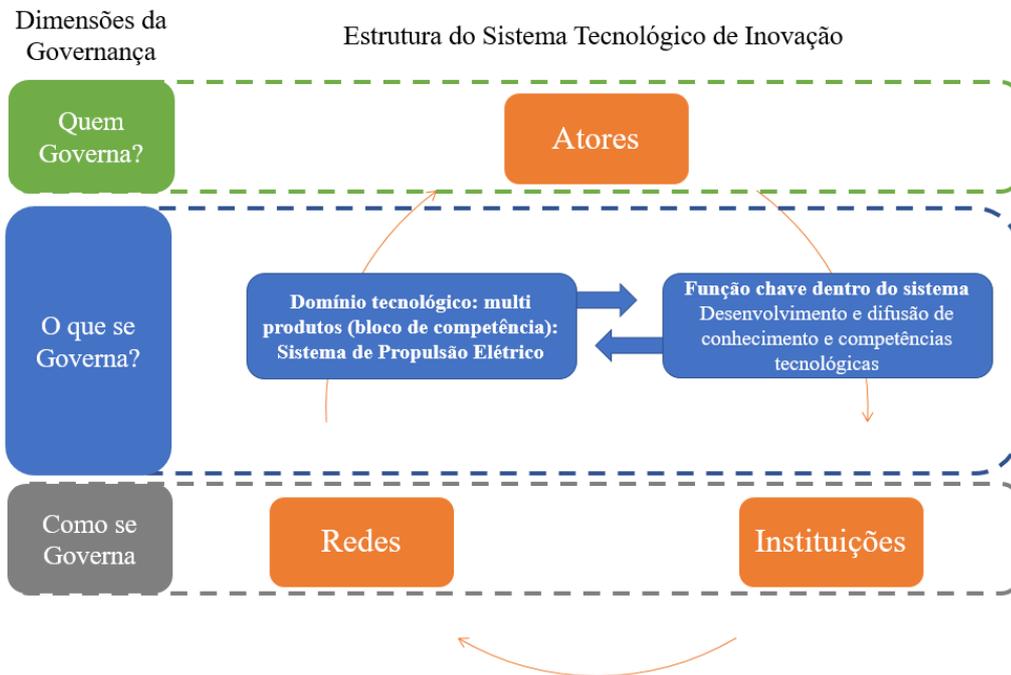
**Quadro 1.5:** Tipologia de Governança.

DIMENSÕES ANALÍTICAS	VARIÁVEIS
Quem governa?	Essa dimensão é responsável por definir, identificar e classificar os atores envolvidos no STI da eletromobilidade no Brasil, divididos e separados em conjuntos.
O que se governa?	Dimensão responsável por definir os alvos da governança, que neste caso, dado o casamento entre esta perspectiva e os STIs, focam nas funções-chaves dentro do sistema. Transpondo esta tipologia para a tese em questão, o que se governa neste caso é a criação de conhecimento e capacidades locais para a fabricação e montagem de veículos elétricos no Brasil.
Como se governa?	Essa dimensão é responsável por identificar e caracterizar os instrumentos criados pelos atores dentro de suas redes e arcabouço institucional para conduzir, interagir e desenvolver ações em prol da eletromobilidade.  Assim, realiza-se o mapeamento dos instrumentos de governança: as <i>políticas públicas</i> e as <i>iniciativas público-privadas</i> que podem ou não participar da definição/implementação destas políticas como também dão coerência ou suportam algum tipo de esforço na direção do desenvolvimento da eletromobilidade.

**Fonte:** elaboração própria a partir de (HILLMAN ET AL., 2011a).

Assim, com base nesta linha traçada que apresentou as bases conceituais da tese, chega-se ao framework desenvolvido que acopla os elementos estruturais do STI junto as dimensões analíticas da governança, representado pela Figura 1.5 na sequência.

**Figura 1.5:** Framework desenvolvido a partir da junção STI e Governança.



**Fonte:** elaboração própria.

Ao olharmos para o alvo da governança, vemos sua representação a partir do sistema de propulsão elétrico, o nos leva a pergunta: Quais são os componentes e tecnologias que compõem este conjunto core da eletromobilidade? Esta indagação é sistematicamente respondida na próxima seção, ao definir e caracterizar o SPE do ponto de vista de seu recorte tecnológico dentro deste sistema de inovação.

## 1.6 Explorando as tecnologias da eletromobilidade: o sistema de propulsão elétrico e seus blocos de competência

Os veículos elétricos apresentam tecnologias substancialmente distintas daquelas presentes nos veículos propulsionados por motores a combustão interna. Sua base é fundamentada em componentes eletroeletrônicos, ao invés de sistemas predominantemente mecânicos, como é o caso dos veículos dotados de motores a combustão interna.

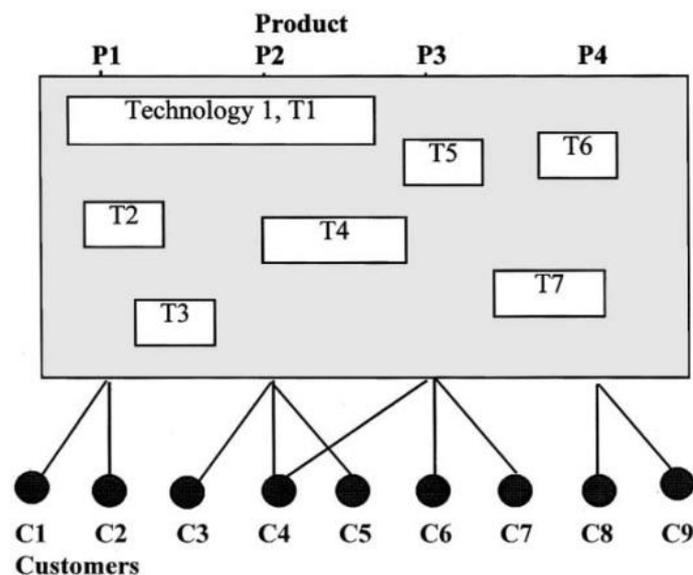
Ainda, abarcam consigo o que definimos aqui de Sistema de Propulsão Elétrico (SPE), artefato principal de um veículo propellido por eletricidade. Neste *framework*, desenhado e elaborado para esta tese, conjugam-se blocos de competências que se referem aos sistemas principais necessários para o seu funcionamento.

Eles foram definidos a partir das classificações de Eliasson (1996), citado por Carlsson et. al. (2002), de que existem ao menos três níveis de análise que podem ser aplicados a estudos de sistemas tecnológicos. De acordo com os autores:

*We have found that the system approach may fruitfully be applied to at least three levels of analysis: to a technology in the sense of a knowledge field [T1, T2, T3, etc...], to a product [P1, P2, P3, P4, etc...] or an artifact, or finally to a set of related products and artifacts aimed at satisfying a particular function, such as health care or transport (this third level of analysis is henceforth labeled a competence bloc, see ELIASSON, 1997). (CARLSSON et al., 2002, p.237)*

A figura abaixo ilustra estes níveis de análise.

**Figura 1.6:** Níveis de análise e seus componentes segundo o arcabouço do STI.



**Fonte:** extraído de Carlsson (2002).

Delinear o nível de análise do sistema figura como uma tarefa que apresenta desafios, pois diferentes tecnologias ou diferentes campos de conhecimento estão empiricamente entrelaçados e percebe-se cada vez mais uma integração entre áreas do conhecimento, ao invés de uma segregação (MARKARD; TRUFFER, 2008a).

Como, neste caso, estamos interessados em um mercado específico e no sistema de atores que fornecem produtos para esse mercado, precisamos usar o terceiro nível de análise. Este é o caso de vários produtos, em que o foco está em um conjunto de produtos (complementares ou substitutos) que são relacionados por ter um mercado comum, no caso a

mobilidade, e operam sob o mesmo arranjo institucional da indústria automotiva e, portanto, compartilham um ambiente de regras e normas comuns.

Na figura acima, os produtos 1 a 4 podem estar todos dentro da mobilidade, e incluiríamos todos os produtos, bem como todas as suas tecnologias na análise. **É este nível de análise multi-produtos que conceituamos como bloco de competência.** Nesse estudo, podemos analisar as relações entre produtos, entre todos os grupos de clientes e também entre os clientes. No entanto, o bloco de competência incluirá uma vasta gama de tecnologias e não será viável uma análise detalhada do nível tecnológico específico (subcomponentes e matérias primas, por exemplo).

Assim, para definir o que está contido nele, buscou-se uma referência internacional no mapa das tecnologias existentes nos veículos elétricos (VEs) (CHAN, 2007) e nos documentos de discussões geradas no âmbito dos subgrupos do Grupo de Trabalho 7, do Programa Rota2030.

O *Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística (2018)* é parte da implementação da nova estratégia industrial para o setor automotivo, que substituiu o Inovar-Auto (2013-2017), e tem por diretriz a orientação do setor automotivo brasileiro no horizonte 2020/2030 em relação ao aumento de eficiência energética, do desempenho estrutural e o fomento às atividades de pesquisa e desenvolvimento atreladas. Em abril de 2017 foram instituídos Grupos de Trabalho (GT) para elaborar estudos, discutir propostas de incentivos e auxiliar no desenho do Rota 2030.

No âmbito desta iniciativa, em setembro de 2017 foi criado o Grupo de Trabalho 7 - Veículos Elétricos e Híbridos, com a missão de trazer recomendações para adensar a eletromobilidade no Brasil, como um complemento ao Programa Rota 2030. O GT 7, como ficou conhecido, caracterizou-se como um grupo multilateral, ao agregar atores do governo, indústria, associação de classes e Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs), configurando um ambiente alinhado e propício à troca de informações, realização de estudos e proposição de políticas públicas para estimular os veículos elétricos no Brasil. A partir do GT7, foram organizados seis subgrupos (SGs) com focos específicos, conforme Figura 1.7.

**Figura 1.7:** Subgrupos do Grupo de Trabalho 7 do Programa Rota 2030.

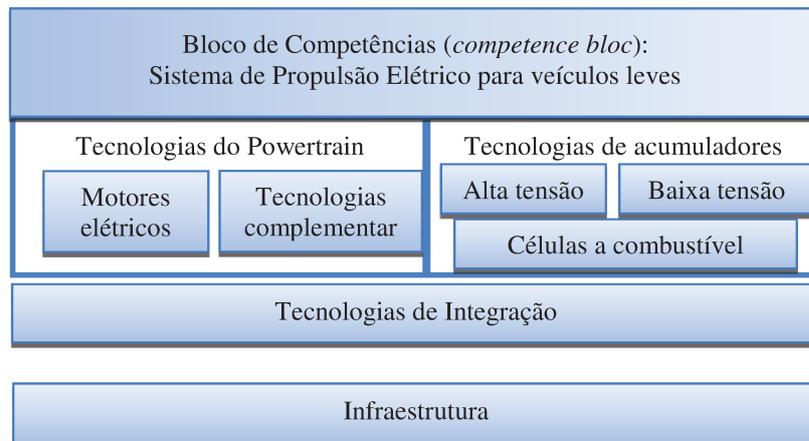


**Fonte:** Programa Rota 2030 – Grupo de Trabalho 7.

A relação dos principais tópicos discutidos por cada um dos SGs encontra-se disponível no capítulo seguinte. No âmbito destas discussões, tive a oportunidade de participar de praticamente todas as reuniões realizadas nestes subgrupos, figurando-se como o principal insumo para o detalhamento dos blocos de competências.

Apontam-se quatro grandes blocos de competências, ilustrados pela Figura 1.3, que demonstra a aplicação da proposta original do Sistema Tecnológico de Inovação (STI) para o caso da mobilidade elétrica, definidos em: (1) tecnologias do *Powertrain*; (2) tecnologias de acumuladores de energia (baterias de alta e baixa tensão e células a combustível); (3) tecnologias de integração; e, (4) tecnologias de infraestrutura, seguido das explicações de cada uma de suas partes. A geração, difusão e utilização dessas tecnologias dependerá das interações das redes de atores, instituições e governança nelas interessadas. A Figura 1.8 demonstra o *framework* desenvolvido.

**Figura 1.8:** Framework do Sistema de Propulsão Elétrico.



**Fonte:** elaboração própria.

É a partir destes blocos de competência que situam-se as novidades e as diferenças tecnológicas que a eletromobilidade traz consigo.

O **Powertrain** caracteriza-se por um conjunto de tecnologias e componentes que estão acoplados entre si e são responsáveis por gerar a força que será transmitida às rodas e, assim, resultará na tração do veículo. Neste sistema, o MCI perde seu protagonismo, paradigmático na indústria automobilística, ao dar lugar a um motor elétrico. Nestes motores, por meio da indução eletromagnética, as partes principais dos motores elétricos (estatores e rotores) realizam o seu movimento gerando energia cinética que será transferida às rodas por meio de uma transmissão. Além dos motores elétricos, a eletrônica de potência, o *hardware* e o *software* de controle, cabos e conectores demonstram papel fundamental na orquestração e funcionamento do **Powertrain**, controlando-o e articulando este sistema junto a outras partes do veículo.

Os **acumuladores de energia** são tecnologias que armazenam energia elétrica. No caso da mobilidade elétrica, apresentam-se predominantemente na forma de baterias, ainda que seja possível identificá-los também em tanques de hidrogênio nos sistemas a células a combustível. Figura-se como o bloco de competência mais crítico deste sistema, pois aspectos inerentes ao desenvolvimento tecnológico das baterias não estão plenamente equacionados, prevalecendo ainda um custo elevado de produção ante ao veículo como um todo (aproximadamente 40%, sendo que há menos de 10 anos, representava 70%). Ainda, a autonomia das baterias é inferior se comparadas aos veículos tradicionais, trazendo o efeito do “*range anxiety*”, ou da ansiedade por autonomia, e medo, por parte do usuário, de esgotar a bateria no decorrer de seu trajeto.

Devemos acrescentar aos fatos mencionados as diferentes rotas tecnológicas que as baterias apresentam em relação aos seus elementos químicos das células que as compõem em seu interior. Aponta-se como uma rota promissora aquelas baseadas no lítio, contudo, há uma ampla aplicação também de componentes como ferro fosfato, sódio, níquel-cádmio entre outros elementos que aglutinam-se e reconfiguram diferentes possibilidades de baterias.

Assim, os combustíveis de origem fóssil, tal como os derivados do petróleo (como a gasolina, o diesel e o gás natural veicular (GNV)), também perdem funcionalidade, haja vista que a alimentação do motor passa a ser efetuada pela energia armazenada nas células da bateria automotiva.

O funcionamento das baterias se dá por meio de processos químicos (oxidação e redução), que permitem a passagem de corrente elétrica entre seus sistemas e direcionam esta energia para a tração elétrica, desempenhada pelo sistema de *Powertrain*. Neste caso, os acumuladores dividem-se em:

- Baterias de baixa tensão: estas baterias são destinadas, principalmente, a aplicações para veículos híbridos do tipo *micro-hybrid* (partida *start-stop*), *mild-hybrid* (partida assistida) e, em menor medida, *full-hybrid*. Exemplos de tecnologias utilizadas para a produção destas baterias são as baterias de chumbo-ácido avançadas.
- Baterias de alta tensão: estas baterias são destinadas, principalmente, a aplicações para veículos elétricos à bateria (elétricos “puros”) e híbridos do tipo *plug-in*. Exemplos de tecnologias utilizadas para a produção destas baterias são as células de lítio-íon e suas diversas configurações (por exemplo, ferro-fosfato de lítio, níquel-mangânês-cobalto, níquel-cobalto-alumínio).
- Células a combustível: PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cells*, em português, Célula a Combustível de Membrana de Troca de Prótons), é uma célula a combustível baseada no hidrogênio; e, SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*, em português, Célula a Combustível por Óxido Sólido), é uma célula a combustível que pode ser baseada a partir de vários insumos, sendo o etanol, um exemplo.

As **tecnologias de integração** são os artefatos que ajudam no processo de montagem dos componentes nos veículos elétricos, e que contam com um sistema operacional que realiza o alinhamento e a calibração do seu funcionamento permanentemente. Existem

diferentes arranjos tecnológicos neste sentido, que envolvem a possibilidade de interface do *Powertrain* elétrico com um motor a combustão interna. Diante das diversas configurações que os veículos de baixas emissões podem apresentar, o Quadro 1.6 descreve brevemente as principais características de cada um.

**Quadro 1.6:** Configurações de veículos de baixa emissão.

OPÇÕES TECNOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS
Veículo Elétrico a Bateria (VEB)	Apresenta propulsão elétrica dedicada, cuja fonte energética provém da eletricidade. A energia elétrica que alimenta o motor é armazenada numa bateria e provém de uma fonte externa ao veículo (p. ex.: rede elétrica).
Veículo Híbrido (VEH)	Veículos que apresentam em paralelo um motor elétrico, cuja energia é suprida por uma bateria e um motor à combustão convencional, abastecido pelos combustíveis líquidos (fósseis ou renováveis). Esta rota tecnológica se subdivide em diversas possibilidades (p. ex.: micro híbrido, híbrido série e paralelo), pois o motor à combustão pode ser suprido por uma diversidade de combustíveis – sendo que as configurações mais avançadas buscam uma integração com os biocombustíveis.
Veículo Híbrido <i>Plug-in</i> (VEHP)	Veículos que combinam elementos do híbrido e do elétrico puro. Sua bateria tanto pode ser alimentada por uma fonte interna, como um híbrido convencional, com um motor-gerador situado a bordo do veículo, quanto por fonte externa junto à rede elétrica.
Veículos a Células a Combustíveis (VECC)	Apresenta propulsão elétrica dedicada, cuja fonte energética provém de células a combustíveis, principalmente do hidrogênio, em vez de combustíveis líquidos. Estes veículos são semelhantes aos convencionais, mas usam tecnologias de ponta, o <i>fuel cell stack</i> . Esta tecnologia é responsável por transformar o hidrogênio em eletricidade, o qual alimenta o motor elétrico do veículo. Ademais, existem diversas configurações para fornecer e armazenar o hidrogênio – inclusive a partir de fontes renováveis (como, por exemplo, o etanol).

**Fonte:** Baran e Legey (2010); Chan (2007); Chan, Bouscayrol e Chen (2010); IEA (2018).

Em virtude da base tecnológica diferente, o paradigma da eletromobilidade impacta diretamente diversas cadeias de componentes automotivos, notadamente os motores a combustão interna, os quais, embora mantidos nos veículos híbridos, são suprimidos nos veículos elétricos a bateria.

Por isso, dadas as características específicas do SPE que compõem os veículos elétricos a bateria, observa-se a incorporação de um número consideravelmente menor de peças e partes móveis do que nos veículos convencionais, movidos a combustíveis fósseis.

Uma série de componentes, como, por exemplo, catalisadores, motores de partida, velas, correias dentadas, lubrificantes, tubos e conexões, fundamentais para o funcionamento do sistema dos motores a combustão interna, tornam-se igualmente desnecessários e deixam de compor o conjunto de tecnologias que abarcam os veículos elétricos. Soma-se a este fato a incorporação de sistemas de transmissão mais simples e a eliminação do sistema de exaustão, visto que esses veículos não emitem poluentes.

Em relação aos híbridos, reside a interface entre a nova tecnologia de propulsão e o paradigma vigente. Neste caso, continuam-se os componentes já estabelecidos mencionados acima e somam-se aqueles relacionados ao SPE em um sistema robusto de operação, que permite o aproveitamento das tecnologias, competências tecnológicas e capacidades produtivas já existentes no MCI e abre-se para o acoplamento das novas tecnologias da eletrificação.

A opção pela continuidade destas tecnologias esta calcada na relação direta com o estado de aprisionamento tecnológico junto ao paradigma dominante dos motores à combustão interna (COWAN; HULTÉN, 1996; DOSI, 1982; UNRUH, 2000, 2001, 2002).

Já os sistemas a células a combustíveis encontram-se em fase de desenvolvimento e prototipagem, com poucos modelos de veículos em comercialização. Dada a complexidade de sua operação, que transforma hidrogênio, via células a combustível, em energia elétrica, figura-se como a tecnologia mais cara de ser produzida em comparação com as demais. Esta tecnologia tem obtido certo suporte de algumas montadoras asiáticas, como Hyundai, Toyota e Honda, pois ampara-se em algumas vantagens proporcionadas em relação ao veículo elétrico a bateria, como a maior autonomia (cerca 600 a 700km em única carga) e o tempo de abastecimento substancialmente reduzido, similar aos veículos tradicionais a combustão em que realiza-se a recarga em alguns minutos. Contudo, seus projetos encontram-se permeados por incertezas quanto a sua continuidade para automóveis uma vez que os elétricos puros têm conseguido, de maneira satisfatória, dar respostas aos seus principais gargalos, como a baixa autonomia e elevado tempo de recarga, e assim, colocando-se como uma opção ante aos sistemas a células a combustível.

Este conjunto de tecnologias contempladas pelo SPE permite que os veículos elétricos operem com maior eficiência energética, não produzam poluição sonora, não dependam de combustíveis fósseis e apresentem níveis reduzidos de emissão de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos (no caso dos veículos híbridos), ou nulos (no caso dos veículos elétricos a bateria), contribuindo, assim, para a mitigação das mudanças climáticas,

descarbonização da matriz de transportes e para a melhora da qualidade do ar e da saúde pública, principalmente nos grandes centros urbanos.

Observa-se que, ao mesmo tempo em que a eletromobilidade permite um padrão de mobilidade mais sustentável, cria também diversas oportunidades para a entrada de novos *players* no setor assim como para a incorporação de novos setores. Em outras palavras, face às novas tecnologias assimiladas no SPE, abre-se espaço para a participação de novos atores e setores, que outrora não participavam do complexo automotivo. Como exemplos de setores inseridos nesta nova dinâmica tem-se o setor elétrico, fundamental no estabelecimento da infraestrutura de recarga para o abastecimento dos veículos, e o setor eletroeletrônico, responsável pela oferta de componentes, dentre os quais se destacam os motores elétricos e, mais particularmente, os acumuladores de energia e as baterias automotivas, sistemas-chave para o SPE.

Dada essa dinâmica inter-setorial, observa-se a estruturação de novas articulações entre os atores que compõem os setores e indústrias relevantes para este segmento veicular, particularmente a indústria automotiva e os setores eletroeletrônico e elétrico. A interação e o estabelecimento de novas associações entre esses atores favorecem o surgimento, a expansão e a consolidação de novas redes, as quais emergem com vistas a superar diversos desafios tecnológicos vinculados à essa dinâmica. Ainda, há que se ponderar o papel dos desenvolvedores de soluções de gerenciamento de eletropostos e conectividade veicular, que fornecem soluções integradas para que o usuário consiga por meio de aplicativos e outros softwares para integrar seu veículo à rede elétrica.

Assim, o avanço da eletromobilidade condiciona novos desafios que transcendem a esfera técnica e elevam-se ao plano do arcabouço institucional, dado que as instituições associadas ao segmento passam a captar esse movimento e a evoluir conjuntamente nesta trajetória tecnológica, proporcionando novos instrumentos de estímulo e ações que apoiam e sustentam o desenvolvimento dos veículos elétricos e tecnologias associadas, assim como a expansão do mercado deste segmento veicular.

Além do automóvel, tomado como principal meio de transporte individual mundial e tido como referência como meio de mobilidade, o SPE se apresenta em aplicações e soluções que vão além dos veículos leves (automóveis) - foco desta tese. Pode-se mencionar no bojo da aplicação rodoviária<sup>14</sup> o **setor de pesados**, incluindo o transporte coletivo (ônibus) e de cargas

---

<sup>14</sup> Apontam-se também outras aplicações além da rodoviária, como a ferroviária, representada pelos metrô e trens, bem como outras que seguem planejamento em longo prazo nos espaços aquáticos e aéreos, como embarcações e aviões elétricos, respectivamente.

(caminhões), e também o **segmento dos levíssimos**, caracterizado pelos veículos elétricos de baixa velocidade, como as *scooters*, bicicletas, quadriciclos elétricos e pequenos automóveis que acomodam uma ou duas pessoas, com autonomia e velocidades reduzidas.

Este amplo leque de aplicações nos permite argumentar que o SPE não está somente circunscrito no âmbito dos automóveis – principal meio de transporte no Brasil –, mas também em fendas que se abrem para novos nichos de mercado, figurando-se nos termos de Lee e Malerba (2017) como oportunidades tecnológicas pelo lado da demanda (LEE; MALERBA, 2017)

Por fim, o bloco de competências relacionado à **infraestrutura** refere-se às tecnologias direcionadas ao abastecimento energético veicular. A interface com o setor de energia é outra dimensão que demanda atenção visto que se faz necessário não apenas dar ao mercado a segurança do abastecimento por meio da maior confiabilidade da rede elétrica, como também a garantia de que esta energia provém de uma matriz limpa. Há também a questão da regulação e da normatização da recarga destes veículos, de forma a dar segurança aos investidores e consumidores que, por sua vez, ainda não se mostram totalmente seguros em relação a esta nova tecnologia, com desconhecimento sobre seu uso e tipos de *plugs* de recarga. No que toca os aparelhos de infraestrutura, dividem-se em: 1) infraestrutura de recarga lenta/semirrápida, realizada em corrente alternada (AC); e, 2) infraestrutura de recarga rápida, realizada em corrente contínua (DC).

Para fins de detalhamento, o Quadro 1.7 apresenta em específico os componentes que compõem estes blocos de competências.

**Quadro 1.7:** Blocos de competências para a produção de veículos elétricos desagregados por componentes e seu detalhamento.

BLOCO DE COMPETÊNCIAS	COMPONENTES	DETALHAMENTO
<i>Powertrain</i>	Motores elétricos	- Componentes base: exemplo: estatores e rotores - Outros componentes: exemplo: chapas de aço, fios de cobre, ímãs.
	Eletrônica de potência	- Conversores CC-CC - Inversores CA-CC - Controle de potência - Sistemas de proteção - Frenagem regenerativa - Indutores - Capacitores - Semicondutores

Quadro 1.7 – continuação...

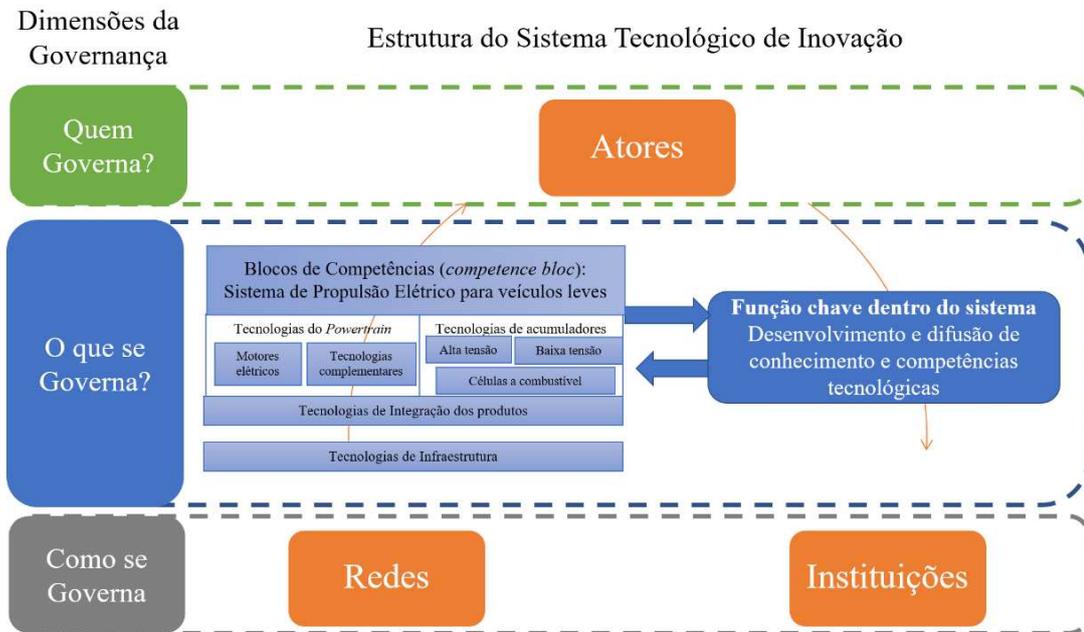
BLOCO DE COMPETÊNCIAS	COMPONENTES	DETALHAMENTO
<b>Powertrain</b>	Cabos e conectores	- Chicotes - Cabos de alta tensão - Conectores
	<i>Hardware</i> de controle	- Inclui todos os <i>Electronic Control Units</i> (ECUs)
	<i>Softwares</i> de controle - <i>Vehicle Control Unit</i> (VCU)	- Sistema de controle geral do veículo - Algoritmos e estratégias de controle do veículo
	Outros componentes	Sistemas auxiliares e de suporte ao <i>Powertrain</i>
<b>Acumuladores</b>	Baterias de alta e baixa tensão	- Componentes elementares: produção de ânodos, cátodos, materiais ativos, eletrólitos e separadores - Células: produção e montagem de células individuais - Módulo: agrupamento das células em módulos - <i>Packing</i> : agrupamento dos módulos e integração ao sistema de gestão e controle da bateria (BMS) – controle de potência, refrigeração e recarga - Integração ao veículo: integração do pack de bateria dentro do sistema de propulsão elétrico
	Células a combustível	- Pilha de combustível - Sistema de armazenamento do combustível - Sistema de balanceamento - Integração ao veículo
<b>Integração</b>	Componentes e sistemas para a integração do <i>Powertrain</i> e acumuladores no veículo elétrico	- Arquitetura veicular para sistemas - Veículo Elétrico a Bateria - Veículo Elétrico Híbrido - Veículo Elétrico Híbrido Plug-in - Veículo a Células a Combustível
<b>Infraestrutura de recarga</b>	-Infraestrutura de recarga lenta e semirrápida, a partir de corrente alternada (CA), -Infraestrutura de recarga rápida, realizada em corrente contínua (CC).	- Estação de Recarga - Eletroposto - Plugs de saída - Sistemas de proteção e segurança

Fonte: elaboração própria a partir de *Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves* (2019).

Deste modo, celebra-se com a caracterização do SPE a apresentação completa de todos os elementos do framework desenvolvido, que apoiará as seções seguintes na análise empreendida. Além desta apresentação, encontra-se no Glossário a descrição dos termos

específicos das tecnologias abordadas A Figura 1.9 demonstra a conjunção do SPE ao esquema prévio apresentado.

**Figura 1.9:** Framework da Tese.



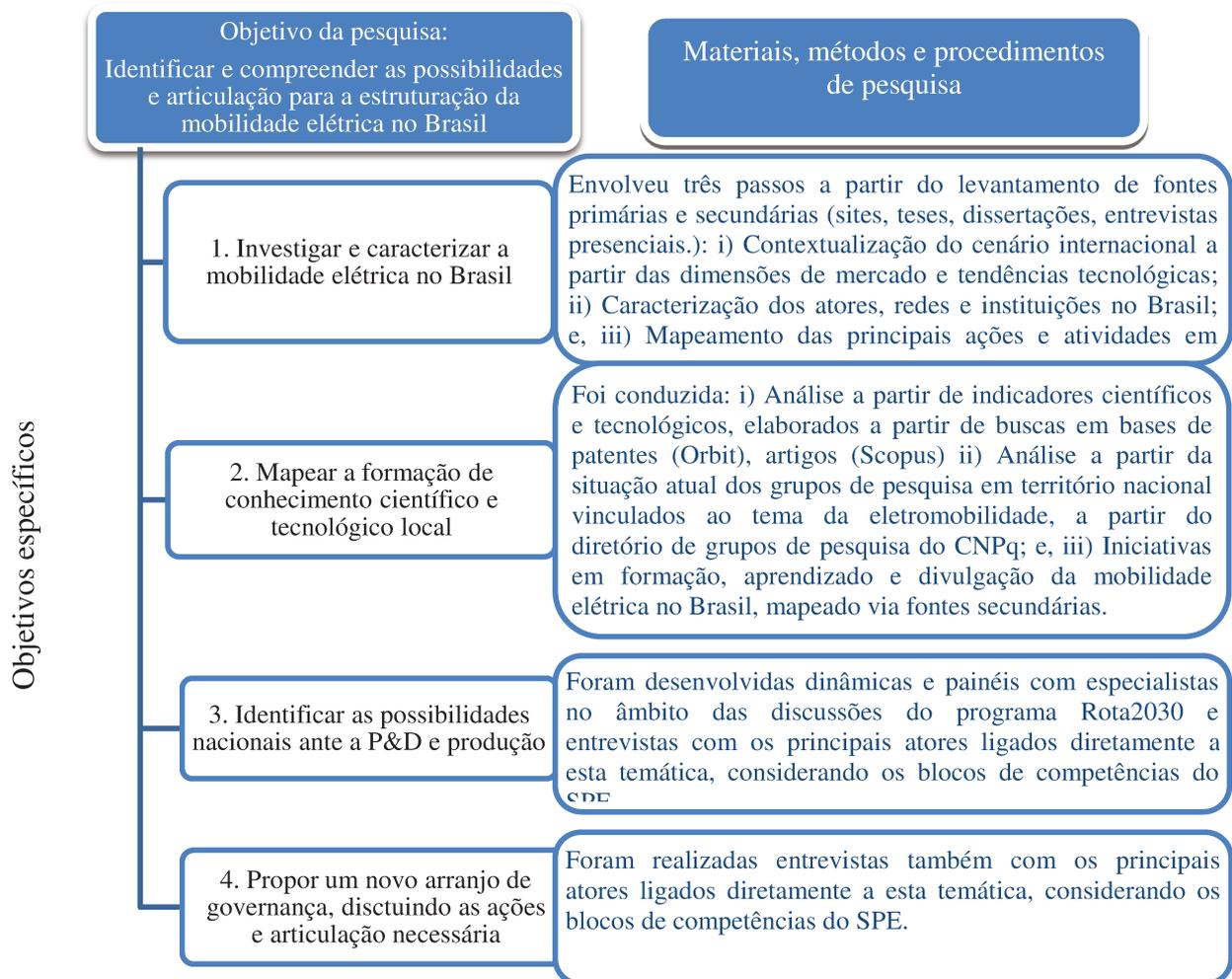
**Fonte:** elaboração própria.

## 1.7 Procedimentos metodológicos da tese

Baseando-se no método descritivo, esta tese segue os termos de Seltz (1975), amparando-se na descrição e correlação dos fatos encontrados<sup>15</sup>. A metodologia utilizada está associada aos objetivos específicos da tese e combina vários métodos de coleta de informações, conforme descrito na Figura 1.10 e detalhado em seguida.

<sup>15</sup> A pesquisa também se apoiará na múltipla coleta de informações, conforme será relatado ao longo desse capítulo, pois parte do fundamento de que os estudos descritivos não se limitam a apenas um método específico de coleta de dados; assim os arranjos e combinações são permitidos (SELLTIZ, 1975).

**Figura 1.10:** Objetivo principal, objetivos específicos e metodologia adotada.



**Fonte:** elaboração própria.

### *1.7.1 Objetivo específico 1: Caracterizar a mobilidade elétrica: panorama internacional e cenário brasileiro*

Este objetivo específico é contemplado pelo segundo capítulo que envolveu os seguintes passos, correspondentes a cada subseção específica. No que toca a caracterização de mercado e tecnologia do segmento da eletromobilidade nos principais países, os relatórios EV Outlook 2018 e 2019, SEG automotive (2019) e o trabalho de Consoni et al. (2018) foram as bases para o levantamento das principais informações discutidas e analisadas. Outras fontes complementares foram acessadas e encontram-se descritas e referenciadas ao longo do texto.

Para o mapeamento e caracterização dos atores da mobilidade elétrica no Brasil, a origem destas informações deriva do trabalho realizado pelo LEVE (Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico), grupo de pesquisa sediado no DPCT (Departamento de Política Científica e Tecnológica) do Instituto de Geociências da Unicamp. O LEVE conduziu o projeto “Viabilidade de um cluster da mobilidade elétrica no Brasil” entre 2015 e 2017, no âmbito do P&D ANEEL, sob encomenda da empresa CPFL Energia (CONSONI ET AL., 2017).

Este estudo teve uma das frentes lideradas e executadas pelo autor desta tese que implicou no mapeamento dos atores envolvidos em iniciativas pró-VEs no Brasil, como também da revisão de fontes secundárias. Para a identificação dos atores envolvidos com a eletromobilidade no Brasil, foram combinados vários métodos de coleta de informações, tais como:

- 1) Pesquisa, junto às fontes primárias e secundárias, com os atores desta cadeia instalados no Brasil que integram este sistema. O mapeamento inicial das organizações vinculadas ao tema do VE seguiu a combinação das seguintes estratégias.
  - a) Acesso ao cadastro das empresas vinculadas a ABVE. O banco de dados está disponível em (<http://www.abve.org.br/quem-ja-associado>). A plataforma *online* reúne informações a respeito dos 44 associados como pessoas jurídicas (empresas pertencentes ao setor elétrico e mecânico e de geração/distribuição de energia) e dos três associados como pessoas físicas (pesquisadores).
  - b) Demais fontes como a busca por artigos de divulgação, artigos científicos e trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) que exploram o tema também foram utilizados como suporte. Em especial, destacam-se os trabalhos de Velloso et. al., Estratégia de Implantação do Veículo Elétrico no Brasil (2010), os trabalhos publicados no BNDES setorial e trabalhos acadêmicos, com destaque para Martins (2015) e Barassa (2015), dentre outros referenciados ao longo do texto.
- 2) Participação em eventos direcionados ao setor automobilístico e que abordaram o tema veículos elétricos. Os eventos foram:

- a) 24<sup>o</sup> Congresso e Mostra Internacional SAE Brasil de Tecnologia da Mobilidade, que ocorreu na cidade de São Paulo/Brasil entre os dias 22 e 24 de setembro de 2015.
- b) XI Salão e Congresso Latino-americano de Veículos Elétricos, também na cidade de São Paulo/SP nos dias 24 a 26 de setembro de 2015.
- c) 1<sup>o</sup> Workshop do Programa de Mobilidade Elétrica da CPFL, na cidade de Campinas/SP no dia 29 de setembro de 2015.
- d) Simpósio SAE BRASIL de Veículos Elétricos e Híbridos 2015, na cidade de São Paulo/SP no dia 17 de novembro de 2015.
- e) 1<sup>o</sup> Matchmaking Brasil-Alemanha NDE, na cidade de São Paulo/SP no dia 4 de julho de 2017.
- f) Reuniões do Grupo de Trabalho 7 do programa Rota 2030, tendo sido mais de 20 encontros realizados ao longo do ano de 2018.

Posteriormente, ao final desse projeto específico (em 2017), o mapeamento foi continuado a partir do contato com especialistas que atuam e que estudam este setor a partir dos subgrupos do GT7 – Rota 2030, considerando que esses subgrupos reuniram os principais atores vinculados à mobilidade elétrica no Brasil.

Por meio do mapeamento inicial foi possível traçar um panorama do setor no país, observando quem são os atores por trás dos principais esforços para a difusão do VE no Brasil. Nesta etapa, além das empresas e demais organizações atuantes e ligadas ao VE no Brasil terem sido mapeadas, algumas questões se colocaram junto ao objetivo geral da tese: Quais são as possibilidades para as empresas mapeadas atuarem no setor? As empresas instaladas no Brasil e com alguma atividade ligada ao segmento dos VEs estão dispensando esforços em prol da P&D de veículos e componentes? Da perspectiva das empresas, quais são as barreiras atuais que estão impedindo o avanço da adesão aos VEs no Brasil? E quais são as oportunidades? As novas entrantes nacionais têm potencial para lançar um modelo de VE? Qual o tipo de articulação entre as associações de classe e agências governamentais em prol de políticas públicas para os VEs?

Estas diversas indagações tornaram-se alvo de investigação junto aos atores deste setor, por meio da aplicação de questionário, que pode ser consultado no Apêndice B. O roteiro de questões, que passou por uma fase de pré-teste, foi revisto e aperfeiçoado. Foram realizadas mais de dez entrevistas contemplando associações de classe, montadoras de automóveis, autopeças e setor elétrico. Estas empresas e outras organizações apresentaram os

principais esforços, bem como abarcam os principais profissionais do Brasil que vêm trabalhando com o VE em suas mais variadas frentes. Utilizamos de anotações no momento da entrevista e/ou gravação. No Apêndice A, identificam-se todas as instituições que foram entrevistadas ao longo do período de coleta de informações, havendo uma coluna código, identificando o nome alegórico adotado para cada instituição entrevistada<sup>16</sup>.

As informações coletadas por meio dos questionários foram processadas, organizadas e redigidas integralmente, com vistas a alcançar uma maior densidade de dados para a análise. Notou-se que a opção por uma análise de caráter misto, isto é, mesclando-se instrumentos de cunho qualitativo e quantitativo, ajustou-se melhor ao objetivo de trabalhar com uma amostra pequena e fundamentada em opiniões e percepções individuais dos atores<sup>17</sup>.

Esta aplicação metodológica viabilizou a realização da análise final das informações coletadas, discutidas e costuradas ao longo do texto que segue.

Para a elaboração do mapeamento do arcabouço institucional foram consultados os canais oficiais do Governo Federal, como, por exemplo, o *website* do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), e realizadas entrevistas com os formuladores de políticas, somados à experiência acumulada em estudos anteriores (CONSONI ET AL., 2018).

Neste sentido, o mapeamento baseou-se na busca e na sistematização de informações provenientes de fontes secundárias, tais como na consulta de artigos de revisão de trabalhos científicos sobre os veículos elétricos no Brasil (BARASSA; CONSONI, 2015; CONSONI ET AL., 2018), de *sites* e de documentos oficiais das instituições ligadas à regulação e promoção dos VEs em âmbito nacional (dentre eles, Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil; Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços; Ministério do Meio Ambiente; Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações; ANEEL; BNDES; FINEP; CNPq; ABDI, ANFAVEA).

---

<sup>16</sup> Com vistas a garantir o anonimato das impressões individuais dos atores, conforme Termo de Sigilo firmado antecipadamente, optou-se por descaracterizá-los, apresentando-os por meio de um nome genérico.

<sup>17</sup> O material coletado passou por tratamento dividido em etapas, quais sejam: pré-análise (transcrição integral das entrevistas); exploração do material (tabulação dos dados e formação de categorias de análise); e tratamento do material (construção do argumento, inferência e interpretação das respostas).

### *1.7.2 Objetivo específico 2: Mapeamento da formação de conhecimento científico e tecnológico local*

Este objetivo específico é coberto pelo terceiro capítulo. Os passos correspondentes a cada subseção específica são descritos na sequência:

**(i) Análise a partir de indicadores científicos e tecnológicos:**

Foi desenvolvido no período de intercâmbio deste autor, entre o segundo semestre de 2016 e primeiro semestre de 2017. Realizado na Universidade de Bordeaux (França) junto ao grupo Via Inno<sup>18</sup>, o autor pode ter contato com ferramentas avançadas de análise de patentes e artigos apresentados na sequência, que viabilizaram o alcance deste objetivo específico. As informações coletadas neste período de 2017 foram atualizadas entre os meses de abril e maio de 2019 a partir da mesma estratégia de busca, com vistas a ter os dados mais próximos possíveis da data de fechamento deste trabalho. Assim, usamos como principais fontes de informações as plataformas Questel ORBIT, para os dados de patentes, e a base de dados Scopus, para artigos científicos. Estas informações foram extraídas e carregadas no software Intellixir, específico para processamento e análise de dados de patentes e artigos. As estratégias e equações de busca utilizadas nestes levantamentos foram:

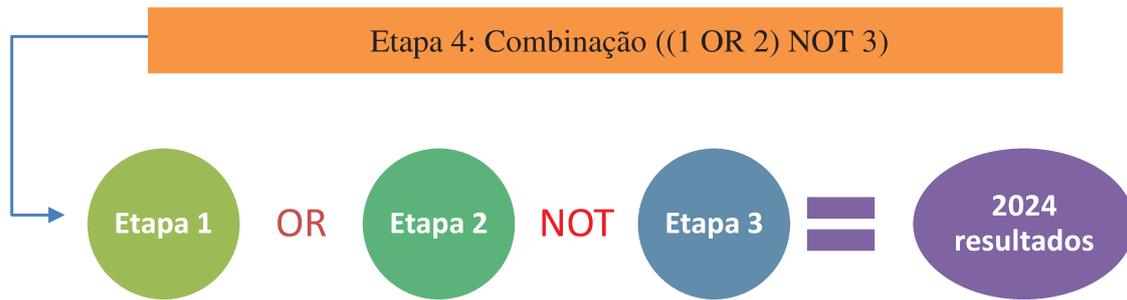
---

<sup>18</sup> É reconhecido como uma referência internacional em trabalhos na linha da prospecção tecnológica e estudos do futuro. Sediado na universidade de Bordeaux, oferece pós graduação e cursos de especialização na área de mapeamento e análise de patentes. Ver, a esse respeito, <http://viainno.u-bordeaux.fr/>.

**Quadro 1.8:** Estratégia de busca para patentes de VEs depositadas no Brasil.

ETAPA	DESCRIÇÃO	SCRIPT (TERMO) DA BUSCA
<b>1-</b> Mapear as “boas” patentes	A primeira busca consistiu em mapear os códigos internacionais de patentes (IPC, em inglês) específicos para o veículo elétrico	(B60L OR B60K-006 OR B60W-020 OR Y02T-010/62 OR Y02T-010/70 OR Y02T-090/10 OR Y02T-090/34 OR Y02T-010/64 OR Y02T-010/72 OR Y02T-010/92)/IPC/CPC
<b>2-</b> Mapear códigos IPCs que podem abranger o foco do estudo combinados com boas palavras-chaves	Códigos IPCs podem abranger diferentes setores, indústrias e aplicações, dada a interoperabilidade de algumas tecnologias. Alguns códigos mapeados podem não servir ao tema da pesquisa se há um recorte tecnológico específico. Assim, optou-se por combinar estes códigos de patentes potenciais a eletromobilidade com palavras-chaves específicas deste campo, para um melhor refinamento.	((ELECTRIC) 1W (VEHICLE OR VEHICLES OR CAR OR CARS OR AUTOMOBILE OR BUS OR BICYCLE OR SCOOTER ))/TI/AB/IW/CLMS AND (H02K-029/08 OR H02K-049/10 OR H02J-007/00 OR F02B-043/00 OR F02M-021/02 OR F02M-027/02 OR H01M-002/00 OR H01M-004/00 OR H01M-010/00 OR H02J OR B60L-003 OR G01R-019 OR G01R-031/02 OR G01R-031/04 OR G01R-031/06 OR G01R-031/07 OR G01R-031/36 OR H02K-017 OR H02K-019 OR H02K-021 OR H02K-023 OR H02K-025 OR H02K-027 OR H02K-029 OR H02K-041 OR H02P-001 OR H02P-003 OR H02P-005 OR H02P-006 OR H02P-007 OR H02P-009 OR H02P-021 OR H02P-023 OR H02P-025 OR H02P-027 OR H02P-029 OR H02P-031 OR B60L-015 OR B60L-007 OR B60T-008/17 OR B60W-010/18 OR B60W-010/24 OR B60W-010/26 OR H02J-007)/IPC/CPC
<b>3-</b> Eliminar termos de busca e conceitos/tecnologias não desejados	Por fim, este último passo consistiu em identificar termos não desejados pela pesquisa (no caso, brinquedos elétricos e os modais aéreos e navais) e que poderiam prejudicar a qualidade dos resultados.	((TRAIN OR BOAT OR PLANE OR RAIL OR TOY)/TI/AB/IW/CLMS OR (B61 OR B63 OR B64 OR B66 OR A24 OR A63)/IPC/CPC )

Fonte: elaboração própria.

**Figura 1.11:** Etapa 4 – combinação dos termos de busca.

Fonte: elaboração própria.

**Quadro 1.9:** Equações de busca para artigos científicos de VEs no Brasil (1998-2018).

Data	Base de dados	Equação de busca	Número de resultados
01/04/19	Scopus	TITLE-ABS-KEY ( "electric vehicle" ) OR ( "electric car" ) OR ( "battery electric vehicles" ) OR ( e-mobility) OR ( eletromobility ) OR ( "hybrid electric vehicles" ) OR ( "hybrid vehicles" ) OR ( "plug-in hybrid electric vehicles" ) OR ( "fuel cell vehicle" ) AND ( LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Brazil" ) )	879

Fonte: elaboração própria.

- (ii) **Análise a partir da situação atual dos grupos de pesquisa em território nacional vinculados ao tema da eletromobilidade:** para a realização desta atividade, foi feita a identificação e caracterização dos Grupos de Pesquisa (GP) que desenvolvem trabalhos vinculados à pesquisa e desenvolvimento (P&D) de veículos elétricos no Brasil. Para isso, foi realizada uma consulta a partir do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq<sup>19</sup>, que se destaca por ser o maior e mais importante banco de dados para este tipo de informações no Brasil. Os GP resultantes dessa busca foram consultados posteriormente e convidados para participar de um questionário *online*, visando a caracterização das atividades de pesquisa destes grupos em torno dos blocos de competências. Cabe mencionar que um mesmo grupo poderia responder mais de um questionário. Estes grupos também foram consultados sobre outros possíveis GPs que também trabalhassem com a temática da eletromobilidade. Como

<sup>19</sup> Consultar, a esse respeito, CNPq (2018).

resultado, a partir da busca no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, foram encontrados 31 GPs, que foram complementados com outros 34 contatos de pesquisadores sugeridos após a primeira rodada de consulta. No final, 65 formulários *online* foram enviados, e destes, 26 GPs atenderam a solicitação, com um total de 37 respostas acumuladas. Logo, as análises apresentadas ao longo desta tese são realizadas partindo das respostas obtidas com o envio do questionário *online*. Assim, é válido ressaltar que as observações são feitas sobre uma amostra e, portanto, englobam as opiniões e dados dos GP que aderiram à pesquisa e não abrangem a totalidade dos GPs ligados à eletromobilidade no Brasil. Reconhece-se, assim, que embora a metodologia implementada para o mapeamento destes GPs tenha sido desenhada visando abranger a maior quantidade de grupos de pesquisa existentes no Brasil, é possível que alguns deles tenham ficado fora do alcance desse desenho metodológico.

**(iii) Iniciativas em formação, aprendizado e divulgação da mobilidade elétrica no Brasil:** a partir do mapeamento dos eventos realizados em áreas vinculadas a esse tipo de mobilidade no território nacional.

### *1.7.3 Objetivo específico 3: Identificar as possibilidades nacionais ante a P&D e produção*

O Capítulo 4 foi construído a partir das informações geradas pelo projeto **Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves no Brasil**, executado em 2018 e publicado em 2019<sup>20</sup>. Neste projeto, houve a participação ativa por parte do autor desta tese junto à coleta dos dados, análise e escrita das informações, o que permitiu por sua vez, o aproveitamento dos resultados do projeto para esta tese.

Este trabalho foi elaborado no âmbito de um projeto maior, o PROMOB-e – Projeto de Cooperação Brasil-Alemanha em Sistemas de Propulsão Eficiente<sup>21</sup>, executado à época pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC)<sup>22</sup> em parceria com o Ministério

---

<sup>20</sup> Vide referência em Consoni; Barassa, Martinez e Moraes (2019).

<sup>21</sup> A esse respeito, consultar <http://www.promobe.com.br/>.

<sup>22</sup> Posteriormente tendo seu nome mudado para Ministério da Economia a partir de 2019.

Alemão de Cooperação Econômica e para Desenvolvimento por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*.

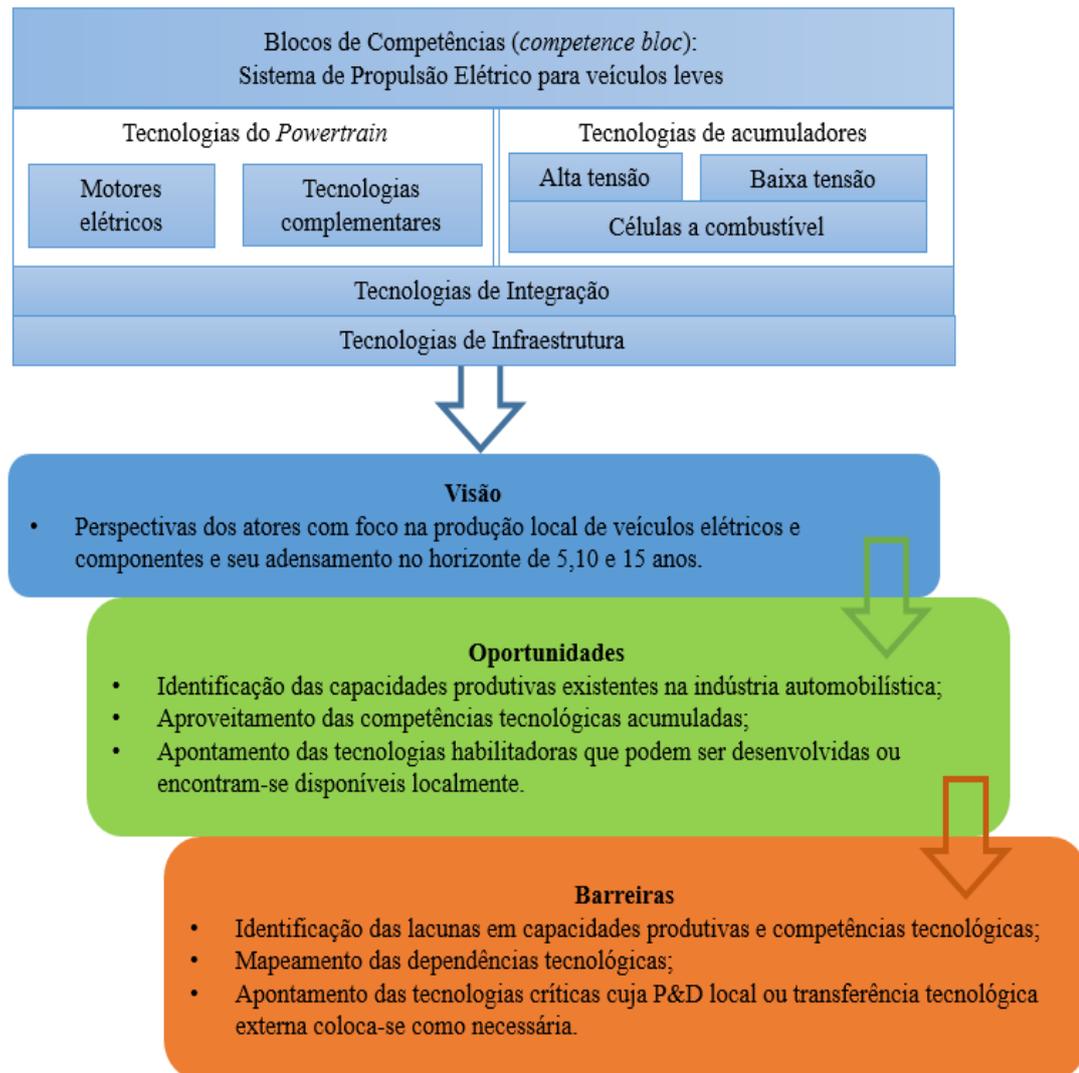
O *Roadmap* teve como propósito identificar os passos necessários para que o Brasil alcance metas norteadas por uma visão consensual de futuro que contemple a inserção da eletromobilidade na indústria brasileira.

A grande relevância deste trabalho, e que legitima sua utilização por esta tese, consiste na sua possibilidade de se tornar uma base para se desenhar e discutir políticas públicas com uma agenda direcionada para o avanço da eletromobilidade no Brasil. Este estudo se traduziu como guia tanto para pensar o posicionamento do Brasil no contexto da mobilidade elétrica, como para orientar a formulação da política pública brasileira. Afinal, demonstrou um diagnóstico que dá sustentação à elaboração das ações estratégicas (foco do último capítulo) para que o Brasil desenvolva competências ou se aproveite das existentes para alcançar oportunidades perante a eletrificação no país num horizonte de até quinze anos.

Deste modo, utilizamos enfaticamente esta fonte de informações para a tese e organizamos o capítulo em função dos blocos de competência do SPE, contemplando: (1) Tecnologias do *Powertrain*; (2) Tecnologias dos acumuladores; (3) Integração e montagem de veículos elétricos; e, (4) Infraestrutura.

A análise para cada bloco de competências foi estruturada de modo a apresentar-se em três eixos: (1) visão/perspectiva futura, (2) oportunidades e (3) barreiras, apresentadas pelo esquema geral da Figura 1.12 e detalhados na sequência.

**Figura 1.12:** Esquema analítico para o Capítulo 4.



**Fonte:** elaboração própria.

Na parte da visão introdutória ao bloco de competência em questão foram mapeadas as perspectivas futuras ante a possibilidade de produção local de veículos e seus componentes. As visões foram construídas considerando o horizonte de cinco, dez e quinze anos (até 2033), alinhando-se ao mesmo ciclo da política industrial vigente, o programa Rota 2030. Optou-se por este tipo orientação dado que o programa Rota 2030 passou a ser a primeira política de seu tipo no país que orienta esforços ao desenvolvimento de novas tecnologias de propulsão automotiva e que passa a dar maior ênfase na eletrificação veicular, dando pistas de que no período de sua vigência serão ampliados os esforços para o adensamento produtivo local da eletrificação.

Mapeadas as projeções e pontos de chegada desejáveis da eletromobilidade no horizonte de 5, 10 e 15 anos, partiu-se para outro exercício, agora realizado em retrospecto, ao observar quais seriam os caminhos necessários para que tais visões possam ser alcançadas. É nesta linha que a análise segue ao demonstrar oportunidades e barreiras para cada um dos blocos de competência do SPE.

Para isso, foram desenvolvidas dinâmicas e painéis com especialistas no âmbito das discussões do programa Rota 2030 com o propósito de registrar suas considerações sobre os pontos indicados. A esse respeito, consultar Apêndice C que detalha os passos envolvidos nesta etapa e os questionários utilizados.

#### *1.7.4 Objetivo específico 4: Discutir as ações e articulação necessária para uma agenda pró-mobilidade elétrica*

O Capítulo 5 foi elaborado a partir de um esforço de refletir que tipo de plano/diretriz nacional para a eletromobilidade seria adequada no Brasil. As suas informações foram extraídas dos (1) resultados finais do *Roadmap*, (2) de entrevista realizada com o responsável pela coordenação das Indústrias de Mobilidade no Brasil, do Ministério da Economia, realizada no dia 3 de abril de 2019 e (3) de outro trabalho demandado pelo ME, no âmbito do projeto PROMOB-e, qual seja (2) um documento base para dar suporte ao governo federal em prol da elaboração de um Plano Nacional de Eletromobilidade no Brasil (PNEM).

Realizada ao término de 2018, a proposta deste documento base teve o objetivo de estabelecer recomendações de prioridades no tema da eletromobilidade a partir da definição de eixos estratégicos de ação. A escolha da participação deste autor nesta tarefa foi motivada a partir de sua inserção ativa nos grupos de discussão do GT7 e no *Roadmap* tecnológico desenvolvido. Sobretudo, o próprio documento de recomendações é um desdobramento e ampliação do escopo do citado *Roadmap*. As priorizações apontadas neste documento de recomendações de políticas foram construídas a partir do diálogo com os principais atores deste setor, idênticos àqueles que participaram do *Roadmap* em si.

As informações levantadas foram processadas e organizadas de acordo com a proposta metodológica da análise da governança em sistemas de inovação, divididas em: quem governa? O que se governa? E como se governa? Por meio desta análise comparativa da governança da eletromobilidade foi possível compreender o envolvimento dos atores públicos e privados nesse processo, o nível de governança (nacional, estadual ou municipal), bem

como suas relações interesferas. Por fim, possibilitou pontuar os mecanismos de governança, que são resultados das relações e das motivações de cada ator.

## **1.8 Considerações finais**

Este capítulo apresentou as bases teóricas e conceituais, definindo o campo tecnológico da eletromobilidade coberto pela pesquisa e seu framework desenvolvido a partir de blocos de competências. Vimos a importância dos Sistemas de Inovação (SIs) como arcabouço para estudos que visam entender as dinâmicas para a geração, introdução e difusão de novas tecnologias. E que a análise subjacente, voltada aos sistemas tecnológicos de inovação, sincronizou-se com este tema da eletromobilidade, quanto ao seu direcionamento do ponto de vista do recorte da tecnologia. Sobretudo, devido a sua grande interface com as análises baseadas em políticas públicas, cujo tema é amplamente desempenhado pelos artigos que abordam o STI, demonstrados a partir do ensaio bibliométrico apresentado. E que o foco em uma abordagem específica de uma das funções, baseadas na geração de conhecimento e competências, se tornou uma oportuna escolha metodológica para o alcance do objetivo da tese.

A separação dos componentes que abarcam o Sistema de Propulsão Elétrico (SPE) por blocos de competências foi uma opção adotada para dividir a análise em termos das aplicações dos componentes que um veículo elétrico apresenta, que juntos eles acoplam-se e executam a tração elétrica veicular.

As informações apresentadas sobre o sistema de propulsão elétrico, descritas com a ajuda de levantamento realizado junto à literatura dos sistemas tecnológicos de inovação, e a partir de entrevistas com especialistas do setor, permitiram uma reflexão sobre as diferenças das tecnologias relacionadas aos veículos elétricos e seus componentes em relação aos veículos convencionais, dotados de MCIs.

Dada a integração presente entre os sistemas mecânico e eletroeletrônico na mobilidade elétrica, constatou-se que nesta nova trajetória tecnológica, além de atores que integram o setor automotivo tradicional, tais como montadoras e empresas de autopeças, destaca-se o papel a ser ocupado pelo setor eletrônico/mecânico e sua função no abastecimento de componentes da frota automotiva, assim como dos atores responsáveis pelos eletropostos, para abastecimento energético do veículo elétrico.

Costurados e amarrados ao arcabouço teórico, apresentamos também os procedimentos metodológicos adotados, as ferramentas de análises e as bases de dados e suas fontes de informações utilizadas (primárias e secundárias). Vimos que a tese empregou para cada capítulo uma forma de coleta de informações e um modo para o seu processamento. Pois, cada capítulo utilizou-se de fontes de informações extraídas por meio de projetos de pesquisa relacionados ao tema da eletromobilidade. Estes foram realizados em parcerias com os principais atores de mercado no Brasil e com participação do Governo Federal, todos com participação expressiva deste autor ao longo de sua trajetória de doutoramento.

Assim, para o capítulo 2, que apresenta a configuração dos atores da eletromobilidade, vimos que o mapeamento do cluster do VE no Brasil realizado no projeto EMOTIVE CPFL (2015-2017), figurou-se como base para esta caracterização e que foi continuada ao longo da tese. Ao capítulo 3, acerca do mapeamento de patentes e artigos científicos, o período do intercâmbio do autor, em 2017, o permitiu a utilização de ferramentas avançadas de busca e extração destes tipos de informações onde a caracterização da formação científica e tecnológica pode ser identificada. No que toca o capítulo 4, das possibilidades nacionais da eletromobilidade, o exercício do *Roadmap* realizado em 2018, acopla-se a esta esfera e demonstra as visões e as barreiras e oportunidades relacionadas. Por fim, o último capítulo, amarra todas estas construções em torno de uma agenda propositiva, desenvolvido para dar respostas a lacuna de governança e articulação/coordenação deste tema no país.

## **CAPÍTULO 2 — PANORAMA INTERNACIONAL E A ESTRUTURAÇÃO DA ELETROMOBILIDADE NO BRASIL: MERCADO, REDES DE ATORES E ARCABOUÇO INSTITUCIONAL**

---

Este capítulo tem como objetivo apresentar o mapeamento realizado acerca do panorama geral que engloba a mobilidade elétrica no Brasil. É ponto de partida para contextualizar o estágio atual de desenvolvimento dos veículos elétricos no país. Para isso, primeiro apresenta-se uma contextualização em nível internacional das motivações e do mercado dos principais países que se colocam como líderes nesta trajetória da eletrificação.

Esta caracterização é oportuna, pois posiciona o crescimento desta trajetória em escala global e identifica o *locus* onde a eletrificação tem tomado certa prioridade nas agendas de mobilidade dos países. Permite também entender quais são os *drivers* por trás destes investimentos.

Esboçado este quadro, pode-se comparar estas unidades apresentadas com o contexto que será analisado na sequência em maior profundidade, que refere-se ao quadro brasileiro a partir da identificação dos elementos estruturais contidos em um sistema de inovação, sendo, de acordo com as seções que se seguem, os (2) atores envolvidos neste setor e suas iniciativas em curso (por exemplo, as atividades empreendedoras), (3) as redes de colaboração em formação e o (4) arcabouço institucional, com os instrumentos de política e regulação que foram criados para dar suporte à este campo tecnológico emergente, ou que indiretamente o envolvem de alguma forma.

Desta forma, o material reunido neste capítulo encontra-se organizado em torno de três subseções, além desta apresentação, quais sejam: (1) *Drivers*, motivações e o desenvolvimento de mercado da eletromobilidade; (2) O mercado e os atores da mobilidade elétrica no Brasil; e, (3) Arcabouço institucional; seguidas das considerações finais.

### **2.1 Drivers, motivações e o desenvolvimento de mercado da eletromobilidade**

A partir da década de 1970, países como Estados Unidos, França e Japão trouxeram à tona motivações que levaram a um maior direcionamento em prol da mobilidade elétrica. Tal processo de mudança tecnológica foi impulsionado por uma série de condicionantes na esfera internacional e capitaneado por um amplo conjunto de políticas e instrumentos de estímulo ao

desenvolvimento deste setor, estruturados principalmente por estas nações, com vistas à promoção do desenvolvimento de tecnologias e do mercado de veículos elétricos (BARASSA, 2015; CONSONI ET AL., 2018).

Parte significativa dos condicionantes que (re)inseriram a eletromobilidade como uma trajetória tecnológica viável à indústria automotiva relacionam-se com a constatação de que a ampla difusão da motorização a combustão interna causam impactos negativos para o meio ambiente e à saúde pública nos centros urbanos, dadas as emissões de gases do efeito estufa, poluentes atmosféricos com material particulado (ozônio (O<sub>3</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)). Acrescenta-se aos fatos a elevada dependência de combustíveis de fontes fósseis – notadamente provenientes do petróleo – como principal fonte energética utilizada no sistema de transporte.

Salienta-se a expansão da agenda ambiental, com o subsequente crescimento da preocupação global com as mudanças climáticas, somadas à eclosão dos Choques do Petróleo em 1973 e em 1979, e à constatação de que a frota automotiva representa uma das principais fontes de poluição atmosférica nos centros urbanos. Estes fatos ressaltaram a necessidade de enfrentamento dos problemas vinculados ao paradigma dos motores a combustão interna dependentes de fontes fósseis, especificamente diesel e gasolina (BARASSA, 2015).

Neste sentido, favoreceram a ampliação do interesse na eletromobilidade e o direcionamento de esforços que visassem o desenvolvimento de tecnologias de propulsão alternativas, menos intensivas em carbono e capazes de apoiar um padrão de mobilidade mais sustentável.

No âmbito das preocupações vinculadas ao meio ambiente, de acordo com a IEA (2019c), aproximadamente 23% das emissões globais de CO<sub>2</sub> vêm do setor de transportes, sendo que deste montante, 95% está relacionado a combustão de combustíveis fósseis, como diesel e gasolina. Estas constatações têm se tornado um dos mais importantes alvos de políticas de mitigação das mudanças climáticas, dado que 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 participação decisiva do setor de transportes (IEA, 2019).

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), o biênio 2015-2017 figurou-se como o período com as maiores médias de temperaturas já registradas desde que a organização começou a mensurar estes parâmetros há mais de 170 anos: em 2017, a temperatura média foi de 1,1 graus acima dos níveis registrados na era pré-industrial.

No tocante à saúde pública, demonstra-se que as mortes associadas à exposição de material particulado e outros contaminantes atmosféricos corresponderam a cerca de 4.2 milhão de mortes no mundo por ano (2017), em função de doenças associadas à exposição a poluentes atmosféricos, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS)<sup>23</sup>.

Por fim, cabe destacar que a expansão da frota automotiva e os Choques do Petróleo amplificaram a percepção de que a elevada dependência dos meios de transporte a fontes fósseis de energia representa um foco de vulnerabilidade para as economias nacionais, particularmente para países importadores, e criaram condições para que diversos países passassem, cada vez mais, a incorporar a segurança energética como um elemento estratégico no âmbito de suas políticas energéticas.

Ainda, há que se ponderar a emergência de uma nova classe de consumidores que privilegiam na decisão de compra de veículos aqueles mais eficientes e menos poluentes. Este comportamento faz parte de um movimento mais amplo que se refere à escolha por produtos mais amigáveis ao meio ambiente, mas também vem à luz da indústria automobilística em si a partir do efeito que o “*dieselgate*”<sup>24</sup> causou quanto às impressões acerca do MCI e seu aprimoramento, que dá pistas claras de incompatibilidade com a agenda ambiental e os alvos de emissões regulados pelos principais mercados automotivos.

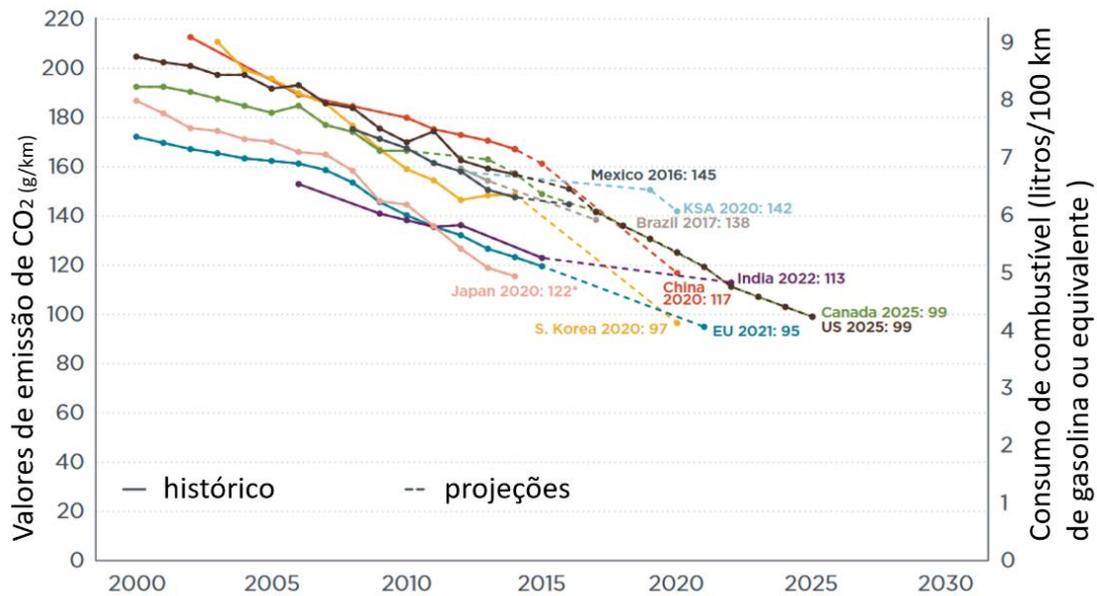
Nesta direção, percebe-se uma regulamentação cada vez mais rigorosa quanto às emissões de poluentes para o consumo da frota. Trata-se de um desafio contínuo para as montadoras e as autopeças em prover veículos e equipamentos que alcancem as metas estipuladas. No tocante à eletrificação neste processo, é um elemento fundamental ao se olhar suas diferentes tecnologias como os híbridos e seus estágios de hibridização, e os elétricos a bateria como parte deste *mix* tecnológico que deverá atender estas exigências crescentes (vide Figura 2.1).

---

<sup>23</sup> Consultar WHO (2018).

<sup>24</sup> *Dieselgate* foi o termo cravado para o escândalo de falsificação de testes de emissões de poluentes descoberto em 2015 envolvendo, principalmente, o Grupo Volkswagen nos Estados Unidos e diversas fabricantes de carros pelo mundo.

**Figura 2.1:** Metas de emissões de CO<sub>2</sub> (g/km) e eficiência energética por países (2000-2030).



**Fonte:** adaptado de ICCT (2019).

E a partir do gráfico, infere-se o desafio contínuo às montadoras de reduzir as emissões de forma sustentada. Pois, a “régua” das emissões desce cada vez mais, ano após ano no horizonte 2020/2030 e pressiona o aprimoramento dos veículos para a baixa emissão.

Em suma, o rol de elementos acima argumentados impulsionou a mobilidade elétrica no início do século XXI, dado que o SPE contempla a resolução (ou mitigação) dos principais problemas ligados ao setor de transporte, como os elevados níveis de emissões, que reverberam na saúde pública, a baixa eficiência relativa dos motores a combustão interna (MCI) e nas questões de segurança energética.

Estes *drivers* apresentados têm influência direta na rápida expansão que a mobilidade elétrica vem experimentando em seu mercado e na produção de veículos elétricos ao redor do mundo. De acordo com o relatório EV Outlook 2019, da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency), em relação ao ano de 2018, foram vendidos mais de dois milhões de automóveis e pequenos veículos comerciais elétricos do tipo bateria “puros” e híbridos *plug-in*, caracterizando um aumento de aproximadamente 66% em comparação com o ano anterior de 2017 (INTERNATIONAL..., IEA, 2019b). Este volume se soma a outros três milhões de veículos elétricos já em circulação no mundo.

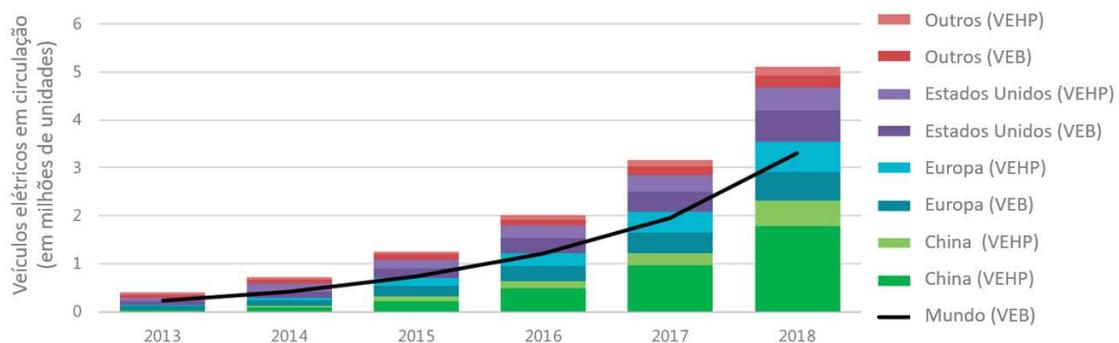
Isso sem contar os híbridos sem a opção de conexão à rede, não contemplados nos dados na IEA, mas que apresentam valores expressivamente superiores em relação aos VEB e VEHP. Além dos veículos elétricos levíssimos e dos pesados, representados pelos ônibus, não

contemplados neste estudo, mas que somam-se às casas dos milhões de veículos em circulação e corroboram com os automóveis para o movimento da eletrificação gradual da frota circulante.

Ainda que tais montantes sejam substancialmente menores quando comparados ao total de veículos à combustão interna vendidos, e em circulação, é necessário atentar-se a sua dinâmica e evolução dos elétricos em tão curto período de tempo, a julgar o patamar de partida de aproximadamente 10 mil veículos elétricos vendidos em 2010. A Figura 2.1, a seguir, apresenta essa rápida expansão usando para exemplificação o período compreendido entre os anos de 2013 e 2018.

A reboque da expansão deste mercado avança também a infraestrutura de recarga específica destes veículos, que difere dos postos de abastecimento dos veículos convencionais, ao prover energia elétrica ao invés de combustíveis líquidos e gasosos (no caso do Gás Natural Veicular - GNV). Esta infraestrutura apresenta-se no contexto público e privado e difere quanto à sua potência, que pode ser entre alta e baixa tensão (voltagem em quilowatts). A maior parte destes carregadores encontra-se no âmbito privado, partindo do pressuposto que cada veículo elétrico agregue consigo um carregador próprio para uso domiciliar.

**Figura 2.2:** Evolução do estoque de veículos elétricos (2013-2018)<sup>25</sup>.



**Fonte:** adaptado de International Energy Agency (IEA) (2019b).

Entretanto, a infraestrutura pública ocupa um importante papel como alternativa aos veículos elétricos que não dispõem de lugares privados para estacionar e, também, por diminuir o efeito da ansiedade de recarga, amplamente referido como “*range anxiety*”, ao

<sup>25</sup> De acordo com a nomenclatura adotada pela International Energy Agency (IEA), “estoque” (tradução nossa) consiste no acumulado de veículos elétricos, tanto em circulação como em estoque para vendas.

apresentar uma oportunidade de recarga nas vias públicas. A evolução no número de instalações deste tipo de infraestrutura é apresentada na Figura 2.3, a seguir.

**Figura 2.3:** Evolução no número de instalações de infraestrutura de recarga para veículos elétricos no mundo (2013-2018)<sup>26</sup>.



**Fonte:** adaptado de International Energy Agency (IEA) (2019b).

Ainda, este panorama de crescente expansão apresenta pistas de sua continuidade. Se olharmos para as projeções realizadas pela IEA, o “New Policy Scenario” (Cenário de Novas Políticas)<sup>27</sup> projeta um estoque global de VEs de 13 milhões até 2020 e cerca de 130 milhões de veículos até 2030 (excluindo os levíssimos). Em 2010, as previsões de vendas de VEs em 2020 seriam de cerca de 4 milhões expandindo-se para 21,5 milhões até 2030. Isso corresponde a um crescimento médio de vendas de 24% durante o período de projeção.

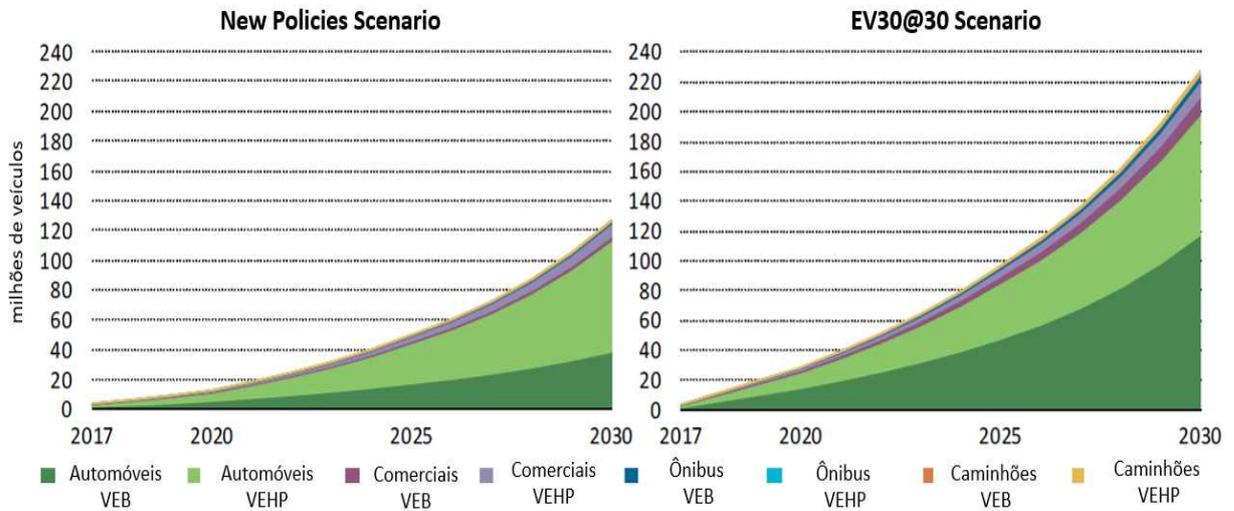
Outro cenário, vindo da iniciativa EV30@30<sup>28</sup>, projeta um estoque global de 228 milhões de VEs até 2030 (excluindo os levíssimos). Isto é aproximadamente 100 milhões a mais em 2030 do que no Cenário de Novas Políticas.

<sup>26</sup> As estimativas para os eletropostos privados individuais consideram que cada veículo elétrico vem de fábrica com um destes carregadores, do tipo *wall box*.

<sup>27</sup> O New Policies Scenario é o cenário elaborado pelo World Energy Outlook da IEA. O cenário incorpora as políticas e medidas que os governos de países selecionados, como a tríade Europa-EUA-China, já implementaram, bem como os efeitos prováveis das políticas anunciadas que são expressos em alvos ou planos oficiais. Em particular, para este relatório, foram incluídas políticas-chave em local, bem como atualizações recentes apresentadas nas seções sobre veículos elétricos.

<sup>28</sup> Ação promovida pelo fórum global Clean Energy Ministerial (CEM), o EV30@30, é uma entidade composta por 25 países que estabelece uma nova meta coletiva para os países signatários, vislumbrando atingir a participação de 30% das vendas de veículos elétricos até 2030. Os esforços promovidos pela EV30@30 estabelece um norte a ser seguido e uma tendência de crescimento para o setor em escala mundial.

**Figura 2.4:** Comparação entre as projeções de cenários EV30@30 e Cenário de Novas Políticas (2017- 2030).



**Fonte:** IEA (2018).

Trata-se, deste modo, de visões e níveis agressivos de penetração. Para serem atingidos demandarão esforços que vão além dos interesses de mercado e novos negócios: deverão ser articulados e amarrados com as políticas públicas e os compromissos das nações em torno da descarbonização das atividades econômicas. E como tem se colocado esta discussão para o caso brasileiro? Que tipo de comportamento de mercado o país apresenta e quais são os atores por trás destas iniciativas? A próxima seção trata de posicionar estes elementos no âmbito nacional.

## 2.2 O mercado e os elementos estruturais da mobilidade elétrica no Brasil

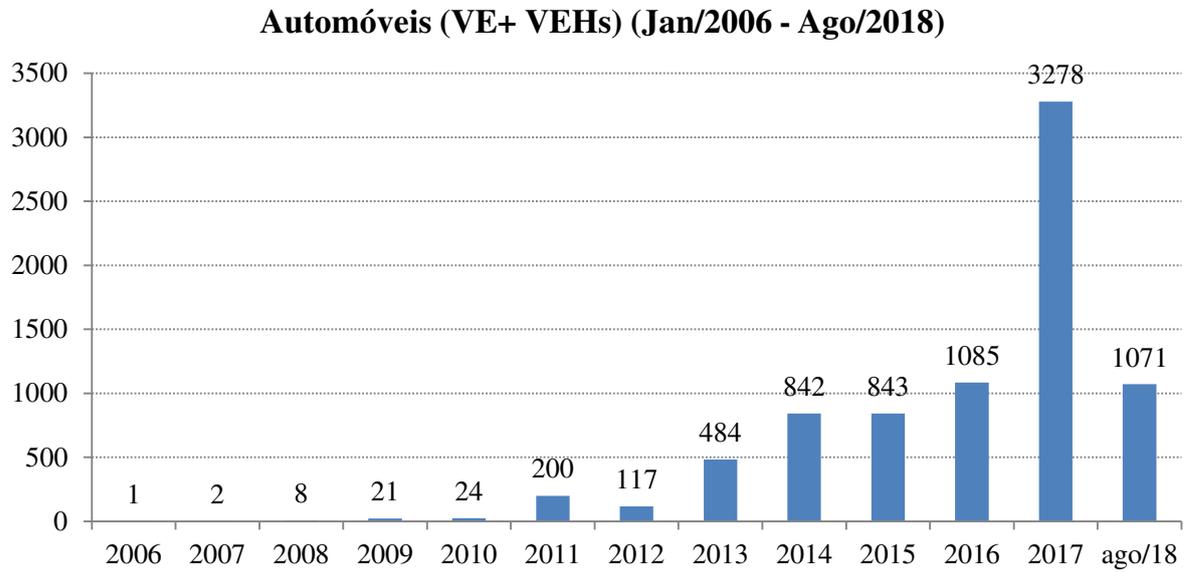
Ao olhar para a esfera brasileira, verifica-se uma performance deste mercado, das políticas e dos atores bem diferente que caminha a passos lentos. Estima-se que existam cerca de 9.000 veículos, entre elétricos e híbridos, rodando no país (gráfico do estoque de VEs). A maioria absoluta (8.000 veículos) remonta à configuração híbrida sem conexão à rede<sup>29</sup>. Em menor montante, existem cerca de mil veículos elétricos à bateria<sup>30</sup>. Acerca da infraestrutura, estima-se que existam cerca de 226 pontos de recargas públicas/privadas instalados no Brasil,

<sup>29</sup> Representados principalmente pelos modelos Toyota Prius e Ford Fusion Híbrido.

<sup>30</sup> Dispersos entre modelos das montadoras BMW (i3), BYD (e6), Mitsubishi (Outlander PHEV), Renault (ZOE, Twizy e Fluence) e Nissan (Leaf).

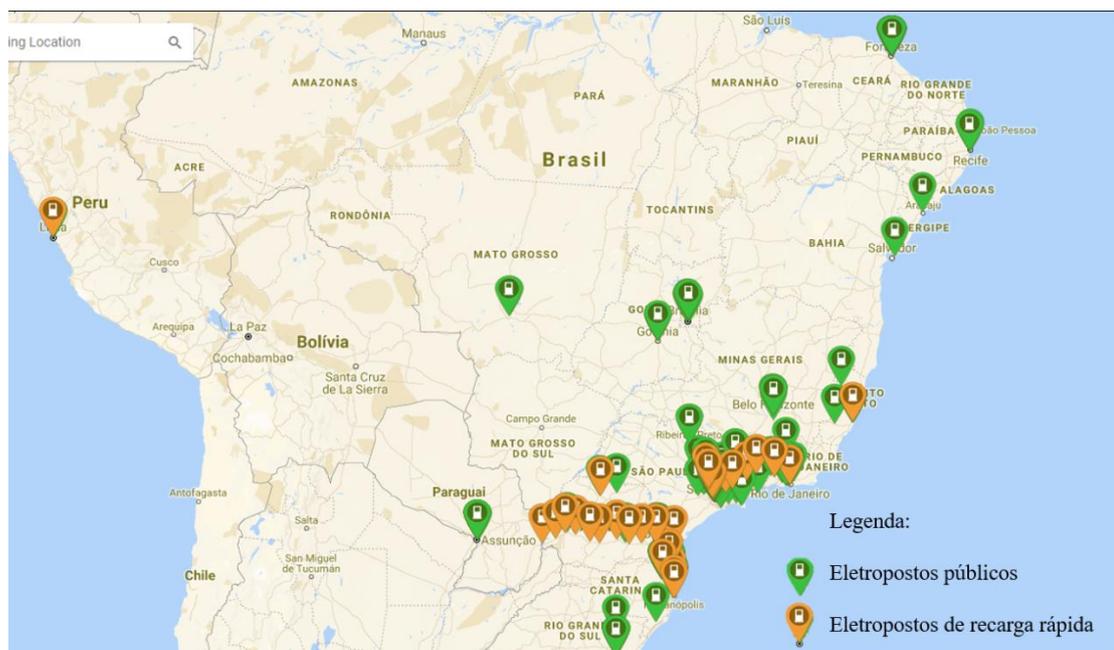
concentrados principalmente no eixo sul e sudeste do país. Esses números são representados graficamente nas Figuras 2.5 e 2.6, respectivamente.

**Figura 2.5:** Evolução do mercado de veículos elétricos por categorias no Brasil (2006-2018).



**Fonte:** elaboração própria.

**Figura 2.6:** Infraestrutura de recarga no Brasil.



**Fonte:** PLUGSHARE (2019).

Estudos anteriores do LEVE<sup>31</sup> (BARASSA, 2015; CONSONI ET AL., 2018) apontam que este comportamento incipiente de mercado alinha-se ao fato de que as ações governamentais brasileiras na direção da eletromobilidade têm sido incluídas e misturadas com as ações de promoção às “tecnologias limpas”<sup>32</sup> ou “sustentáveis”, resultando em um número de ações indiretas, potenciais e sobrepostas ao setor. Deste conjunto, existem ações que se relacionam estreitamente com os VEs, mas são recentes, limitadas e desarticuladas com o conjunto do arcabouço institucional já estabelecido.

Iniciou-se, principalmente a partir de 2010, a implementação de projetos-piloto e demonstrativos com foco na mobilidade elétrica no Brasil. Esses projetos têm sido executados por uma diversidade de atores e com distintas formas de atuação: montadoras tradicionais já instaladas no país e novos entrantes; empresas de componentes; empresas de base tecnológica e *startups*; distribuidores de energia elétrica; fabricantes de infraestrutura de recarga e eletropostos; e, associações de classe de suporte a estas atividades.

Estas iniciativas estão voltadas à experimentação e aquisição de conhecimento acerca das tecnologias vinculadas aos VEs e, também, à busca pela legitimação junto à sociedade, entendendo sua forma de operacionalização, impactos e desafios para a sua implantação.

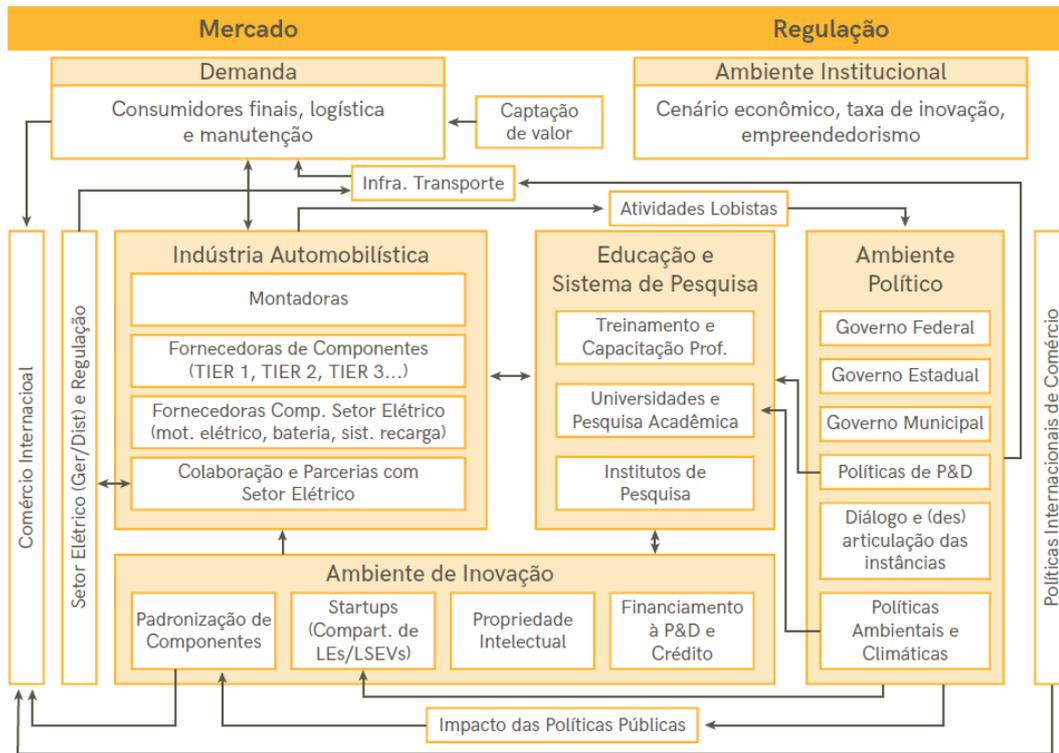
Sendo assim, para caracterizar os atores envolvidos neste setor atuantes no Brasil, a Figura 2.7 ilustra a aplicação, para o caso brasileiro do SPE, da estrutura proposta por Kuhlman e Arnold (2001) para analisar sistemas de inovação para veículos de baixa emissão. O objetivo desta representação é identificar os vários atores envolvidos no processo de inovação do VE e apontar as relações entre eles no Brasil.

---

<sup>31</sup> LEVE-Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico, (grupo que este pesquisador faz parte), vinculado ao Departamento de Política Científica e Tecnológica, do Instituto de Geociências, da Universidade Estadual de Campinas (LEVE/DPCT/IG/Unicamp).

<sup>32</sup> Tecnologias limpas, termo apropriado da versão em inglês *green technologies*, referem-se ao campo das tecnologias cujo uso destina-se a mitigar ou reverter os efeitos da atividade humana e seus impactos sobre o meio ambiente. Exemplos destas aplicações são aquelas direcionadas a mitigar o efeito das emissões dos gases do efeito estufa na atmosfera, como painéis solares fotovoltaicos em prol da geração de energia elétrica renovável.

**Figura 2.7:** Sistemas de inovação do veículo elétrico no Brasil.



**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de Kuhlman e Arnold (2001) e presente em Consoni et. al. (2018).

Em primeiro lugar, quatro esferas formam o cerne deste sistema, são eles: indústria automobilística (montadoras e autopeças), setor elétrico, educação & sistema de pesquisa, e ambiente político, representados por diversas instâncias. As setas que ligam os atores representam dois tipos de interações: articulação e transmissão de conhecimento/informação. Além disso, as setas indicam também os elos que formam as parcerias para o compartilhamento de informações e conhecimentos, tais como, por exemplo, as parcerias entre o setor elétrico e o automobilístico na realização de projetos conjuntos de P&D. Em complementação a essas dinâmicas, há também o papel expressivo das universidades subsidiando a indústria automobilística por meio de estudos e pesquisas especializadas.

Na sequência, caracterizam-se estas esferas, demonstrando suas iniciativas e atividades empreendedoras no país. Para isso, utilizamos amplamente das entrevistas realizadas ao longo da tese, principalmente executadas entre 2016 a 2018, trabalhando com estas informações de forma agregada e preservando o anonimato das organizações entrevistadas, apresentando-as de acordo com o seu ramo de atuação e origem do capital.

### 2.2.1 Montadoras

O sistema industrial gira em torno das montadoras e de sua extensa rede de autopeças e colaboradores. Estas companhias coordenam e governam a cadeia de produção de veículos. Todas as montadoras de automóveis que integram o complexo automobilístico brasileiro nacional são de capital estrangeiro e apresentam transposição de algumas de suas atividades em prol do veículo elétrico no Brasil.

Exemplos de algumas iniciativas empreendedoras de destaque da eletromobilidade que foram mapeadas referem-se, por exemplo, ao Programa de Táxi Piloto no Rio de Janeiro executado por uma montadora japonesa, que começou em 2013, no qual foram emprestados em contrato de comodato cerca de 50 veículos elétricos, com o objetivo final de divulgar a marca e a tecnologia elétrica na cidade do Rio de Janeiro. Esta mesma montadora, também realizou o desenvolvimento em parceria nipo-brasileira do protótipo da tecnologia de *Powertrain* baseada em veículos elétricos a células a combustível a partir da tecnologia SOFC, que permite o uso de etanol como fonte energética para tração veicular.

Uma montadora alemã demonstrou ações em duas frentes de trabalho a partir de 2016, sendo a primeira delas a venda de veículos para pessoas físicas e jurídicas, bem como a realização de parcerias para instalação de infraestrutura de recarga em concessionárias de veículos e estabelecimentos comerciais, com vistas à promoção e propaganda de seus automóveis elétricos. As motivações referem-se ao alinhamento frente à estratégia global da marca voltada à difusão de seus modelos existentes bem como pela expectativa de design e implementação de políticas públicas para o VE no Brasil.

Uma montadora italiana mapeada realiza o desenvolvimento de tecnologias de hibridização de veículos desde 2013, como as tecnologias *micro* e *mild-hybrid*, exemplificadas pelos produtos *belt starter generator* e o sistema *start-stop* (duas patentes estão registradas no Brasil). No Brasil, existe discussão, estudos e desenvolvimento destas tecnologias, porém nenhuma aplicação prática. Nos anos 2000, desenvolveu protótipos de automóveis eletrificados juntamente com a Itaipu, com fins de realização de projetos demonstrativos.

Outra montadora observada de origem de capital francesa tem conduzido projetos em parcerias e pequenas frotas orientadas para um público específico. Tem realizado desde 2017 o empréstimo e a venda de seus modelos elétricos para empresas, para a realização de testes e estudos acerca da tecnologia. Segundo informações coletadas até 2018, a montadora não

demonstrou interesse na comercialização de veículos elétricos para consumidores brasileiros de forma geral.

Outra montadora japonesa realizou testes em 2018 com o primeiro veículo elétrico híbrido a etanol em estágio de protótipo. Trata-se de uma tecnologia desenvolvida em parceria nipo-brasileira. Estima-se sua produção e lançamento de mercado para os fins de 2019, na fábrica de Indaiatuba (SP).

A partir das informações levantadas em entrevistas, foi possível constatar que parte das montadoras consultadas possui preocupação com suas atividades de propaganda e marketing, assim como em realizar parcerias para ações conjuntas, como, por exemplo, realizando estudos com outras empresas. Outras montadoras, por sua vez, apresentam uma estrutura mais orientada ao cliente, com modelos disponíveis à pronta entrega e serviços de manutenção aos veículos em operação; enquanto outras ainda demonstram perspectivas de produção local já demonstrando seus protótipos e projetos.

Os diálogos realizados evidenciam a resistência e a falta de confiança das montadoras ante a comercialização de veículos elétricos no Brasil. Porém, deve-se ponderar o argumento comum a todas as montadoras entrevistadas de que a mobilidade elétrica e a adoção de novas formas e tecnologias de propulsão (hibridização veicular) é uma aposta e um caminho a ser trilhado por todas, e está em plena conformidade com as estratégias globais das marcas observadas. Em outras palavras, no mundo a tecnologia da eletrificação dos veículos tem se mostrado uma realidade mais próxima, mas que ainda não avançou de maneira clara no Brasil.

Não ter escala no país, a ausência de regulamentação/padronização e uma agenda mais direcionada aos elétricos, tem sido, via de regra, argumentos colocados pelos principais atores da cadeia para explicar esta pouca proatividade na inserção de veículos elétricos no Brasil.

### *2.2.2 Autopeças*

Somam-se às montadoras, as empresas de autopeças como fornecedoras de componentes desta cadeia. Diferentemente do quadro das montadoras, aqui destacam-se empresas de origem de capital nacional, no segmento dos blocos de competência com desenvolvimento de acumuladores (baterias, BMS e empacotamento) e de componentes do *powertrain* (motores elétricos).

A atividade da indústria nacional de motores elétricos é desenvolver, produzir e comercializar diferentes tipos de componentes: motores elétricos e seus sistemas de controle (eletrônica de potência/inversores). Encontra-se apta e preparada para fornecer motores e inversores em uma eventual formação de uma cadeia produtiva de automóveis e ônibus elétricos.

A principal empresa de destaque neste segmento conta com mais de 60% de conteúdo local desenvolvido e produzido no país, ofertando tecnologias que se encontram junto ao estado da arte tecnológico, como, por exemplo, os motores de ímãs permanentes.

Esta empresa já fornece motores e inversores para o segmento de pesados, sob encomenda. Esta prática se alinha às lacunas que se apresentam para que o Brasil entre no cenário global da mobilidade elétrica. Neste sentido, a empresa pontuou que estaria de fato pronta para transpor estas lacunas do setor de veículos leves em uma eventual demanda de motores elétricos para aplicação em automóveis.

A indústria de baterias, por sua vez, apresenta ações mais convictas junto ao desenvolvimento de soluções em baterias de chumbo-ácido avançadas para aplicações em sistemas *start-stop* e de partida assistida, localizadas nos estágios iniciais de hibridização, além de realizar também parcerias internacionais para o desenvolvimento de baterias de íons de lítio para VEs a bateria. Ademais, encontra-se trabalhando na produção de baterias de chumbo-ácido para aplicação no setor de pesados, produzidas sob encomenda segundo as especificações do cliente, visto que é o segmento com demanda para este tipo de solução.

A empresa também destacou que tem conversado com possíveis novas montadoras de origem de capital nacional, que visam fornecer automóveis elétricos de baixa velocidade. O ponto chave para compreender a atuação desta empresa de baterias neste segmento da eletromobilidade é o fato de que seu principal produto ofertado – as baterias de chumbo-ácido – se adequam perfeitamente às necessidades das produtoras de pequenos veículos elétricos. O modelo de negócios destas entrantes demanda aplicações de baterias que sejam mais baratas que as tecnologias de lítio-íon e que não exijam autonomia elevada de rodagem, visto que abrangem veículos de uso urbano (curtas distâncias). Neste sentido, visualiza-se esta oportunidade de negócios para a indústria nacional de baterias dialogar com este nicho de mercado que vem se formando no país.

Por fim, notam-se empresas fornecendo soluções de Infraestrutura de Recarga para Veículos Elétricos e Híbridos *Plug-in*. São as responsáveis pela instalação de eletropostos no trajeto Campinas/São Paulo, Rio/São Paulo e em alguns trechos do estado do Paraná (vide gráfico da localização dos eletropostos de carga rápida no Brasil), possibilitando a viagem de

elétricos neste trecho. Ainda que seja possível observar outras empresas de componentes do setor automotivo e que possuem ações junto ao VE em outros países, no Brasil estas ainda se encontram planejando e discutindo seus papéis futuros.

### 2.2.3 Setor elétrico

Apesar da atuação crescente das montadoras, e da consolidação das fornecedoras de autopeças no país, as ações mais robustas e consolidadas no âmbito da mobilidade elétrica no Brasil são das empresas do setor elétrico, que atuam como fornecedoras da energia elétrica, necessária para o abastecimento dos veículos leves.

Seus projetos de mobilidade são destaque no cenário nacional. Exemplo dessas iniciativas refere-se à criação de um laboratório real de estudos para o tema, projeto no qual a empresa do setor elétrico do Estado de São Paulo mantém os investimentos, possibilitando o contato e o acesso a essa tecnologia. Trata-se de um projeto demonstrativo que busca investigar e compreender a tecnologia dos veículos elétricos, suas aplicações e implicações. Sobretudo, busca identificar possibilidades de atuação da empresa nos termos da provisão de energia elétrica e de infraestrutura de recarga.

Deve-se ponderar que estes esforços alocados no desenvolvimento do setor da eletromobilidade encontram justificativa, em grande medida, na obrigatoriedade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento pelo Programa P&D ANEEL (Lei n. 9991/00). Pode-se argumentar que esta política pública, mesmo que indiretamente ligada à mobilidade, tem afetado em grande medida as ações advindas do setor elétrico em prol do VE no Brasil, indicando, no mínimo, a necessidade de maior reflexão sobre o tema (ponto que será explorado em maior profundidade na próxima seção),

Nesta linha, a empresa binacional de energia Brasil-Paraguai, promove outro projeto demonstrativo sólido do Brasil, utilizando-se de recursos financeiros próprios. Tem realizado a montagem de vários modelos de veículos elétricos em suas instalações a partir de parcerias com montadoras. Com o apoio da FINEP, esta empresa está envolvida no desenvolvimento de um ônibus híbrido alimentado por etanol. Apresenta também projetos de aviões elétricos, micro-ônibus, utilitários, etc.

São empresas que apresentam papéis importantes na pesquisa e desenvolvimento de aplicações tecnológicas, soluções e modelos de negócios, *lobby* para a introdução destas

tecnologias no mercado, além de se posicionarem como fortes indutoras das primeiras parcerias com montadoras no país.

Foram mapeadas também empresas de base tecnológica cuja atuação se volta a ramos bem específicos, como, por exemplo, o de protótipos de carros elétricos de alto desempenho; automóveis elétricos de baixa velocidade e curto alcance de rodagem; bem como soluções pontuais em sistemas e componentes de veículos elétricos (como, por exemplo, o desenvolvimento de sistemas de gestão para baterias – em inglês, *battery management system*, BMS).

Apesar da participação destas empresas não ser tão expressiva, a comparar com a pujança das montadoras tradicionais, deve-se ponderar a possibilidade destas de se integrarem na cadeia de fornecimento de seus produtos e soluções para os próprios automóveis elétricos de nicho.

Mesmo assim, é importante considerar que como se tratam de empresas criadas recentemente, a partir dos anos 2010, e por apresentarem estrutura e capital financeiro reduzido, há certa inviabilização para a execução de elevados investimentos. De acordo com os dados levantados em entrevistas, todas estas empresas recorreram a algum apoio financeiro externo para conseguir se estabelecer neste mercado.

### **2.3 Arcabouço institucional**

A participação do Estado, seja nos níveis federal, estadual e municipal, apresenta-se por meio das políticas fiscais, de mudanças climáticas, de suporte à P&D, de articulação de atores, suporte industrial e de regulação deste sistema. Isto ocorre por meio de suas agências, que legislam sobre especificações de segurança e controle de emissões de veículos. Conjuntamente, cabe ao Estado prover, regular e fiscalizar a infraestrutura de rodagem destes veículos.

Outro aspecto importante sobre esta parte institucional do sistema de inovação abrange o ambiente de inovação. O sistema de propriedade industrial, representado pelo INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), desempenha papel fundamental no desenvolvimento da inovação no país, visto que esta instituição é responsável por gerir a petição, o licenciamento, a concessão e demais nuances que envolvem o processamento das patentes depositadas no Brasil, inclusive no que diz respeito ao veículo elétrico e seus componentes.

Por outro lado, encontra-se o capital de risco, subsidiado pela FINEP e pelo BNDES, principalmente. Considerando que os veículos elétricos representam uma tecnologia permeada de incertezas e que necessitam de elevados investimentos, constatou-se que estas fontes de recursos se tornaram estratégicas e de suma importância para algumas empresas. Ainda sobre o ambiente inovativo, sublinha-se o papel de agências reguladoras, como, por exemplo, ANEEL, INMETRO, ABNT, PROCONVE, entre outras, em definir a regulação deste setor, especificar os padrões tecnológicos e definir os rumos e trajetórias que as tecnologias podem seguir.

Há que se ponderar o papel das associações de classe, entre as quais se destacam a ABVE, ANFAVEA, ABRAVEI e SINDIPEÇAS. A ABVE é uma associação civil de direito privado sem fins econômicos que atua com as empresas pertencentes à indústria automobilística com o objetivo de promover o debate, popularizar e difundir o tema do VE, bem como auxiliar na tomada de decisão sobre medidas regulatórias e articulação de atores, sejam eles oriundos do setor público ou do setor privado (ABVE, 2016).

Já a ANFAVEA é a entidade que reúne as empresas fabricantes de automóveis e máquinas agrícolas com plantas produtivas e instalações no Brasil, e vem se destacando na promoção da eletromobilidade com ações que denotam um maior envolvimento no âmbito das decisões políticas, tais como sua atuação junto à Câmara Municipal de São Paulo, para a renovação da frota de ônibus e, na esfera federal, nos debates acerca da política para o setor automotivo, o Rota 2030 (ANFAVEA, 2016).

Por fim, a ABRAVEI (Associação Brasileira dos Veículos Elétricos Inovadores) é uma associação composta por proprietários de veículos elétricos, e tem como objetivo representar os interesses dos associados nas questões que envolvam seus veículos elétricos perante o fabricante e/ou as concessionárias da marca em todo território nacional. Tem apresentado papel relevante na divulgação das tecnologias dos VEs bem como do ponto de vista de *feedback* e retroalimentação de informações para as montadoras e empresas de componentes, a partir da experiência dos primeiros usuários de VEs no Brasil.

De forma geral, no Brasil, nota-se que as medidas governamentais brasileiras que têm promovido a eletromobilidade estão incluídas e misturadas com as ações de promoção às tecnologias verdes, resultando em um conjunto de instrumentos de política (normas, portarias, decretos, programas políticos) caracterizados no Quadro 2.1 e desempenhados por diferentes organizações e instituições públicas (CONSONI ET AL., 2018). No entanto, tal relação ocorre indiretamente para a maioria destes instrumentos e, de certa forma, desarticulados com as outras políticas já estabelecidas (por exemplo, a política de mudanças climáticas).

No âmbito das ações brasileiras, verifica-se dois eixos de ações. Um que se mostra mais geral, correlacionado à temática, mas que não indica os VEs como objeto de estímulo ou regulação. O segundo grande grupo de ações é composto por ações específicas aos VEs, formuladas exclusivamente visando o estímulo ou a regulação dos VEs, ou de elementos que envolvam a eletromobilidade.

A partir das informações descritas no Quadro 2.1, pode-se dizer que o que ocorre no Brasil, acerca do tema da mobilidade elétrica, não é a ausência de políticas públicas, mas sim uma falta de direcionamento das políticas existentes. Os objetivos identificados nas políticas públicas estão voltados a outras questões, que até podem impulsionar o segmento dos VEs, embora não se destinem diretamente a este objetivo. Exemplo disso são os objetivos traçados para promover a eficiência energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa do motor a combustão, que podem ser tomados como forças propulsoras ao desenvolvimento e à difusão dos veículos eletrificados<sup>33</sup>.

**Quadro 2.1:** Conjunto de instrumentos de política relacionados aos VEs.

AÇÕES INDIRETAS PARA A PROMOÇÃO DOS VES		
Instituição/agência	Propósitos	Detalhamento e resultados
Programa de Controle da Poluição do Ar para Veículos Automotores (PROCONVE) (1986-)	Estabelece prazos, limites máximos de emissões e determina padrões tecnológicos mínimos para veículos automotores, nacionais e importados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define os primeiros limites de emissões para veículos, com isso, promove a melhora da qualidade do ar nas grandes cidades.</li> <li>• Força a readequação e a introdução de novas tecnologias (fabricantes de veículos e de autopeças).</li> </ul>
Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) (2008-)	Oficializa o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelece metas para a redução de emissões de gases de efeito estufa;</li> <li>• Proporciona visão de conjunto aos atores do Sistema Nacional de Inovação e Produção;</li> <li>• Serve de base para desenvolver e implementar outras políticas públicas que visam o desenvolvimento tecnológico, eficiência energética, proteção do meio ambiente e desenvolvimento de novos setores econômicos ligados à economia de baixo carbono.</li> </ul>

<sup>33</sup> Ver, a esse respeito, a pesquisa sobre governança e políticas públicas para fomento da mobilidade elétrica, elaborada pela equipe do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico sob demanda da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, em parceria com o MDIC (Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços). Disponível em: <<http://www.promobe.com.br/library/estudo-de-governanca-e-politicas-publicas-para-veiculos-eletricos/>>.

Quadro 2.1 – continuação...

AÇÕES INDIRETAS PARA A PROMOÇÃO DOS VES		
Instituição/agência	Propósitos	Detalhamento e resultados
Programa de Etiquetagem Veicular (2008-)	Fornece informações sintetizadas ao consumidor, visando informá-lo e conscientizá-lo em relação ao desempenho dos produtos no que tange à eficiência energética e à contribuição ao meio ambiente, com a economia de combustível.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilita a comparação de produtos (veículos);</li> <li>• Amplia a conscientização do consumidor;</li> <li>• Estimula a homogeneização dos padrões técnicos dos veículos em relação à eficiência energética e ao consumo de combustíveis.</li> </ul>
Inovar Auto (2013-2017)	Apoiou a inovação no setor automobilístico, visando ampliar a segurança, a proteção ao meio ambiente, a eficiência energética e a qualidade dos veículos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoveu a eficiência energética nos motores produzidos no Brasil;</li> <li>• Promoveu a redução das emissões dos novos modelos de veículos no Brasil;</li> <li>• Possibilitou investimentos em novas estruturas de P&amp;D;</li> <li>• Estimulou investimentos na ampliação e/ou readequação da capacidade produtiva (novas fábricas e/ou linhas de montagem).</li> </ul>
AÇÕES DIRETAS PARA A PROMOÇÃO DOS VES		
Instituição/agência	Propósitos	Detalhamento e resultados
Programa BNDES Fundo Clima (2011-)	Disponibiliza recursos financeiros para apoiar projetos, estudos e empreendimentos que visem a mitigação da mudança do clima e a adaptação à mudança do clima e dos seus efeitos (modalidade reembolsável).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilita o financiamento de diversas atividades ligadas à temática das mudanças climáticas e seus efeitos, assim, apresenta possibilidade de financiamento a atividades relacionadas aos VEs no Brasil;</li> <li>• Fornece crédito para a implementação da produção em território nacional (compra de equipamentos e de componentes dos VEs);</li> <li>• Destinada principalmente aos VEs pesados (ônibus).</li> </ul>
Aportes a eventos científicos e técnicos (2005-2011)	Financiou parcialmente a realização de eventos científicos e técnicos sobre os VEs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuiu com a ampliação do conhecimento do setor e sobre o setor;</li> <li>• Criou um ambiente propício ao estabelecimento de relações entre os atores do Sistema Nacional de Inovação.</li> </ul>
FUNTEC (2006-2018)	Estabelece o segmento dos VEs como uma das áreas tecnológicas de interesse do Fundo, com isso, torna as atividades relacionadas aos VEs elegíveis aos recursos não reembolsáveis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financiamento de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&amp;D) relacionados aos VEs (ex., apoio fornecido ao Projeto da montadora nacional de veículo elétrico de alto desempenho, em parceria com o CPqD).</li> </ul>

Quadro 2.1 – continuação...

AÇÕES DIRETAS PARA A PROMOÇÃO DOS VES		
Instituição/agência	Propósitos	Detalhamento e resultados
Programa BNDES de Sustentação do Investimento (2011-2015)	Disponibilizou crédito para atividade econômica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>No período foi encontrado um projeto relacionado ao desenvolvimento de tecnologia de motores elétricos pela indústria nacional de motores.</li> </ul>
Inova Energia (2013-)	Programa de fomento à inovação e ao aprimoramento da integração dos instrumentos de apoio disponibilizados pela FINEP, BNDES e ANEEL.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliação da coordenação das ações de fomento entre as instituições públicas;</li> <li>Possibilita o direcionamento do desenvolvimento tecnológico uma vez que os aportes são feitos a partir das linhas temáticas estabelecidas pelo edital;</li> <li>Aumenta a disponibilidade de recursos à atividade de P&amp;D;</li> <li>Possibilita a criação de consórcios, parcerias e cooperações entre empresas e entre empresas e instituições de pesquisa.</li> </ul>
Projeto de pesquisa CNPq (2003-)	Financiamento de projetos de pesquisa, como foco nas universidades e nos institutos de pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amplia o conhecimento sobre o setor e suas tecnologias;</li> <li>Possibilita a criação de mão-de-obra qualificada.</li> </ul>
Projeto de pesquisa FINEP (2010-)	Financiamento de projetos de pesquisa, nas modalidades reembolsáveis e não reembolsáveis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promove o desenvolvimento de tecnologias atreladas aos VEs por meio do financiamento dos projetos de pesquisa;</li> <li>Possibilita o fortalecimento de centros de pesquisa;</li> <li>Financia a criação de redes de pesquisa (Sibratec).</li> </ul>
Programa de P&D da ANEEL (2000-)	Obriga as concessionárias de energia a realizar investimentos em P&D, sendo um estímulo à inovação no setor elétrico nacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criação de novos equipamentos e aprimoramento da prestação de serviços que contribuam para a segurança, fornecimento, impacto ambiental e a dependência tecnológica;</li> <li>Criação de diversos projetos de pesquisa com a cooperação de várias empresas e instituições de ensino e pesquisa.</li> </ul>
Resoluções da CAMEX (2015 e 2016)	Estabeleceram os impostos de importação aos veículos elétricos e híbridos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diminuíram relativamente os preços dos VEs no mercado nacional;</li> <li>Estabeleceram taxas específicas para os VEs.</li> </ul>
Bens de Capital Eficiente – BNDES (2016-)	Linha de financiamento de máquinas e equipamentos que promovam a eficiência energética ou que tenham menor consumo energético relativo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Linha de crédito que possibilita a aquisição de ônibus elétrico/híbrido e outros veículos de tração elétrica com condições especiais (taxa de juros e tempo).</li> </ul>

Quadro 2.1 – continuação...

AÇÕES DIRETAS PARA A PROMOÇÃO DOS VES		
Instituição/agência	Propósitos	Detalhamento e resultados
Projeto de <i>Car Sharing</i> (2015-)	Editais/chamadas públicas para regimentar projetos e empresas interessadas em implementar o serviço de transporte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduz os VEs no cotidiano das cidades;</li> <li>• Inaugura um novo nicho de negócios;</li> <li>• Amplia a oferta de mobilidade pelo espaço urbano.</li> </ul>
Consulta pública da ANEEL (2016)	Processo democrático para construção conjunta de políticas públicas entre governo e sociedade. Neste caso, a chamada versava sobre procedimentos para melhorar o atendimento ao consumidor e estabelecer o serviço de recarga a VEs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecimento de consensos;</li> <li>• Identificação de problemas e barreiras;</li> <li>• Destaque ao segmento da mobilidade elétrica no plano nacional.</li> </ul>
Homologação do VEs pela ABNT	Defini os termos relacionados aos VEs, tais como: sistemas de propulsão elétrica, baterias lítio-íon, <i>plug-ins</i> , tomadas para veículos elétricos e sistemas de recarga condutiva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padronização e harmonização de normas internacionais;</li> <li>• Previsibilidade e estímulo à produção e à utilização de veículos elétricos e híbridos no Brasil.</li> </ul>
Regulação ANEEL (2018)	Regulação para o fornecimento do serviço de recarga de energia elétrica para veículos elétricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornece uma regulação específica para o sistema de recarga passando a dar previsibilidade aos interessados em ofertar este serviço;</li> <li>• Visa alavancar a quantidade de pontos de recarga disponíveis no Brasil.</li> </ul>
DECRETO n. 9.442, equiparação do IPI dos veículos elétricos e híbridos a modelos convencionais (2018)	O Decreto alterou as alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) incidente sobre veículos equipados com motores híbridos e elétricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O novo IPI para elétricos e híbridos passou a ficar entre 7% e 20%, dependendo do tipo de veículo e eficiência energética. Anteriormente, as alíquotas variavam entre 25% (elétricos puros) e 13% (híbridos).</li> <li>• Diminuiu os preços dos veículos elétricos para a compra;</li> <li>• Equiparou as tribulações com os veículos tradicionais, ponderando a questão da eficiência energética.</li> </ul>

Quadro 2.1 – continuação...

AÇÕES DIRETAS PARA A PROMOÇÃO DOS VES		
Instituição/agência	Propósitos	• Detalhamento e resultados
Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018- Rota 2030 - Mobilidade e Logística (2018- 2033).	Estabelece os requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no país, institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística, e dispõe sobre o regime tributário de autopeças não produzidas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Articulação dos atores (empresas, governo e sociedade civil);</li> <li>• Prevê as metas de eficiência energética para o setor;</li> <li>• Promoção das novas tecnologias de propulsão veicular;</li> <li>• Fomento a inserção nacional nas cadeias globais de valor</li> <li>• Disserta sobre o regime de autopeças não produzidas no país.</li> <li>• Regras para a importação de componentes não produzidos no Brasil;</li> <li>• Foco na “ambidestria”: capacidade de desenvolver as tecnologias e competências nacionais baseadas nos biocombustíveis como também em explorar as novas tecnologias de propulsão eletrificadas e a células a combustível;</li> <li>• Sinalização clara da direção do país em prol da adoção de uma mobilidade de baixo carbono nos próximos anos.</li> </ul>
Programa de P&D da ANEEL- Lançamento da chamada estratégica No 022/2018 “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica eficiente”, pela ANEEL.	Direcionar esforços e recursos em projetos específicos da eletromobilidade no Brasil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foco nos modelos de negócio, equipamentos, tecnologias, serviços, sistemas ou infraestruturas para suporte ao desenvolvimento ou à operação dos veículos elétricos ou híbridos plug-in.</li> <li>• Os equipamentos, tecnologias, sistemas e infraestrutura produzidos deverão atingir os estágios finais da cadeia de inovação, tais como: cabeça de série, lote pioneiro e inserção no mercado.</li> </ul>
Frente Parlamentar Mista em defesa da eletromobilidade no Brasil	Elaboração e proposição de projetos de lei para a eletromobilidade no Brasil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aglutinação de membros do legislativo (deputados federais), empresas, universidades e sociedade civil.</li> <li>• Discussão de projetos de lei que buscam viabilizar e fomentar a produção local de veículos elétricos e adensar o seu mercado.</li> </ul>

Fonte: elaboração própria a partir de Consoni et al. (2018).

Dentre estas iniciativas e instrumentos apresentados, é dada ênfase a alguns deles, encaminhados predominantemente a partir de 2010s, que sugerem mudanças neste quadro de

desarticulação, pois apresentam uma sinalização mais clara quanto a **implementação de políticas e instrumentos específicos** para a mobilidade elétrica no Brasil. Destacam-se as seguintes medidas:

(i) *Resolução nº 97, de 26 de outubro de 2015, da CAMEX*<sup>34</sup>:

Essa resolução zerou a alíquota do imposto de importação para automóveis com motor elétrico de propulsão, movidos com energia proveniente de acumuladores ou de células a combustível, com autonomia de, no mínimo, 80 km. No caso dos híbridos, inclusive *plug-in*, reduziu a mesma alíquota de 35% para entre 2% e 7%, dependendo da cilindrada e da eficiência energética<sup>35</sup>.

(ii) *Resolução Normativa nº 819, de 19 de junho de 2018, da Aneel, referente ao fornecimento de energia elétrica para VEs:*

O resultado da audiência pública da Aneel nº 29, de 2017, divulgado em 19 de junho de 2018, trouxe subsídios para a regulamentação básica do fornecimento de energia elétrica para VEs. Na Resolução Normativa nº 819/2018, tem-se a primeira regulamentação sobre a recarga de VEs por interessados na prestação desse serviço. Nela, prevaleceu o entendimento de que o serviço de recarga é uma atividade competitiva, dissociada e distinta da atividade que é a comercialização, o fornecimento ou a distribuição de energia elétrica, não fazendo sentido definir tarifas para esse serviço, mesmo quando este é prestado pela concessionária de distribuição (SCR/SRD, 2018).

(iii) *Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística, via Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018:*

Esse programa faz parte da implementação da nova política industrial do setor automotivo, tendo por diretriz a orientação do setor automotivo brasileiro no horizonte 2020/2030 em relação à tríplice: a) aumento da eficiência energética dos veículos, b) organização das atividades de pesquisa e desenvolvimento e c) regulação do regime de peças

---

<sup>34</sup>A Câmara de Comércio Exterior (CAMEX), da Presidência da República, tem por objetivo a formulação, a adoção, a implementação e a coordenação de políticas e atividades relativas ao comércio exterior de bens e serviços, incluído o turismo, com vistas a promover o comércio exterior, os investimentos e a competitividade internacional do país (CAMEX, 2018).

<sup>35</sup>A resolução CAMEX nº 27, de 24 de março de 2016, zerou essa mesma alíquota para automóveis de transporte de mercadorias com motor elétrico de propulsão, com energia proveniente de acumuladores ou de células de combustível, com autonomia de, no mínimo, 80 km.

não produzidas localmente. A figura na sequência apresenta estes eixos e seus objetivos, se é obrigatória ou arbitrária a adesão e o órgão responsável por fiscalizar.

**Figura 2.8:** Pilares, objetivos e benefícios do Programa Rota 2030.



**Fonte:** elaboração própria a partir de ME (2019).

No seu primeiro eixo, o programa prevê as metas de eficiência energética e segurança veicular cujo alcance é compulsório para todos aqueles que se habilitarem ao programa. Tais metas foram discutidas pelo MDIC e desenhadas em colaboração com a AEA, no biênio 2017 e 2018, e referem-se: à meta obrigatória de incremento de 11% na eficiência energética dos veículos até 2022 e incorporação de tecnologias assistivas à direção, até 2027. Com isso, aqueles que comprovarem o alcance destes requisitos, terão isenção de até 2% de Imposto

sobre Produtos Industrializados (IPI), no caso dos critérios de eficiência energética; e isenção de 1% do IPI para as tecnologias assistivas<sup>36</sup>.

Já a pesquisa e desenvolvimento, segundo pilar, é de caráter voluntário do programa, isto é, as empresas que se habilitarem ao Rota 2030 podem optar ou não por desempenharem este tipo de atividade no país e, conseqüentemente, pleitear seu benefício fiscal. Neste caso, consiste na dedução de até 30% do IRPJ (Imposto de Renda de Pessoa Jurídica) e CCLS (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido) referentes aos valores dos dispêndios realizados no país em atividade de pesquisa e desenvolvimento que versem sobre biocombustíveis e novos sistemas de propulsão; novos componentes e autopeças.

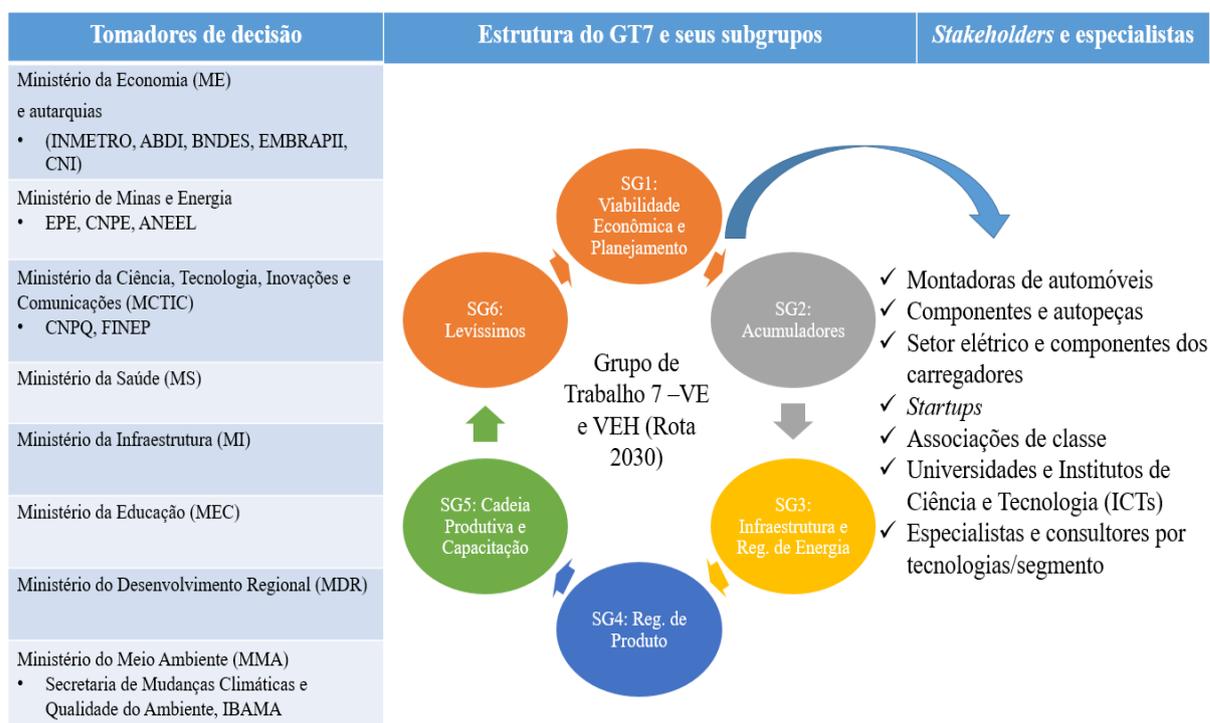
Por fim, a terceira frente do programa, também de caráter voluntário, liga-se ao regime de autopeças não produzidas no país. No programa, prevê-se uma renúncia fiscal governamental da alíquota de 2% incidentes sobre o imposto de importação das autopeças não produzidas no país. Em contrapartida à isenção do Imposto de Importação, as empresas habilitadas no programa deverão realizar dispêndios no País em P&D e inovação nos chamados programas prioritários de apoio ao desenvolvimento industrial e tecnológico para a indústria automotiva brasileira. Estes programas são definidos por um conselho Gestor específico composto por representantes do Governo Federal, indústria automotiva, comunidade científica e representantes dos trabalhadores. Criado por meio da Portaria MECON nº 86, de 12 de março de 2019, é responsável por propor as diretrizes para a utilização dos recursos, aprovar a classificação de projetos e programas de apoio ao desenvolvimento industrial e tecnológico para o setor automotivo e avaliar os resultados de programas e projetos desenvolvidos.

(iv) *Grupo de Trabalho 7- Rota 2030 (2017 – 2018)*

Conforme relatado no capítulo 1, no âmbito das discussões do desenho das políticas do Rota 2030, foi criado um grupo de trabalho para discutir a mobilidade elétrica, chamado de GT7 – Veículos Elétricos e Híbridos. Foi dividido em subgrupos específicos, cada qual adereçado a uma temática e dimensão da eletromobilidade, apresentado pela Figura 2.9 e seguido por seu detalhamento de conteúdo pelo quadro na sequência.

---

<sup>36</sup> Referem-se às tecnologias de auxílio à direção, como as funções de estacionamento automático de veículos, sensores gerais como câmeras e dispositivos de proteção contra colisões.

**Figura 2.9:** Subgrupos do Grupo de Trabalho 7 do programa Rota 2030.

**Fonte:** elaboração própria.

**Quadro 2.2:** Tópicos cobertos pelos subgrupos do GT7 e sua pertinência para o *Roadmap*.

SUBGRUPO DO GT7	TÓPICOS COBERTOS PELO SUBGRUPO	EXEMPLOS DAS PRINCIPAIS DISCUSSÕES
SG1: Viabilidade Econômica e Planejamento	Financiamento; Tributação; Incentivos (aquisição, propriedade, circulação, P&D, nacionalização); Renovação de frota; Incentivos à exportação; Leves; Compras governamentais; Acordos internacionais (regras de origem, percentual de cota, diminuição de conteúdo importado/local).	- Projeções de mercado no horizonte 20/30 e perspectivas de adensamento da indústria de VEs no Brasil; - Compras públicas para indução da inovação.
SG2: Acumuladores	Novas tecnologias/rotas tecnológicas; Reciclagem; Plano de desenvolvimento industrial; Programa ABDI/MDIC – Cadeia produtiva do Lítio; P&D para baterias; Recursos minerais.	- Tendências em baterias no Brasil; - Competências tecnológicas existentes; - Gargalos para o avanço do conhecimento local.

Quadro 2.2 – continuação...

SUBGRUPO DO GT7	TÓPICOS COBERTOS PELO SUBGRUPO	EXEMPLOS DAS PRINCIPAIS DISCUSSÕES
SG3: Infraestrutura e Regulamentação de Energia	Incentivos à infraestrutura; Planejamento de locais de postos de recarga; Cenários (previsão); Padronização; Interoperabilidade; Regulamentação da energia (regulações ANEEL, legislação, etc.).	- Projeções para a infraestrutura pública de recarga no país; - Impacto da regulamentação; - Perspectivas de produção local.
SG4: Regulamentação de Produto	Definições e conceitos das tecnologias limpas, e autopeças; Medições da eficiência energética, performance, destas novas; Segurança veicular (resgate e manutenção); Certificação/Homologação.	- Normas técnicas dos VEs; - Metas de eficiência energética para o setor; - Requisitos para certificação e homologação de produtos do SPE.
SG5: Cadeia Produtiva e Capacitação	Desafios para consolidação da cadeia produtiva, e das capacidades já instaladas no Brasil; Transição de modelos de negócio; Planos de capacitação para toda a cadeia e rede de serviços; P&D e Inovação; Formação profissional (universidades, centros de formação profissional, SENAI, etc.); Logística reversa.	- Componentes-chave do SPE; - Competências manufatureiras e da cadeia produtiva instalada localmente; - Estimativas de crescimento da indústria; - Coevolução entre setor automotivo e mobilidade elétrica; - Requerimentos de P&D e capacitação de recursos humanos.
SG6: Levíssimos	Veículos elétricos de baixa velocidade (Scooters, quadriciclos).	- Impacto dos Levíssimos no cenário nacional.

**Fonte:** elaboração própria.

(v) *Decreto nº 9.442, de 5 de julho de 2018:*

Por meio deste decreto, alteraram-se as alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) incidente sobre veículos equipados com motores híbridos e elétricos. Com esta medida, a alíquota passará de 25% para uma faixa que vai de 7% (para o caso do veículo zero emissão) a 20% para o caso dos híbridos, em que quanto mais eficiente for o veículo, menor o percentual.

(vi) *Criação da Frente Parlamentar Mista para a eletromobilidade e debate acerca de 21 projetos de lei sobre mobilidade elétrica no Brasil (2018):*

Tem-se a formação em 2018 de uma frente parlamentar mista no país, que congrega parlamentares e também especialistas de outras esferas para discutir este tema no âmbito legislativo. O objetivo desta iniciativa é apresentar propostas para alavancar o mercado dos VEs no país bem como desenvolver a infraestrutura necessária.

Somam-se a esta frente 22 projetos de lei que tramitam na Câmara dos Deputados sobre mobilidade elétrica, propondo novas medidas de incentivos.

**Quadro 2.3:** Projetos de lei sobre mobilidade elétrica.

PROPOSIÇÕES	EMENTA	APRESENTAÇÃO
3435/ 2019	Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de ponto de recarga para carros elétricos e híbridos em estacionamentos cobertos com mais de 200 vagas.	11/06/2019
3197/ 2019	Institui a obrigatoriedade de instalação de pontos de recarga para veículos elétricos em vias públicas e em ambientes residenciais e comerciais.	29/05/2019
3053/ 2019	Dispõe sobre o compartilhamento de veículo e equipamento individual autopropelido, destinado a micromobilidade.	22/05/2019
1967/ 2019	Concede isenção do (IPI), do (PIS/PASEP) e (COFINS), para importação e comercialização no mercado interno de veículos equipados unicamente com	02/04/2019
1964/ 2019	Dispõe sobre incentivos à expansão do uso de energia elétrica para propulsão de veículos automotores.	02/04/2019
1618 /2019	Dispõe sobre a obrigatoriedade de pontos de recarga de veículos elétricos em novas edificações residenciais.	20/03/2019
874/ 2019	Dispõe sobre medidas para promover o aumento do número de pontos públicos de carregamento de veículos elétricos.	19/02/2019
9616/ 2018	Concede incentivos fiscais para a produção e comercialização de veículos movidos exclusiva ou parcialmente por motor elétrico.	21/02/2018
9393/ 2017	Isenta do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI os veículos automóveis com propulsão por motor elétrico.	19/12/2017
7785/ 2017	Institui incentivo fiscal para a industrialização e comercialização de veículos híbridos e movidos a energia elétrica.	06/06/2017
7582 /2017	Dispõe sobre a comercialização e a circulação, no território nacional, de automóveis de passageiros, de produção nacional ou estrangeira, equipados com motores a combustão e equipados com motores elétricos.	09/05/2017

Quadro 2.3 – continuação...

PROPOSIÇÕES	EMENTA	APRESENTAÇÃO
6954/ 2017	Dispõe sobre incentivos fiscais para incentivar a utilização de veículos movidos a energia elétrica ou híbridos.	20/02/2017
4106/ 2015	Institui incentivos à utilização de combustíveis renováveis e motores de alta eficiência para garantir um meio ambiente mais saudável.	16/12/2015
3412/ 2015	Dispõe sobre incentivos fiscais para produção de veículos elétricos ou híbridos e para instalação de pontos de abastecimento de energia.	27/10/2015
2145/ 2015	Estabelece incentivos à produção de energia a partir de fontes alternativas renováveis e biocombustíveis e aos veículos automóveis elétricos e híbridos.	30/06/2015
1410/ 2015	Dispõe sobre incentivos fiscais para produção e comercialização de veículos elétricos ou híbridos.	06/05/2015
902/ 2015	Estende a isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) em benefício de motoristas profissionais autônomos, cooperativas e pessoas com deficiência, à aquisição de veículos de propulsão elétrica e híbridos.	25/03/2015
156/ 2015	Dispõe sobre a isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e do Imposto sobre Importação (II), incidentes sobre a comercialização de máquinas, equipamentos, estruturas e outros componentes necessários à fabricação de carros elétricos.	03/02/2015
7342/ 2014	Dispõe sobre a regulamentação das bicicletas elétricas, em todo território Nacional.	02/04/2014
7167/ 2014	Extingue as alíquotas do IPI incidente sobre veículos movidos a eletricidade.	20/02/2014
4751/ 2012	Institui a obrigatoriedade de instalação de pontos de recarga para veículos elétricos em vias públicas e em ambientes residenciais e comerciais.	22/11/2012
4086/ 2012	Institui incentivo fiscal à produção e comercialização de veículos automóveis movidos a eletricidade ou híbridos.	19/06/2012

**Fonte:** elaboração própria a partir de Câmara (2019).

Essas iniciativas demonstram o engajamento de parte dos parlamentares quanto a esta causa e, dado o poder que eles têm de formulação de políticas públicas e articulação dos atores, podem mobilizar estímulos para a difusão destes veículos e contribuir para uma melhor governança deste segmento. As principais propostas apresentadas dissertam sobre medidas de promoção ao consumo, como incentivos monetários e isenção fiscal aos elétricos e híbridos. Ainda, notam-se propostas para a propagação da rede de eletropostos em áreas públicas (PL 3197/2019) e também privadas, como o seu estabelecimento em edifícios em

condomínios (PL1618/2019). Há também propostas na linha de apoio à produção de veículos elétricos no Brasil, como a PL 3412/2015 que visa incentivos fiscais para empresas que desejam realizar a produção local dos VEs. Em menor medida, algumas propostas que dissertam sobre outras categorias de mobilidade, como os levíssimos por exemplo.

Caberá a esta iniciativa a decisão da continuidade de seus trabalhos para o ciclo de mandato dos parlamentares para 2019-2022.

*(vii) Lançamento da chamada estratégica Nº 022/2018 “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica eficiente”, pela ANEEL (2019):*

Em abril de 2019, a ANEEL divulgou por meio de seu portal o lançamento desta chamada estratégica<sup>37</sup> no âmbito do seu programa de P&D ANEEL. Os projetos a serem apresentados pelas geradoras, transmissoras e distribuidores de energia elétrica deverão apresentar soluções para a mobilidade elétrica por meio de modelos de negócios, equipamentos, tecnologias, serviços, sistemas ou infraestruturas para suporte ao desenvolvimento ou à operação dos veículos elétricos ou híbridos *plug-in* e a células a combustível.

A prerrogativa é de que os equipamentos, tecnologias, sistemas e infraestrutura produzidos deverão atingir os estágios finais da cadeia de inovação, tais como: cabeça de série, lote pioneiro e inserção no mercado.

Visa-se como principais resultados do(s) projeto(s) desenvolver modelos de negócio que contribuam de maneira significativa para a criação de massa crítica e base tecnológica para o desenvolvimento de produtos e serviços nacionais na área de Mobilidade Elétrica Eficiente, melhorando a competitividade e aproveitando melhor o potencial científico, tecnológico e econômico do País.

Deve contribuir, ainda, para demonstrar a viabilidade técnico-econômica destas soluções em território nacional, a diversificação da matriz energética brasileira, a formação de parcerias e alianças estratégicas na área de Mobilidade Elétrica e para o desenvolvimento de negócios sustentáveis e de grande relevância para o País.

Ainda, espera-se como transbordamentos desses projetos, que eles possam fornecer subsídios importantes para o aprimoramento ou a formulação de atos normativos que assegurem a sustentação da mobilidade elétrica no Brasil.

---

<sup>37</sup> Referem-se às chamadas estratégicas aquelas que possuem uma abordagem e tema específico de escopo.

Pode-se argumentar, a partir dos relatos obtidos, de que será o maior volume de recursos já direcionados a eletromobilidade no Brasil; ao total, espera-se que todo o esforço da P&D contemple um montante de aproximadamente meio bilhão de reais.

A ANEEL já figura-se como a principal instituição fomentadora de projetos em pesquisa e desenvolvimento em eletromobilidade do ponto de vista de esforços advindos de esferas públicas ou organizados por elas no Brasil nos últimos anos. Isto é comprovado ao observar a relação de projetos descritos na sequência em que houve participação de uma agência de fomento/banco/instituição de suporte à pesquisa no Brasil com este tema da eletrificação. A Figura 2.10, por seu turno, demonstra que esta relação de projetos ANEEL já realizados<sup>38</sup> representa uma participação de 65% dos aportes realizados.

**Quadro 2.4:** Projetos relacionados a eletromobilidade no Brasil apoiado por instituições públicas de fomento.

INSTITUIÇÃO	PROGRAMAS E MEDIDAS	RECURSOS (R\$)
FINEP	Programa Brasileiro de Sistemas de Célula a Combustível (2002). Projeto de desenvolvimento de um Ônibus Híbrido com Baterias e a células a Combustível.	1.105.250
	Chamada do Sibratec (2011-2015). Formação de uma rede temática de pesquisa de tópicos relacionados ao veículo elétrico. Foram 15 as ICTs participantes da rede..	9.400.000
	Financiamento no âmbito do Fundo Setorial CT-Energia (2010-2012) foi encontrado quatro projetos envolvendo o desenvolvimento tecnológico ligado diretamente aos VEs, estes são: (1) sistema de gerenciamento térmico para baterias de VEs; (2) desenvolvimento de acionamento elétrico para VEs; (3) sistemas de propulsão elétrica para veículos aéreos; e (4) o projeto na linha de baterias de chumbo ácido avançado para VEs.	12.789.235
	Financiamento no âmbito do Fundo Setorial CT-Energia na sub linha ENCOMENDA TRANSVERSAL PROJETOS DE PESQUISA (2011-2016). Concedido a empresa do setor elétrico binacional para o desenvolvimento de uma nova bateria à base de sódio, em conjunto com empresa suíça de P&D e pesquisadores da Universidade de Berna (Suíça).	20.000.000
	Financiamento no âmbito do Fundo Setorial CT-Energia na sub linha ENCOMENDA TRANSVERSAL PROJETOS DE PESQUISA (2013-2016). Concedido a empresa do setor elétrico binacional, para o projeto Ônibus Elétrico Híbrido a Etanol.	10.000.000

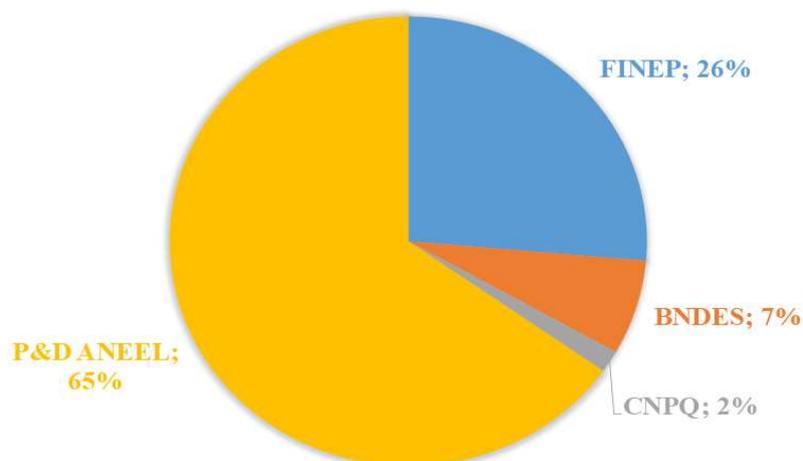
<sup>38</sup> Ver detalhamento no Apêndice E

Quadro 2.4 – continuação...

INSTITUIÇÃO	PROGRAMAS E MEDIDAS	RECURSOS (R\$)
<b>BNDES</b>	Programa BNDES de Sustentação do Investimento (BNDES PSI) (2011-2013). Projeto de empresa nacional de motores elétricos para desenvolvimento de motores elétricos, especificamente para os VEs. O recurso foi liberado na modalidade crédito.	7,5 milhões
	Fundo Tecnológico (FUNTEC) (2011 -). Projeto de desenvolvimento de um veículo elétrico esportivo, conduzido por montadora nascente de base tecnológica em parceria com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD). O projeto visa produzir um carro elétrico de alto desempenho.	6,3 milhões
<b>CNPq</b>	Financiamento de projetos que englobam o VE, direta ou indiretamente, selecionados por meio de chamadas públicas universais. Foi encontrado 43 projetos entre o período de 2003-2016.	3.164.874
<b>P&amp;D ANEEL</b>	Foram encontrados 18 projetos de P&D do setor elétrico relacionados à temática dos VEs, entre 2008-2018. Estes visam estimular o desenvolvimento de invenções e inovações tecnológicas relevantes para o Setor (caráter exploratório).	131.743.372,12

Fonte: elaboração própria a partir de ANEEL, CNPQ, BNDES E FINEP (2019).

**Figura 2.10:** Montante de investimento por instituição.



Agência	Montante
FINEP	R\$53.294.485
BNDES	R\$13.800.000,00
CNPQ	R\$3.164.874,00
P&D ANEEL	R\$131.743.372,12

Fonte: elaboração própria a partir de ANEEL, CNPQ, BNDES e FINEP (2019).

Com a Chamada 22, a ANEEL se posicionara decisivamente como a maior fomentadora de projetos na eletromobilidade no Brasil. Assim, estimam-se resultados mais efetivos em termos de desenvolvimento de competências locais, dada esta disponibilidade de recursos outrora nunca experimentada. Além disso, a agência irá organizar toda uma rede liderada pelo setor elétrico no provimento de soluções, serviços e tecnologias, prevendo uma melhor articulação entre diferentes atores, para que eles possam desenvolver estas soluções em conjunto, pois serão projetos de maior robustez e grandeza, que por sua vez demandarão diferentes capacidades dos atores.

## **2.4 Considerações finais**

Este capítulo teve como objetivo caracterizar o panorama da mobilidade elétrica no Brasil a partir das seguintes perspectivas: 1) discutindo as motivações pró-mobilidade elétrica, que justificam a entrada mais assertiva do país nesta trajetória; 2) apresentando os atores envolvidos com este segmento no Brasil, mapeando suas iniciativas empreendedoras pró-mobilidade elétrica no país e que podem ser aqueles responsáveis por realizar as atividades de montagem de veículos e seus componentes; e, 3) discutindo o arcabouço de políticas públicas e o papel institucional relacionado aos VEs no Brasil.

Essas diferentes motivações de estudo se deram pelo fato da retomada mais incisiva da eletrificação veicular nos primeiros anos do século XXI, dado que o veículo elétrico contempla parte da resolução dos problemas de mobilidade urbana, de fatores ambientais e de saúde pública, conforme demonstrados e enumerados. Este movimento tem sido capitaneado por um conjunto de políticas adotadas por um grupo de países que lidera o desenvolvimento e a implementação da eletromobilidade como alternativa tecnológica.

No tocante aos atores no Brasil, de um modo geral, a discussão sobre mobilidade elétrica é recente em território brasileiro. Este argumento reforça a ideia do estágio embrionário em que se encontra este segmento no Brasil em termos de atores que ainda estão construindo redes de colaboração e articulando parcerias para uma melhor atuação no mercado interno.

Foi possível verificar também que as atividades e projetos que envolvem o veículo elétrico no Brasil não estão definidas e encontram-se em elaboração. Estas constatações colocam em evidência que os atores seguem em processo de compreender seus próprios

papéis nesta cadeia de produção, assim como as possibilidades de atuação em seus ramos perante a possibilidade de inserção do veículo elétrico no Brasil.

Por meio da discussão, realizada na seção 2.3, foi possível constatar avanços recentes no que diz respeito às políticas públicas e de que maneira estas podem estimular este mercado e fomentar o desenvolvimento deste setor no Brasil. O rol de políticas existentes atualmente pode vir a adensar as atividades empreendedoras já em andamento no país.

Sobretudo, no que se refere a política industrial para o setor automotivo, implementada a partir do final de 2018, o programa Rota 2030. Trata-se de uma importante política que dá abertura para a realização de dispêndios nas atividades de P&D que podem abranger a eletrificação visando o aumento da eficiência energética dos veículos comercializados no país. Estes investimentos são atrativos, pois conforme foi relatado, seu custeio pode ser abatido via renúncia fiscal governamental dos impostos oriundos do IRPJ e ex-tarifário. Soma-se a esta política o também importante edital estratégico do programa de P&D Aneel, que pode direcionar aproximadamente meio bilhão de reais em projetos ligados à eletromobilidade.

De maneira geral, os diferentes aspectos analisados ao longo desta seção evidenciaram o caráter incipiente da eletromobilidade no Brasil e a diversidade de ações que estão sendo realizadas nas diversas frentes vinculadas ao assunto, a saber: mercado, indústria, políticas e geração de conhecimentos. A partir deste panorama observado, coloca-se de forma imperativa pensar e discutir uma estrutura de governança e possibilidades de arranjos de coordenação entre estes atores para que oriente suas ações que hoje encontram-se dispersas.

Enquanto alguns atores do sistema do VE no Brasil estão mais alinhados ao campo da produção, como, por exemplo, as montadoras, também há, por sua vez, aqueles que se inclinam à geração de informação e conhecimento, como as universidades e os institutos de pesquisa. Estas instituições estão envolvidas na investigação, divulgação de estudos e desenvolvimento das tecnologias ligadas ao VE. No bojo destas atividades, podem ser criadas competências chave para o sucesso da produção e da P&D do veículo elétrico. É sobre este aspecto que se desenha a discussão do próximo capítulo, que mapeia a criação de competências existentes a partir de indicadores científicos e tecnológicos disponíveis no Brasil.

### CAPÍTULO 3 — GERAÇÃO DE CONHECIMENTO ACERCA DA ELETROMOBILIDADE NO BRASIL

---

Este capítulo apresenta o mapa do conhecimento científico e tecnológico no campo da mobilidade elétrica no Brasil, bem como aspectos da formação e capacitação de pessoal qualificado para desempenhar as atividades requeridas nas mais diversas esferas. No caso deste capítulo, a ênfase consiste em olhar para os temas específicos abordados pelas patentes/artigos e quem são os atores por trás desses conhecimentos, chaves para a formação de competências em torno do SPE no Brasil. Com isso, demonstra-se como estão sendo construídas as capacidades locais e conhecimentos acerca deste tema, e no tocante às possibilidades de produção e pesquisa e desenvolvimento de veículos e componentes do SPE, onde se tornam mais perceptíveis essas iniciativas.

O olhar direcionado para as patentes e artigos consiste em importantes indicadores de esforços inventivos realizados bem como trazem informações sobre a localização de depósito e identificação de atores envolvidos, tais como empresas, universidades, Institutos de Ciência & Tecnologia (ICTs), entre outros.

Grosso modo, na busca pela construção de competências e manutenção da vantagem competitiva, as empresas destinam esforços e recursos para o processo inovativo, seja em seus produtos ou processos (HALL, 2000; CEFIS; MARSILLI, 2003; CZAMITZKI; KRAFT, 2004; LAURSEN; SALTER, 2005). Existem diversos mecanismos que visam proteger a propriedade intelectual de uma tecnologia frente à concorrência objetivando assegurar ao inventor seu direito de exclusividade na exploração econômica de sua invenção e, neste contexto, as patentes são um dos mecanismos possíveis para atingir tais objetivos.

As patentes são definidas como um título de propriedade industrial, de acordo com o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), sendo:

[...] temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos inventores ou autores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação. Com este direito, o inventor ou o detentor da patente tem o direito de impedir terceiros, sem o seu consentimento, de produzir, usar, colocar a venda, vender ou importar produto objeto de sua patente e/ ou processo ou produto obtido diretamente por processo por ele patenteado. Em contrapartida, o inventor se obriga a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente (INPI, 2019).

Assim, o inventor deve fornecer as informações técnicas necessárias de modo a permitir a difusão tecnológica das inovações geradas pelas patentes. Sua concessão se dá por meio de agências governamentais autorizadas responsáveis pela abrangência de uma determinada região, com suas regras e procedimentos próprios (GRILICHES, 1990).

Podemos destacar que uma patente é uma propriedade limitada temporalmente, uma vez que após o transcurso do período de exclusividade de exploração, a patente entra em domínio público podendo ser replicada e explorada comercialmente por quem se interessar. Outra característica destaca que o interesse público fica preservado na divulgação da informação, ou seja, permite que a sociedade tenha o acesso ao conhecimento do objeto de uma patente por meio da publicação de uma carta com a descrição da tecnologia.

A questão que toca esta tese é a utilização de indicadores que se baseiam em bancos de dados de direitos de propriedade industrial (patentes). Este tipo de esforço tem ganhado força nos campos da C&T nos anos 2000 (PILKINGTON; DYERSON, 2006). Porém, há um grande corpo de estudos nesta vertente já acumulado na literatura sobre ciência, tecnologia e inovação que partem de algumas obras na segunda metade do século XX<sup>39</sup>.

Pode-se citar, como exemplos, Basberg (1987), Pavitt (1988) e Griliches (1990)<sup>40</sup>, sendo o último, uma referência seminal pois mensurou as diferentes maneiras de avaliar os dados de patentes e apontou que há uma forte relação entre o número de patentes e as despesas em P&D, o que sedimenta a ideia de que as informações de patentes, sozinhas, são um bom indicador das atividades inventivas das firmas.

De acordo com Pilkington, Dyerson e Tissier (2006), os dados sobre patentes caracterizam-se como importantes indicadores de possíveis rotas tecnológicas em curso. Também, podem-se identificar quais são os países que estão mais empenhados em desenvolver determinada tecnologia, além de ser possível observar quais são os principais atores que estão direcionando esforços em proteger seu direito de propriedade industrial, entre outros apontamentos que tais informações podem trazer.

Além disso, trabalhos recentes como os de Flamand (2016), Oltra e Saint Jean (2009a) e Pilkington e Dyerson (2006) têm aplicado extensivamente para o caso da eletromobilidade como forma de entendê-la e analisá-la.

---

<sup>39</sup> Ainda que os principais trabalhos referenciados remontem aos anos 1980, já nos anos 1960 Jacob Schmookler, com o seu trabalho *"Invention and Economic Development"* (SCHMOOKLER, 1966) tangenciou a presente discussão ao utilizar as patentes como indicador da mudança tecnológica em várias indústrias de bens de capital, como ferroviária, papel, refinaria de petróleo e construção.

<sup>40</sup> Ver, a esse respeito: "Patents and the Measurement of Technological Change: A Survey of the Literature" (BASBERG, 1987), "Uses and Abuses of Patent Statistics" (PAVITT, 1988) e "Patents statistics as economic indicator: a survey" (GRILICHES, 1990)

Porém, pondera-se que as informações de patentes como indicadores de desenvolvimento tecnológico possuem certas limitações. Com base nos argumentos de Dosi (1988), as patentes não são o único meio para conseguir a propriedade das inovações e seus direitos exclusivos, pois existem outras formas como segredos industriais, *know-how*, tempo e custo requeridos para duplicação e curva de aprendizado. Além disso, Pavitt (1984) destaca que os meios para conseguir o direito de propriedade das inovações variam de acordo com os setores envolvidos uma vez que nem todos os setores produtivos utilizam a patente como forma de proteção das inovações.

Embora seja incorreto afirmar que representam fielmente o desenvolvimento tecnológico de um artefato, por outro lado estes indicadores de patentes figuram-se como únicas alternativas para acessar informações habitualmente sigilosas nos domínios corporativos e difíceis de serem acessadas por outros canais (como entrevistas e análises secundárias, por exemplo).

Por sua vez, a bibliometria é o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e utilização da informação registrada em artigos científicos que se encontram nas bibliotecas e bases de dados. As análises bibliométricas partem de dados de produção bibliográfica, por seu turno, e são usadas ao longo desta seção como indicadores que demonstram as capacidades científicas criadas no Brasil relacionadas ao setor da mobilidade elétrica. Este tipo de análise subsidia também a compreensão dos tipos de estudos, pesquisas e formação de competências desenvolvidas dentro dos Institutos de Ciência e Tecnologia no país, indo além da perspectiva das patentes, a qual direciona maior ênfase e olhar para os esforços das empresas.

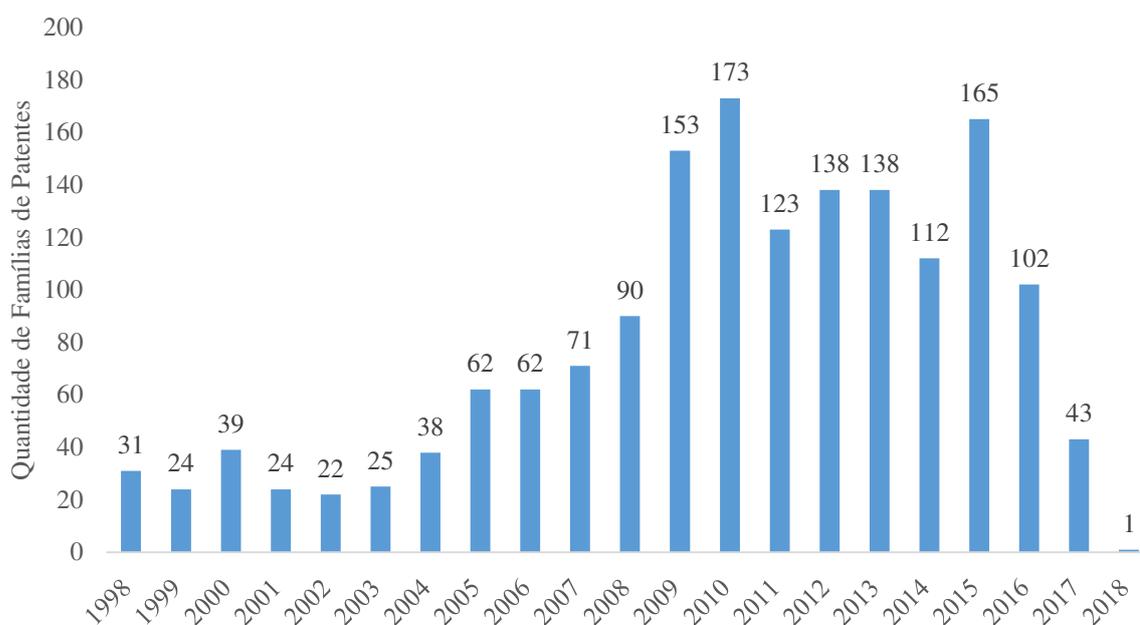
Para a formação de conhecimento, toca-se também na formação de profissionais com novas competências. Tais janelas demandam pesquisa e desenvolvimento em temas estratégicos, como em baterias e seus sistemas de gestão, motores elétricos, eletrônica de potência e sistemas de recarga. Adicionalmente, os veículos elétricos já comercializados requerem resposta imediata à necessidade de manutenção, diagnóstico e reparação, seja do veículo ou de toda a circunvizinhança que o cerca – como carregadores, comunicação do veículo com a rede e/ou infraestrutura, etc.

Nesta direção, o capítulo encontra-se organizado em torno de três seções: (1) indicadores científicos e tecnológicos; (2) identificação e caracterização dos grupos de pesquisa; e, (3) iniciativas em formação, aprendizado e divulgação da mobilidade elétrica no Brasil.

### 3.1 Indicadores científicos e tecnológicos no campo da eletromobilidade

No que tange às patentes, a Figura 3.1 apresenta a dinâmica de publicação de patentes associadas à eletromobilidade no Brasil no período compreendido entre os anos de 1998 e 2018<sup>41</sup>. Foram identificadas 2017 patentes depositadas no escritório brasileiro de patentes (INPI) com endereço do inventor localizado no país, ou, endereço da organização ou com país de prioridade Brasil. Este olhar direcionado para estas vertentes busca demonstrar as patentes que foram desenvolvidas no Brasil combinadas com aquelas com elevado interesse de instituições ao depositar no Brasil como prioridade, vis-à-vis a exploração destas tecnologias e competências no Brasil.

**Figura 3.1:** Dinâmica do depósito de patentes de mobilidade elétrica no Brasil (1998-2018).



**Fonte:** elaboração própria com base em dados levantados na Plataforma Questel Orbit (2019). Processamento Intellixir (2019).

Verifica-se o crescente interesse junto a esta temática no país, ainda que tímido se comparado ao desempenho de outros países, com aproximadamente 120 mil famílias de patentes encontradas ao todo no campo da eletromobilidade em escala global (SCHMITT ET AL., 2016). Mesmo que em escala reduzida, a curva de crescimento é similar como em outros

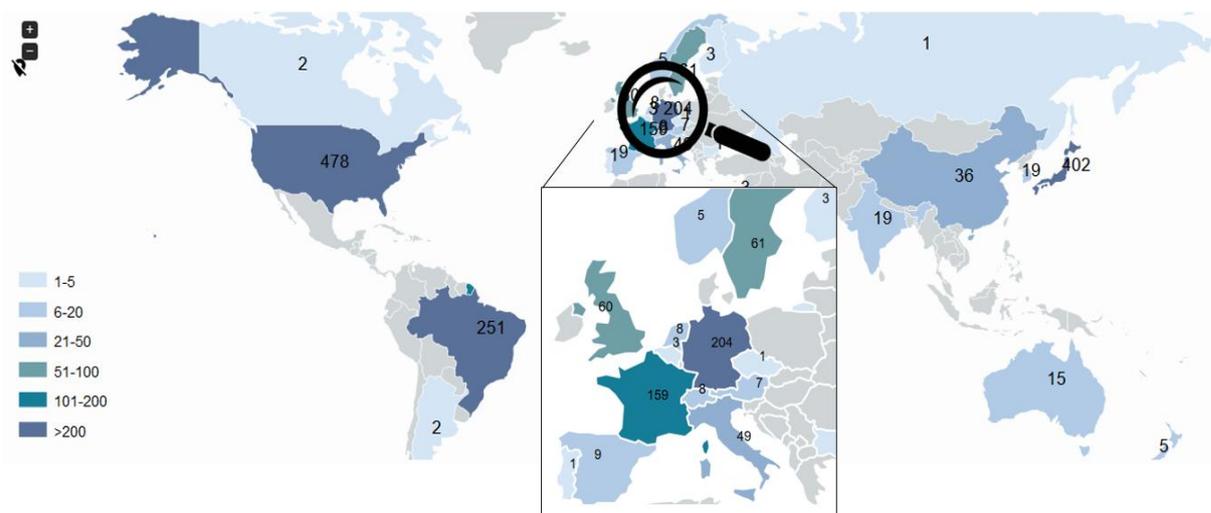
<sup>41</sup> Justifica-se o início da análise referente ao ano de 1998 uma vez que as plataformas de extração (ORBIT) e processamento (INTELLIXIR) demonstram alcance máximo de 20 anos de cobertura temporal, a contar do ano mais recente selecionado para o término da análise. Como trabalhamos aqui com o ano de 2018, sendo o mais próximo possível em relação a data de fechamento desta pesquisa, a cobertura analítica foi até 1998.

países e regiões do continente europeu e norte-americano, onde este tipo de análise de patentes também é empregada (FLAMAND, 2016; GOLEMBIEWSKI ET AL., 2015; OLTRA; SAINT JEAN, 2009b).

Esta evolução é acompanhada de perto pelo avanço das ações pró eletromobilidade no Brasil e do arcabouço institucional, apresentados e discutidos no capítulo anterior. Um adendo é necessário aos anos de 2017 e 2019; estes apresentam uma queda no gráfico não factual, uma vez que grande parcela das patentes depositadas neste biênio ainda encontravam-se no período de sigilo no período de escrita deste capítulo<sup>42</sup>.

Quanto às origens dessas patentes brasileiras, notou-se que 251 (10,6%) correspondem àquelas com endereços do inventor ou organização no Brasil. A outra parcela vem de outros países que têm interesse em explorar estas tecnologias em solo brasileiro, pois demonstraram a prioridade em seus pedidos. Sobretudo por patentes depositadas por empresas em solo dos Estados Unidos (23,6%), Japão (20% de participação) e de países europeus, como França, Alemanha, Suécia e Itália. Este alinhamento tem clara correspondência da própria dinâmica da indústria automotiva brasileira em si, que apresenta montadoras de veículos leves oriundas de capital estrangeiro de forma predominante. Países asiáticos, como Coreia do Sul e China, também têm depósitos de patentes no território nacional, mas com menor participação.

**Figura 3.2:** Países de origem dos pedidos de patentes no Brasil (1998-2018).



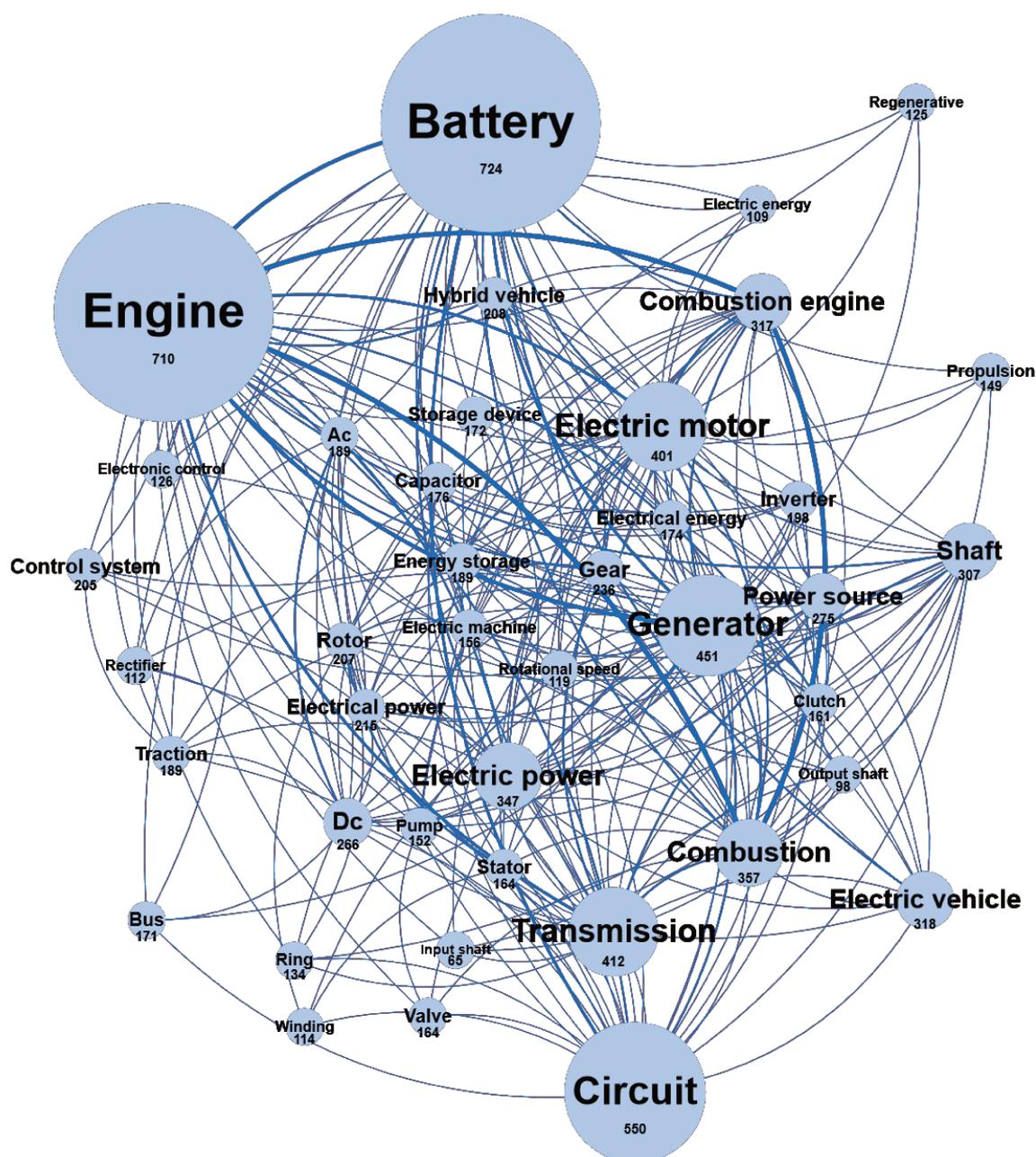
**Fonte:** elaboração própria com base em dados levantados na Plataforma Questel Orbit (2019). Processamento Intellixir (2019).

<sup>42</sup> O período de sigilo refere-se ao tempo de até dezoito meses em que o pedido da patente passa por sua avaliação no INPI acerca dos requisitos de patenteamento (critério da invenção, estado da arte da técnica e outros) até sua publicação na Revista de Propriedade Industrial (RPI).

A decisão destes países de depositarem suas patentes com a prioridade (primeiro pedido de depósito) no Brasil demonstra um interesse em proteger suas invenções neste território, o que, por sua vez, sinaliza perspectivas futuras em comercializar e desenvolver industrialmente estas invenções no país.

Na Figura 3.3 listam-se os principais conceitos extraídos das patentes apresentados sob a forma de rede, demonstrando a articulação conceitual entre os campos tecnológicos patenteados. Os conceitos foram extraídos a partir dos documentos originais das patentes, seja no título da patente, como nas palavras chave ou reivindicações. A dimensão da esfera que o representa é proporcional a quantidade de repetições em que o referido aparece. A rede em si, demonstra a relação entre os termos mapeados que encontram-se numa mesma sentença dentro dos documentos, demonstrando as conexões tecnológicas existentes.

Figura 3.3: Conceitos extraídos das patentes de mobilidade elétrica no Brasil (1998-2018).



Fonte: elaboração própria com base em dados levantados na Plataforma Questel Orbit (2019).  
Processamento Intellixir (2019).

A partir da análise dos conceitos extraídos das patentes, nota-se que as patentes envolvendo tecnologias e aplicações das baterias e do *Powertrain* figuram-se como as mais relevantes e ocupam lugar de destaque na rede.

Nota-se que ambas articulam-se e estendem suas relações para praticamente todos os outros conceitos. Articulação que está presente também com as tecnologias dos motores a combustão interna, que se faz presente representando os veículos elétricos do tipo híbrido.

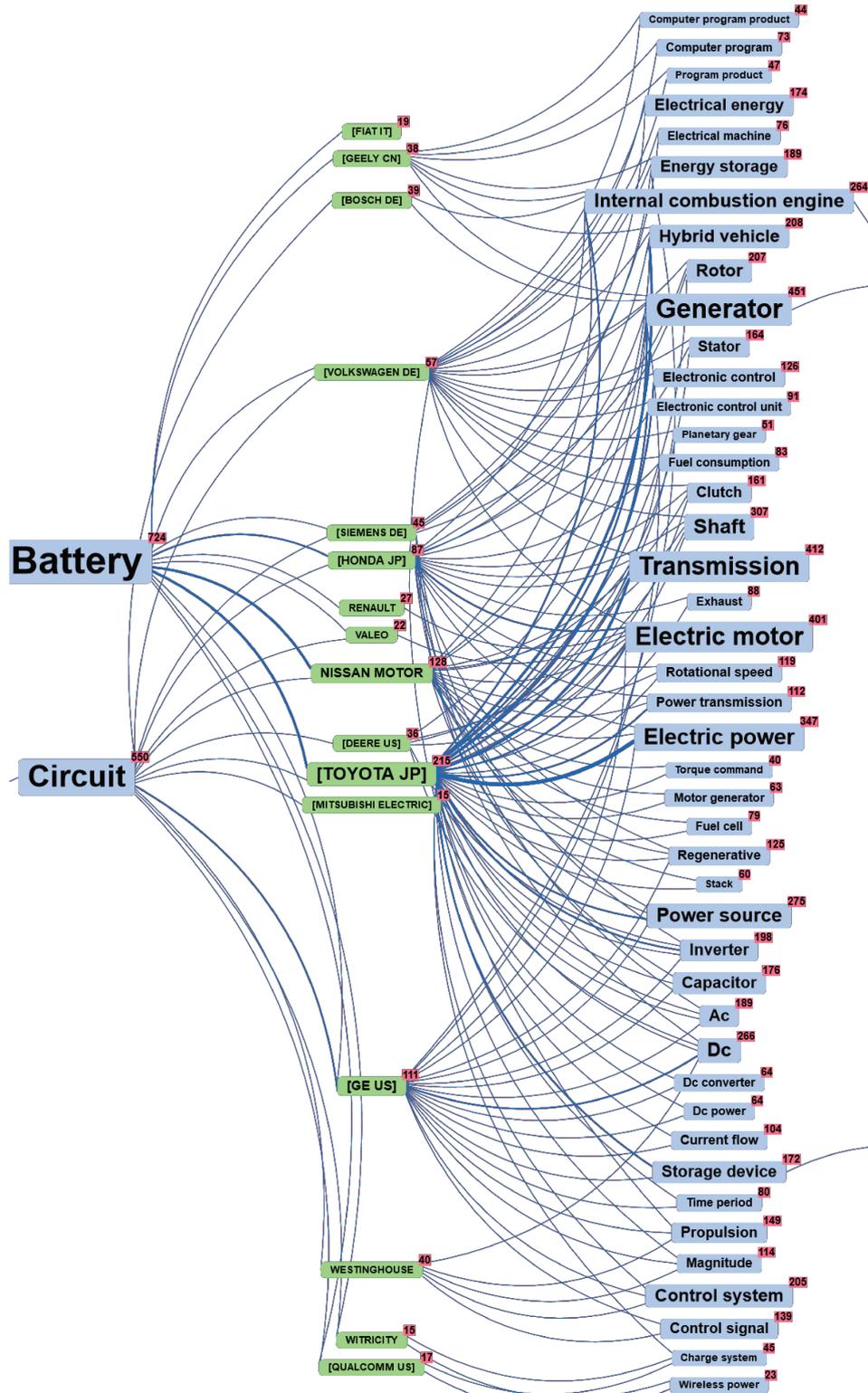
Os conceitos de circuitos e transmissão também estão presentes e realizam a ponte entre as tecnologias do *Powertrain* e das baterias. Assim, reafirmam suas funções tecnológicas de integração veicular, cabendo a estas tecnologias a orquestração para o bom funcionamento de todo o sistema do veículo elétrico.

Os componentes elementares de cada um destes grandes blocos de competência, como os rotores, estatores, válvulas e inversores também aparecem e dão suporte ao entendimento de quais são as principais frentes em andamento no país no que toca o nível mais desagregado destas tecnologias, conforme será relatado adiante.

Em menor medida, aparecem os conceitos relacionados às tecnologias dos eletropostos enquanto artefato de carregamento externo, porém a parte de infraestrutura se faz presente com os conceitos relacionados à interface com rede elétrica e veículo elétrico.

Ao observar este leque de conceitos, uma questão emerge: quem são as organizações por trás destes pedidos? A próxima figura visa responder a esta questão ao adicionar outro elemento na análise ao conectar os conceitos com as organizações por trás de suas atividades.

**Figura 3.4:** Organizações e conceitos extraídos das patentes de mobilidade elétrica no Brasil (1998-2018).



**Fonte:** elaboração própria com base em dados levantados na Plataforma Questel Orbit (2019).  
Processamento Intellixir (2019).

A figura apresenta as instituições líderes em patenteamento. É destacável a liderança das montadoras japonesas (Toyota Motors, Nissan Motor, Honda Motors) e empresas de autopeças japonesas (Denso, Aisin AW). As empresas da indústria automobilística japonesa têm um mercado consolidado na produção e venda de veículos híbridos.

De fato, a empresa *Toyota Motor* é líder na produção de veículos híbridos em nível mundial com o modelo *Toyota Prius*, acumulando mais de 8 milhões de veículos vendidos no período 1997 a 2017<sup>43</sup>. Todas as empresas japonesas líderes estão desenvolvendo veículos elétricos a bateria e motocicletas elétricas, este último representando um mercado de alta demanda, particularmente em países com expressiva densidade populacional, como é o caso da China e do Japão.

Também na liderança estão as montadoras estadunidenses (General Motors e Ford), francesa (Renault) e alemãs, neste caso incluindo as empresas de autopeças (Robert Bosch, ZF Friedrichshafen, Daimler, BMW). A maioria destas empresas tem tradição importante na indústria automobilística em termos globais, disponibilizando veículos com motores de combustão interna e, devido à dinâmica da mobilidade elétrica, também estão desenvolvendo modelos elétricos e híbridos.

Neste cenário da mobilidade elétrica, aparecem empresas de eletrônica e sistemas elétricos que desenvolvem baterias para VE, principalmente baterias lítio-íon, sistemas de gestão de baterias (*Battery Management System BMS*) e outros componentes associados às baterias como conectores para o carregamento. As empresas japonesas também têm liderança neste segmento: Panasonic, Hitachi, Sanyo Electric, Toshiba, Mitsubishi Electric, Sony, NEC, Fuji Heavy Industries, Sumitomo Electric Industries; trata-se de empresas tradicionais de eletrônica que também estão envolvidas com o desenvolvimento de baterias e de sistemas de carregamento para VE.

Exalta-se a fornecedora de peças e componentes General Electric, empresa de capital norte-americano sediada no Brasil, que ocupa um lugar importante com famílias de patentes. Ela oferece um portfólio de produtos de soluções elétricas, sistemas de tração para veículos, *Smart Grids* e sistemas de carregamento para VE.

Também têm liderança empresas tradicionais do setor eletrônico, como a *Siemens* (Alemanha). Estas empresas têm um segmento de produtos focado nos sistemas de carregamento para VE e redes elétricas inteligentes (*Smart Grid*).

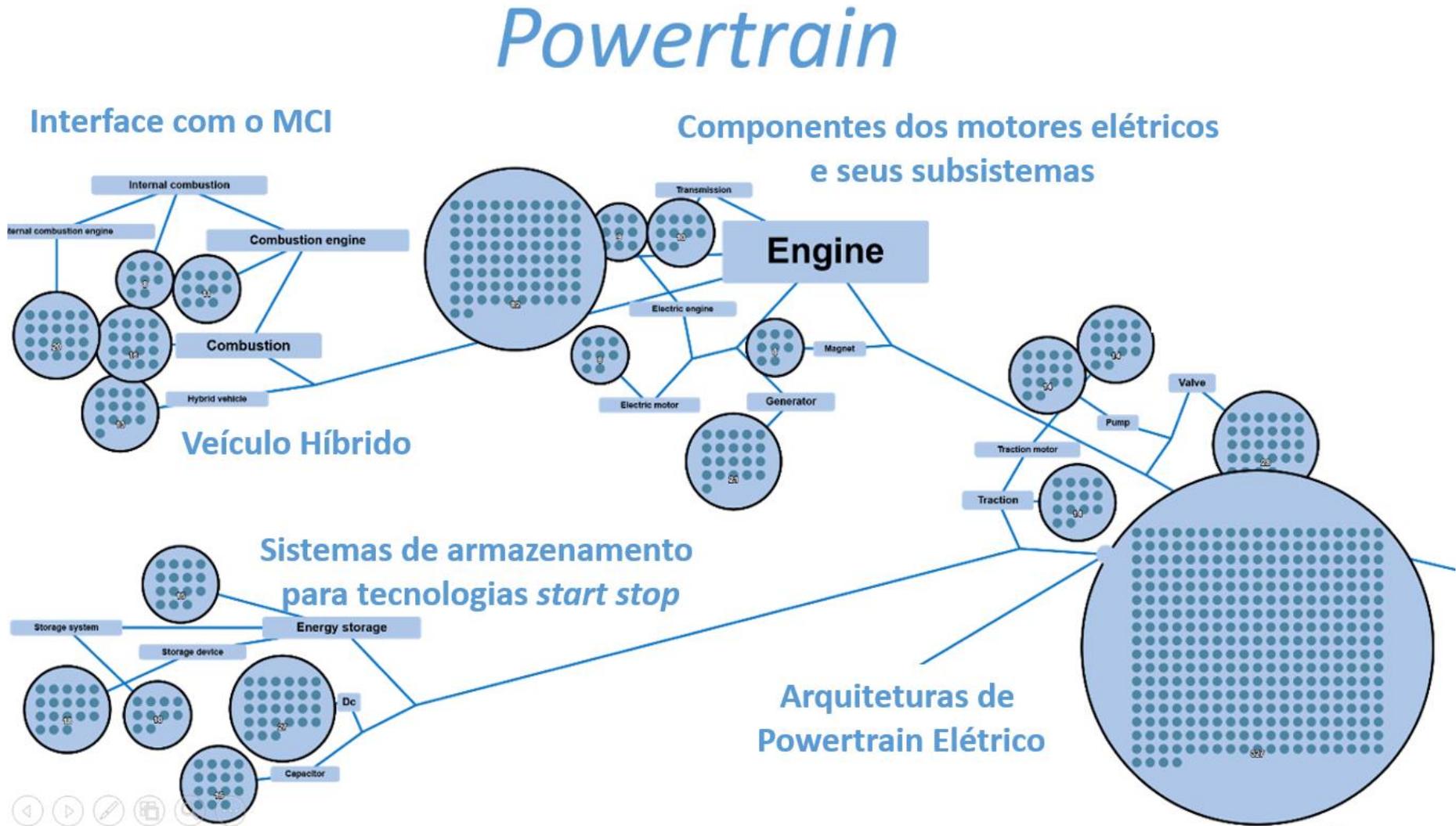
---

<sup>43</sup> Ver, a esse respeito, o site [www.toyota-global.com](http://www.toyota-global.com).

Na sequência, apresenta-se as patentes mapeadas categorizadas de acordo com os blocos de competências adotados nesta tese. A partir da figura VCS, é possível visualizar a inter-relação entre os blocos. Também, na sequência são detalhadas as competências e tecnologias envolvidas em maiores detalhes. Nas figuras, as esferas maiores referem-se a um determinado conjunto tecnológico, como motores, circuitos e células de baterias por exemplo. As esferas menores, circunscritas dentro das primeiras, dizem respeito a cada pedido de patente, de forma individual.



**Figura 3.6:** Mapa das tecnologias das patentes por bloco de competências do *Powertrain* do SPE no Brasil (1998-2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de Orbit (2019). Processamento Intellixir (2019).

No que toca ao *Powertrain*, foram identificados 527 pedidos que versam sobre arquiteturas de veículos elétricos. Referem-se à conjugação do motor elétrico e sua transmissão com os cabos e conectores instalados. Permite-se argumentar que a indústria dispõe destas capacidades já instaladas e poderiam se pensar em desenvolvimentos de arquiteturas customizadas localmente. Praticamente ligados às arquiteturas, encontram-se os componentes elementares dos motores elétricos, que também se ligam ao design de suas arquiteturas e apresentam principalmente: estatores, rotores, geradores e transmissão.

Conectados aos motores elétricos e a seus subsistemas, encontram-se as patentes que visam realizar o acoplamento entre um sistema de propulsão elétrico com motores a combustão interna. A rede localizada ao lado esquerdo da figura demonstra que o Brasil apresenta pedidos (70) de patentes nesta orientação e que se encontram disponíveis ensaios e protótipos já realizados quanto a estas arquiteturas veiculares.

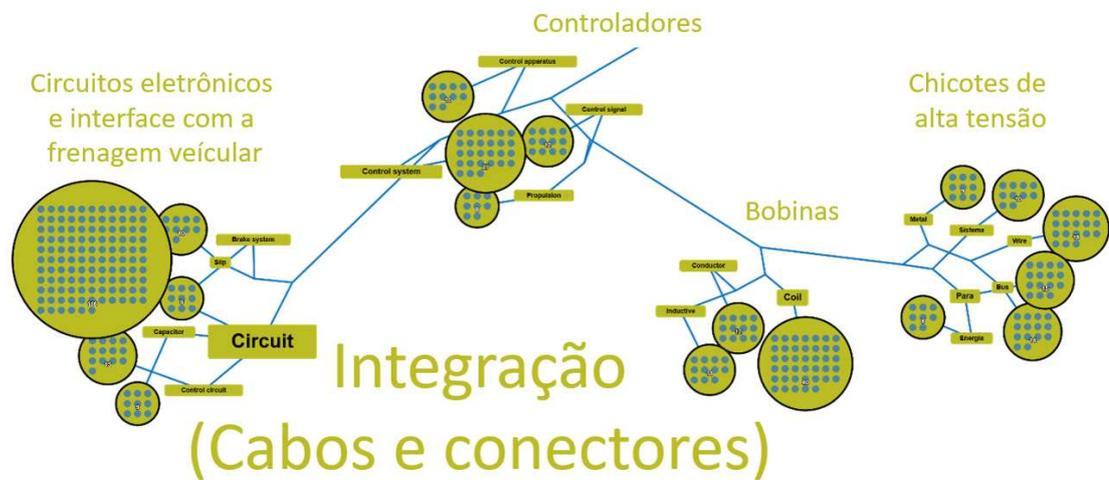
Por fim, os dispositivos que se referem aos primeiros estágios de hibridização veicular, como os sistemas start-stop e partida assistida, dão pistas de um singular interesse de hibridização gradual da frota automotiva brasileira com seus novos veículos.

Face ao apresentado, que demonstra certa ambidestria ao abordar as tecnologias tradicionais do MCI como também aquelas ligadas à eletrificação, visualiza-se certo empenho das organizações em apostar em mais de um cenário na diversificação dos sistemas de propulsão de sua frota. Isto se encontra claramente na correlação com as apostas de países como Estados Unidos, que apontam também para esta opção e estratégia de diversificação geral (FREYSSINET, 2013).

Seguindo a análise, o bloco de competências da integração e montagem é dicotômico ao apresentar dois eixos de gravidade: a parte da transmissão veicular numa ponta, e a parte de cabos e conectores na outra. Verificam-se competências dentro dos documentos das patentes que apontam para a capacidade de produção de cabos e conectores para as arquiteturas de veículos híbridos e elétricos a bateria. Notam-se também competências em cabos e conectores de alta tensão e que estas tecnologias figuram-se como possíveis também para a aplicação em diferentes modais, como os ônibus, dada a transversalidade tecnológica e interoperabilidade destas tecnologias. Este comportamento será visto também na sequência ao observamos as baterias.

Ainda na parte dos cabos e conectores, notam-se sub-sistemas responsáveis por auxiliar no processo de frenagem regenerativa dos veículos, que consistem em captar a energia que seria dissipada na forma de calor no processo de frenagem veicular e transformada em energia a ser direcionada para as baterias.

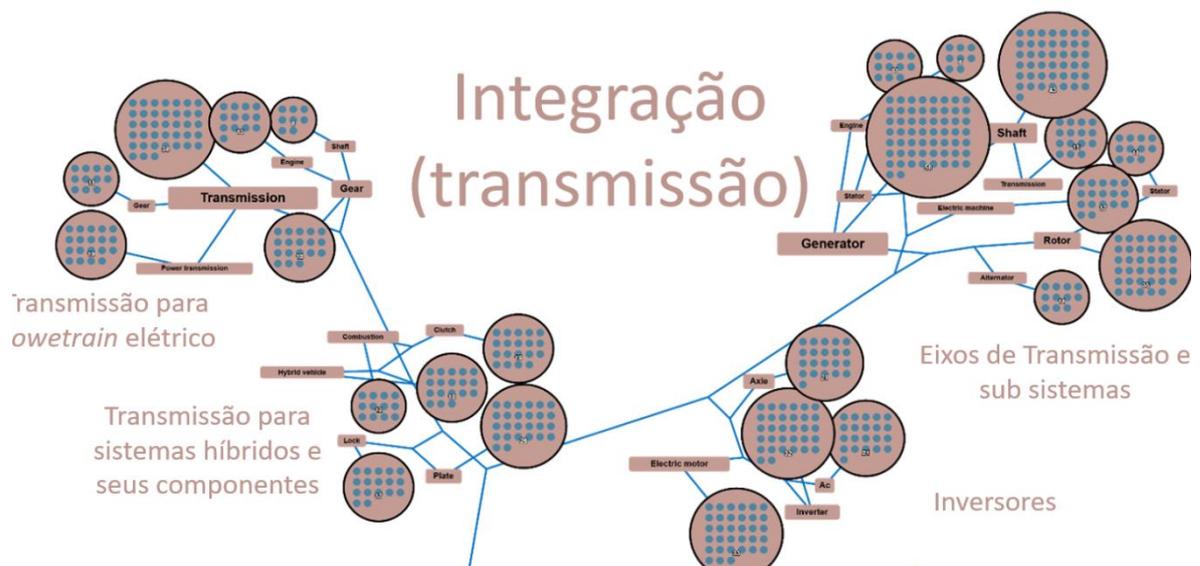
**Figura 3.7:** Mapa das tecnologias das patentes por bloco de competências de Integração e montagem (cabos e conectores) do SPE no Brasil (1998-2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de Orbit (2019). Processamento Intellixir (2019).

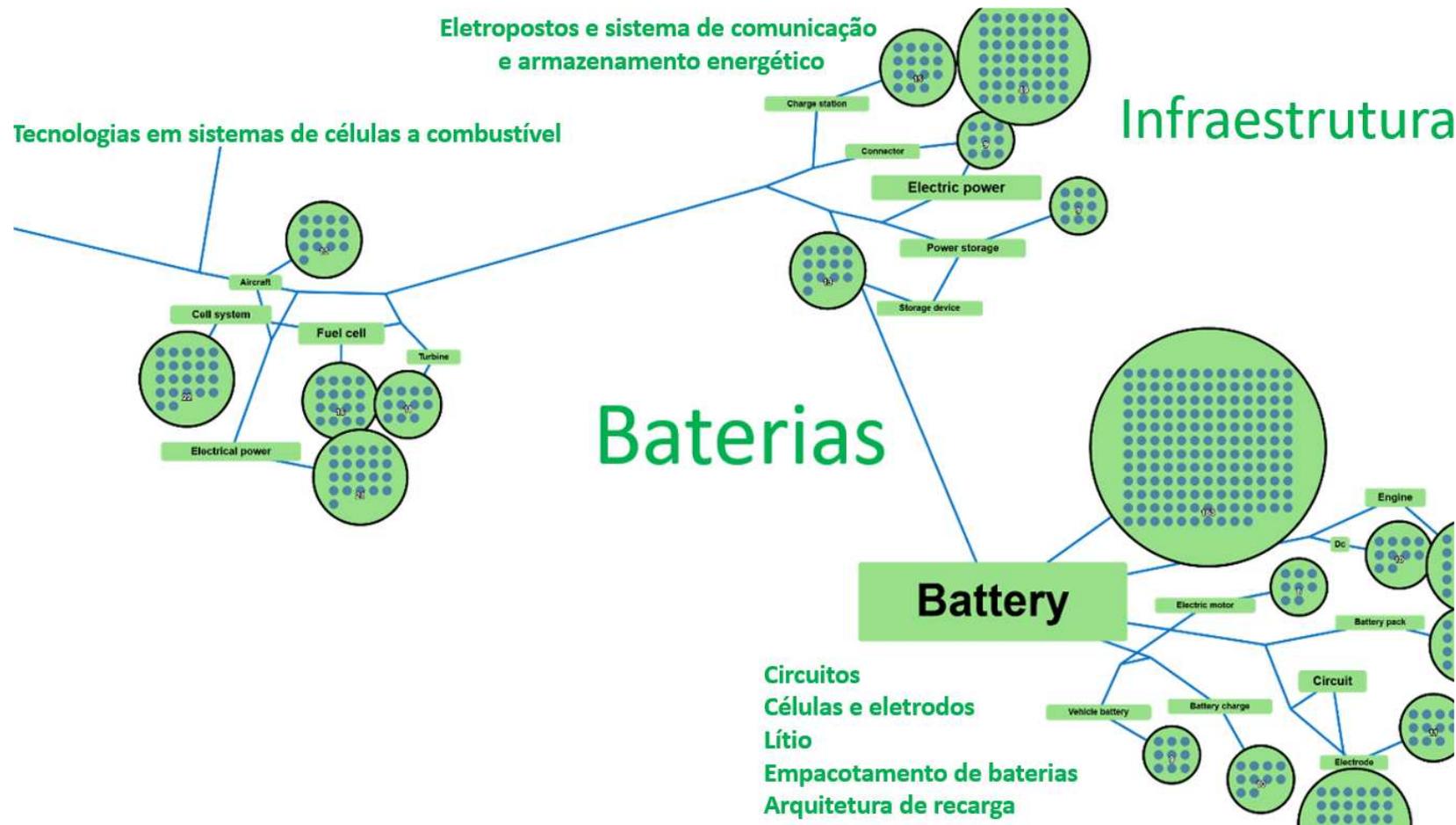
No tocante aos sistemas de transmissão, mais uma vez as patentes ligadas às transmissões em sistemas de veículos híbridos aparecem e demonstram que este campo apresenta as competências e tecnologias necessárias de forma ampla, abrangendo em grande medida as áreas em que se coloca o *Powertrain* híbrido.

**Figura 3.8:** Mapa das tecnologias das patentes por bloco de competências de Integração e montagem (transmissão) do SPE no Brasil (1998-2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de Orbit (2019). Processamento Intellixir (2019).

**Figura 3.9:** Mapa das tecnologias das patentes por bloco de competências dos Acumuladores e Infraestrutura do SPE no Brasil (1998-2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de Orbit (2019). Processamento Intellixir (2019).

Por fim, temos o bloco de competência dos acumuladores de energia, na parte de baterias de baixa tensão, principalmente relacionado aos sistemas 48V, e em menor medida, de alta tensão. Notam-se também ênfases direcionadas às soluções de empacotamento e programação (BMS) destas baterias.

As soluções nas baterias em 48V ligam-se diretamente aos estágios iniciais de hibridização, onde baterias de menor densidade energética, como apontado na seção de caracterização do segundo capítulo, mostram-se suficientes e mais efetivas em termos de custos de produção e robustez tecnológica.

Em menor medida, notou-se patentes (65) no bloco de infraestrutura, com tecnologias de suporte ao abastecimento veicular. Poucos pedidos de patentes, em relação ao total, foram constatados na parte de células a combustíveis (16).

Além da iniciativa privada, têm-se universidades brasileiras e centros de P&D depositando patentes relacionadas à mobilidade elétrica, sendo exemplos a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e o Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM). Tal como será tratado na seção seguinte, estas instituições estão envolvidas na pesquisa, divulgação de estudos e desenvolvimento das tecnologias ligadas ao VE. Interessante notar também a presença de universidades estrangeiras nestas atividades. O Quadro 3.1 descreve brevemente a participação destas universidades e centros de P&D no depósito de patentes relacionadas aos VEs.

**Quadro 3.1:** Universidades e Centros de P&D que depositaram patentes relacionadas à mobilidade elétrica (1998-2018).

UNIVERSIDADE/ CENTRO DE P&D	Nº	TECNOLOGIAS IDENTIFICADAS NAS PATENTES
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	5	Métodos para recuperar energia cinética para VEs; Sistemas de gestão de energia para VEs; Trem de levitação magnética.
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	2	Método de controle para sistema de armazenamento híbrido de energia; Dispositivo de controle de potência para VEs.
Universidade de São Paulo (USP)	1	Processo de produção de hidrogênio, processo de produção de energia em um veículo híbrido, sistema de produção de energia em um VE e VH.
Universidade Federal do Paraná (UFPR)	1	Métodos para incrementar a eficiência energética dos VEs.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	1	Aparato para o reaproveitamento de energia cinética aplicada em VE.

Quadro 3.1 – continuação...

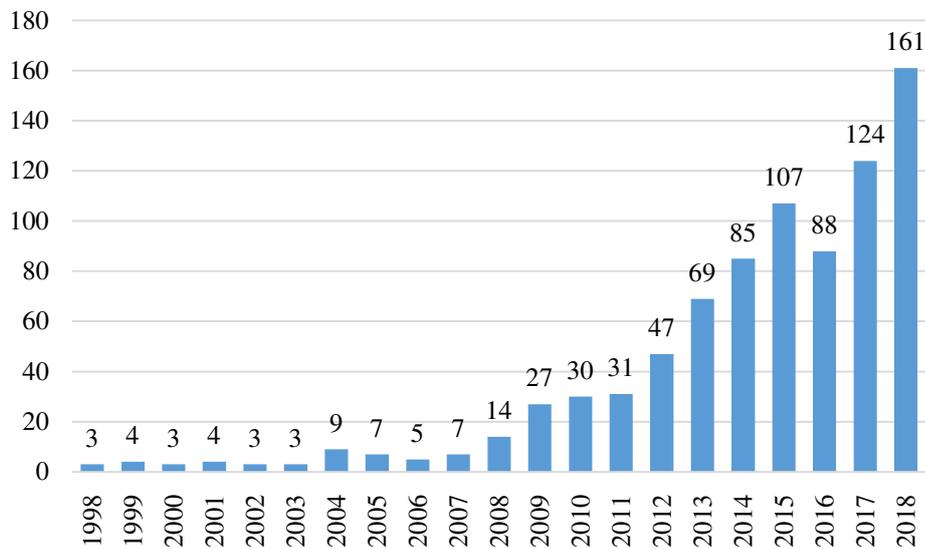
UNIVERSIDADE/ CENTRO DE P&D	Nº	TECNOLOGIAS IDENTIFICADAS NAS PATENTES
Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) (Coreia do Sul)	1	Dispositivo de fornecimento de energia, dispositivo para aquisição de energia e sistema de segurança para veículo elétrico acionado por indução eletromagnética.
Université Montpellier (França)	2	Baterias lítio-íon.
Massachusetts Institute of Technology/University of Cambridge (EU)	1	Transferência de energia sem fio.
University of Michigan (EU)	1	Baterias lítio-íon.
Università Di Pisa (Itália)	1	Veículos Híbridos; motos elétricas.

**Fonte:** elaboração própria com base em dados levantados na Plataforma Questel Orbit (2019). Processamento Intellixir (2019).

No entanto, ainda que apresentem algumas patentes, a maior orientação das instituições de ensino e pesquisa brasileiras diz respeito às atividades científicas, sendo que a publicação de artigos científicos é um dos principais resultados esperados desta atividade. A Figura 3.10 apresenta a dinâmica de publicação de artigos científicos no período compreendido entre os anos de 1998 e 2018. Em particular, foram identificados 2.363 artigos publicados por autores pertencentes a instituições brasileiras.

Observa-se que a partir do ano de 2008/2009 o número de publicações passou a ser ascendente, o que demonstra que o tema da mobilidade elétrica tem avançado nas pesquisas das universidades e centros de P&D. Nota-se, por exemplo, a relevância do ano de 2018, quando a publicação de 160 artigos elevou o patamar da produção científica para quase o dobro em relação aos anos anteriores.

**Figura 3.10:** Dinâmica de publicação de artigos científicos relacionados à mobilidade elétrica (1998-2018).



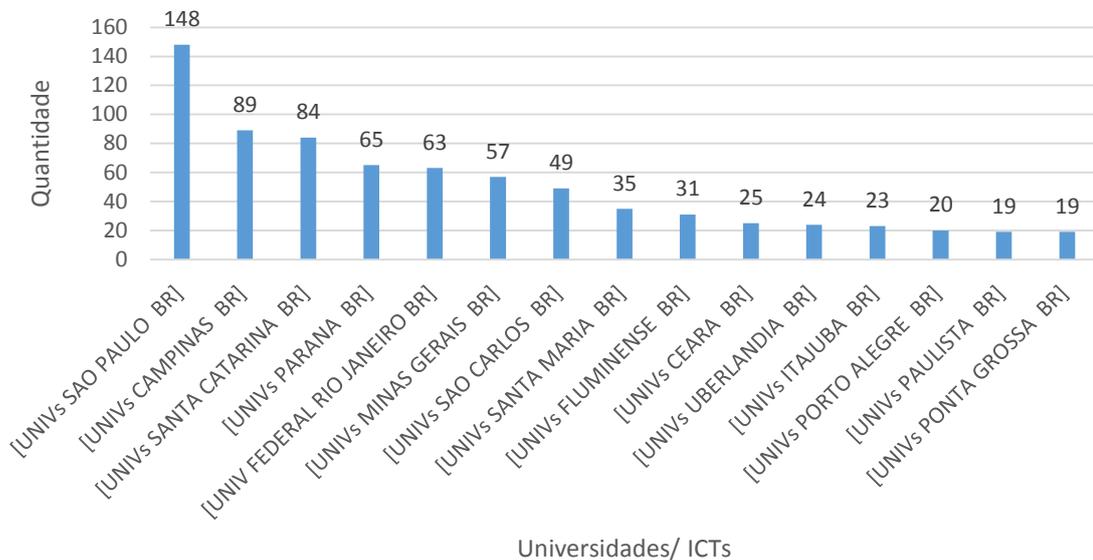
**Fonte:** elaboração própria a partir de Scopus (2019). Processamento Intellixir (2019).

No tocante às temáticas dos artigos vis-à-vis ao SPE, vide figura na sequência, notaram-se pontos de destaque. Para *Powertrain*: melhoramento da eficiência energética dos motores e programação dos inversores de potência. Para acumuladores: baterias de alta tensão: experimentos em células, programação, modelos matemáticos, simulação de computador e BMS. Para integração e montagem, a temática dos veículos híbridos e etanol foi predominante. Para infraestrutura: sistemas de carregamento, *Smart Grids*, redes de distribuição elétrica, sistemas de telecomunicação, empresas de energia elétrica, eficiência energética, entre outros em menor medida.

Apresentadas em amarelo na Figura 3.11, as publicações destacadas referem-se aos trabalhos que abordam a interface entre a eletrificação e etanol. Dos 887 trabalhos mapeados, 86 (aproximadamente 10%) abordam as possibilidades de combinação entre estas opções tecnológicas. Sobretudo, em que medida esta opção se sustenta em termos de seu mercado e possibilidades de comercialização.



**Figura 3.12:** Instituições que publicaram artigos científicos relacionados à mobilidade elétrica (1998 a 2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de Scopus (2019). Processamento Intellixir (2019).

### 3.2 Análise a partir da situação atual dos grupos de pesquisa

O adensamento da mobilidade elétrica no Brasil demandará a qualificação de recursos humanos para atuar nas diversas frentes de trabalho atreladas ao setor, incluindo o desenvolvimento e manufatura dos veículos e seus componentes, bem como os serviços demandados (manutenção veicular, por exemplo). Excluindo as diferenças existentes entre o sistema de propulsão elétrico e o sistema à combustão, os demais componentes de um veículo, como rodas, chassi, vidros, portas, entre outros, não requerem mudanças significativas, o que permite inferir o aproveitamento das competências mais que consolidadas nestas áreas deste setor no país. Contudo, as diferenças tecnológicas trazidas pelo Sistema de Propulsão Elétrico (SPE) demandam a necessidade de formação de um novo corpo de competências que irão refletir junto aos profissionais que serão chamados para estas atividades.

A seguir, relata-se o panorama atual da capacitação de recursos humanos para a eletromobilidade no Brasil a partir de uma análise baseada no mapeamento da produção em ciência e tecnologia e dos Grupos de Pesquisa que atuam nesta área. Vale pontuar que, neste total, foram incluídas informações sobre grupos de Fórmula Elétrica, ou seja, grupos formados dentro das universidades que agregam alunos de vários cursos com o objetivo de desenvolver um VE para competições estudantis. Essa categoria é inserida na análise porque

estas atividades desempenham um papel importante na formação técnica e de engenharia de componentes para os alunos, também contribuindo para a formação de mão de obra qualificada para as atividades da eletromobilidade no Brasil.

Optou-se por escolher estes eixos analíticos, pois identifica-se uma lacuna na oferta de cursos (graduação e pós-graduação) específicos na temática dos veículos elétricos, sendo que, ademais, muitas das competências técnicas envolvidas nesse segmento estão cobertas por cursos das áreas de engenharia e ciências básicas. Iniciativa interessante que está se consolidando ocorre no âmbito do SENAI do Paraná (tomada como um modelo e *benchmarking* para outros cursos no futuro), que será apresentada na sequência. Serão mencionados também cursos de curta duração e eventos correlatos ao tema que têm contribuído na divulgação desta temática e na ampliação de seu aprendizado.

O Quadro 3.2 apresenta o resultado do mapeamento dos grupos de pesquisa com atuação em áreas vinculadas as tecnologias do SPE no Brasil. Esse quadro agrega os grupos de pesquisa que responderam ao envio do questionário *online* (conforme descrição metodológica feita no Capítulo 1).

**Quadro 3.2:** Grupos de Pesquisa e Equipes Fórmula Elétrica com atuação em áreas vinculadas as tecnologias do SPE (2018).

GRUPOS DE PESQUISA CNPQ		
ESTADO	INSTITUIÇÃO	NOME DO GRUPO
CE	Universidade Federal do Ceará	Grupo de Pesquisas em Energia e Máquinas para a Agricultura do Semiárido (Gemasa)
		Grupo de Processamento de Energia e Controle (GPEC)
DF	Universidade de Brasília	Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Energia
MA	Instituto Federal do Maranhão	Tecnologia Veicular
MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	Grupo de Pesquisa em Automação e Robótica (GPAIROM)
	Universidade Federal de Juiz de Fora	Núcleo de Automação e Eletrônica de Potência (NAEp)
	Universidade Federal de Minas Gerais	TESLA – Engenharia de Potência
PB	Universidade Federal da Paraíba	Grupo de Pesquisa em Células a Combustível de Óxido Sólido
		Grupo de Inteligência Computacional Aplicada – Laboratório de Mobilidade Elétrica

Quadro 3.2 – continuação...

GRUPOS DE PESQUISA CNPQ		
ESTADO	INSTITUIÇÃO	NOME DO GRUPO
PR	Senai – Departamento Regional do Paraná	Eletroquímica Aplicada à Indústria
	Institutos Lactec	Estudos sobre a Emissão de Poluentes e o Desempenho Mecânico de Veículos e Motores
		Pilhas e Baterias
RJ	Instituto Nacional de Tecnologia	Design para Sustentabilidade
RS	Instituto Federal Sul-Rio-Grandense	Grupo de Estudos em Eficiência Energética
SC	Universidade Federal de Santa Catarina	SINERGIA – Grupo de Sustentabilidade e Inovação em Energias Renováveis
SP	Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações	Sistemas de Energia – CPqD
	Instituto Federal de São Paulo	Sistemas Mecânicos Aplicados
	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares	Centro de Células a Combustível e Hidrogênio
	Universidade Estadual de Campinas	Eletrônica de Potência, Acionamentos Elétricos e Sistemas
		Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico
	Universidade Federal do ABC	Grupo de pesquisa em eletromobilidade na UFABC
	Universidade Federal de São Carlos	Grupo de Eletroquímica e Polímeros
Modelagem, Simulação e Controle de Sistemas Dinâmicos		
GRUPOS FÓRMULA ELÉTRICO		
ESTADO	INSTITUIÇÃO	NOME DO GRUPO
MG	Universidade Federal de Itajubá	EcoVeículo <sup>44</sup>
RJ	Universidade Federal Fluminense	Equipe Faraday E-Racing
	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Equipe Minerva eRacing
SC	Universidade Federal de Santa Catarina	Ampera Racing
SP	Universidade Estadual de Campinas	Fórmula E UNICAMP

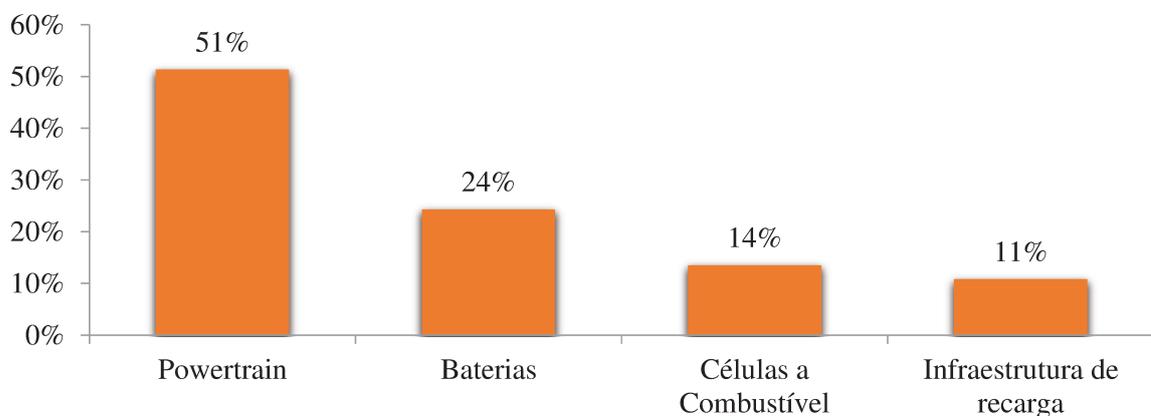
Fonte: elaboração própria, conforme respostas ao questionário online.

No que tange aos blocos de competências do SPE, nos quais estes grupos dedicam suas atividades de pesquisa, observou-se que o bloco de competências com maior participação foi o das tecnologias do *Powertrain*, representando mais de 50% das respostas obtidas por

<sup>44</sup> Ainda que não participe das convencionais competições Fórmula cobertas pela pesquisa, o EcoVeículo foi incluído nesta classificação porque apresenta um protótipo de VE em desenvolvimento e participa de outros tipos de competição, como maratonas e provas de *endurance*.

parte dos grupos de pesquisa. Estas informações conferem com resultados do mapeamento das tecnologias de *Powertrain* no Brasil, em que se constatou a existência de capacidades locais para o desenvolvimento e produção destes componentes localmente no país no curto prazo. As seguintes áreas, listadas segundo a ordem de participação são: baterias (24%), células a combustível (14%) e infraestrutura de recarga (11%). Essas cifras são apresentadas na Figura 3.13.

**Figura 3.13:** Áreas de conhecimento das atividades dos Grupos de Pesquisa mapeados em eletromobilidade (2018).



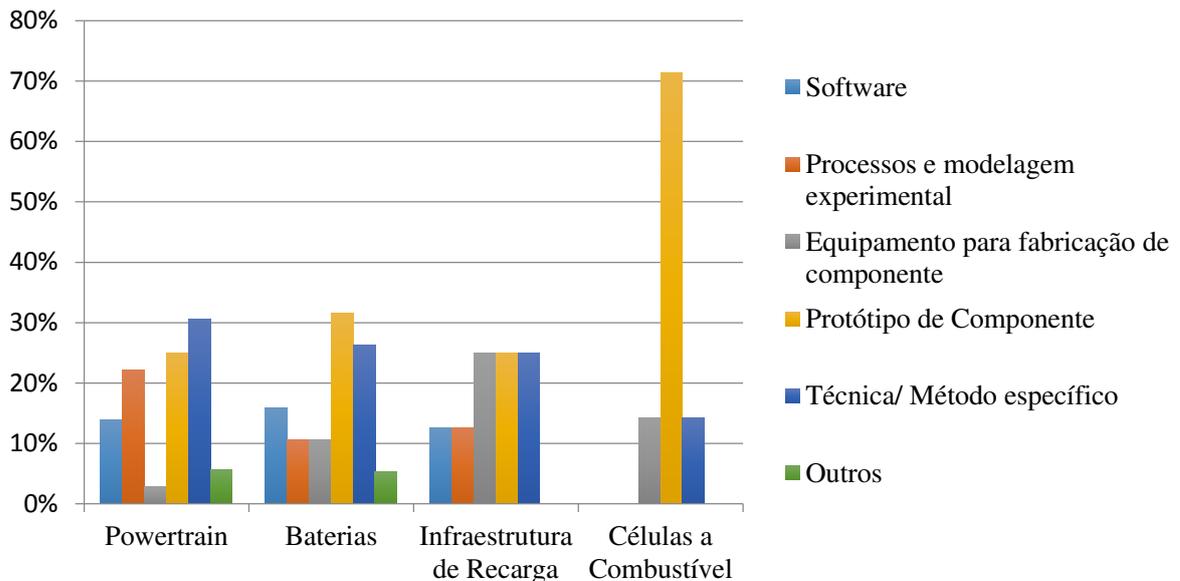
**Fonte:** elaboração própria a partir de 37 respostas de 26 GP.

Os GPs também foram consultados sobre o nível de maturidade das pesquisas por eles desenvolvidas e as possibilidades de transferência destas pesquisas para o setor produtivo. Estas possibilidades foram questionadas em função do tipo de conhecimento ou tecnologia que poderia ser transferido, a saber: i) software, ii) processos e modelagem, iii) técnicas ou métodos específicos, iv) protótipo de componente, v) equipamento para fabricação de componentes; e outros.

Do montante total de respostas, 86% indicaram que suas pesquisas tinham potencial para serem transferidas para o setor produtivo. A Figura 3.14 apresenta as respostas obtidas e evidencia também o nível de maturidade das tecnologias vinculadas ao SPE. Esse gráfico demonstra o potencial de transferência das pesquisas realizadas pelos grupos, apresentadas em porcentagens por tipo de aplicação. Um exemplo disso é o caso das tecnologias das células a combustível, no qual as possibilidades de transferência estão praticamente limitadas a protótipos de componentes, evidenciando um nível incipiente de desenvolvimento deste tipo de tecnologias.

O potencial de aplicação das pesquisas averiguadas apresentou um índice de 86% de afirmação em relação às respostas coletadas, enquanto 14% afirmaram que não veem potencial de aplicação de suas pesquisas na indústria.

**Figura 3.14:** Potencial de transferência das pesquisas por bloco de competências em eletromobilidade dos Grupos de Pesquisa (2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de 37 respostas de 26 GP.

Um indicador do potencial de transferência dessas atividades são as patentes de invenção resultantes das atividades de pesquisa desses grupos. Nove, dentre os 37 formulários, apontaram para grupos que possuem pedidos de patentes na área de eletromobilidade, sendo que a maioria destas patentes se encontram associadas às baterias. As principais patentes destes grupos encontram interface institucional com aquelas demonstradas na seção acima e tangenciam as seguintes áreas:

- Controle para armazenamento de energia elétrica;
- Regeneradores de carga;
- Sistema de transmissão de energia;
- Conversores estáticos;
- Processos de obtenção de materiais de cátodo e ânodo de SOFC;
- Catalisador para reação de reforma à vapor de metanol e seu processo de obtenção;

- Algoritmos de determinação de células de lítio-ion; e,
- Algoritmos para determinar estado de carga e saúde de baterias.

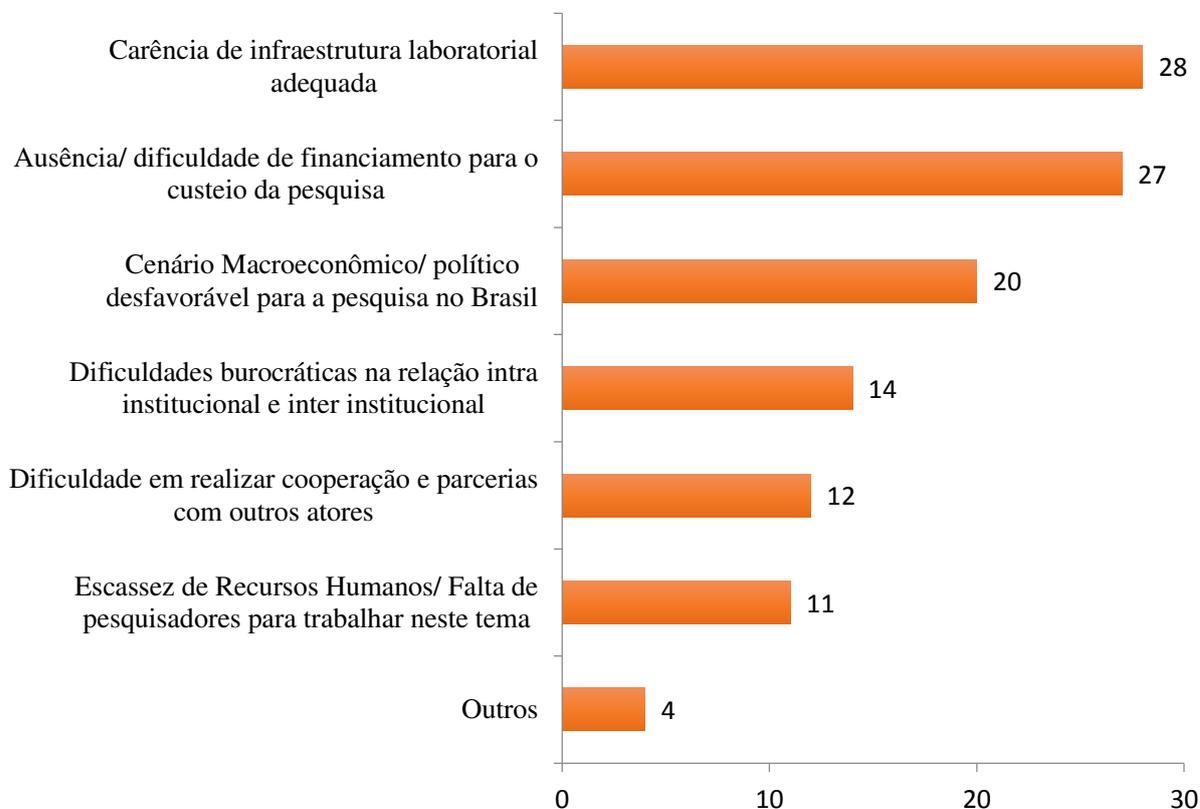
Embora os grupos manifestem possibilidades de transferência de suas tecnologias e realizem esforços para proteger suas invenções com direitos de propriedade industrial, uma das barreiras apontadas por estes, quando consultados sobre os empecilhos existentes para o desenvolvimento das suas atividades de pesquisa, é justamente a dificuldade para realizar cooperação e parcerias com outros atores, especialmente com atores do setor produtivo.

Reflexo disto é o baixo número de projetos em colaboração reportado pelos GP (24%), os quais são realizados majoritariamente em parcerias entre grupos de pesquisa, especialmente quando localizados geograficamente próximos. Exemplo é a colaboração entre o Cefet-MG e a Universidade Federal de Lavras; ou entre o Instituto Nacional de Tecnologia e a Universidade Estadual do Rio de Janeiro; ou mesmo a parceria entre a Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal do Rio Grande do Norte e a Universidade de Aveiro (Portugal).

Ainda sobre essas barreiras que impedem a transferência de tecnologia dos grupos que desenvolvem para as empresas, há as questões associadas ao financiamento da pesquisa que são colocadas pelos grupos com ainda mais proeminência. Os respondentes vinculam as limitações ao financiamento à pesquisa ao cenário macroeconômico e às decisões tomadas no âmbito da política pública, e que resultam desfavoráveis para a pesquisa no Brasil.

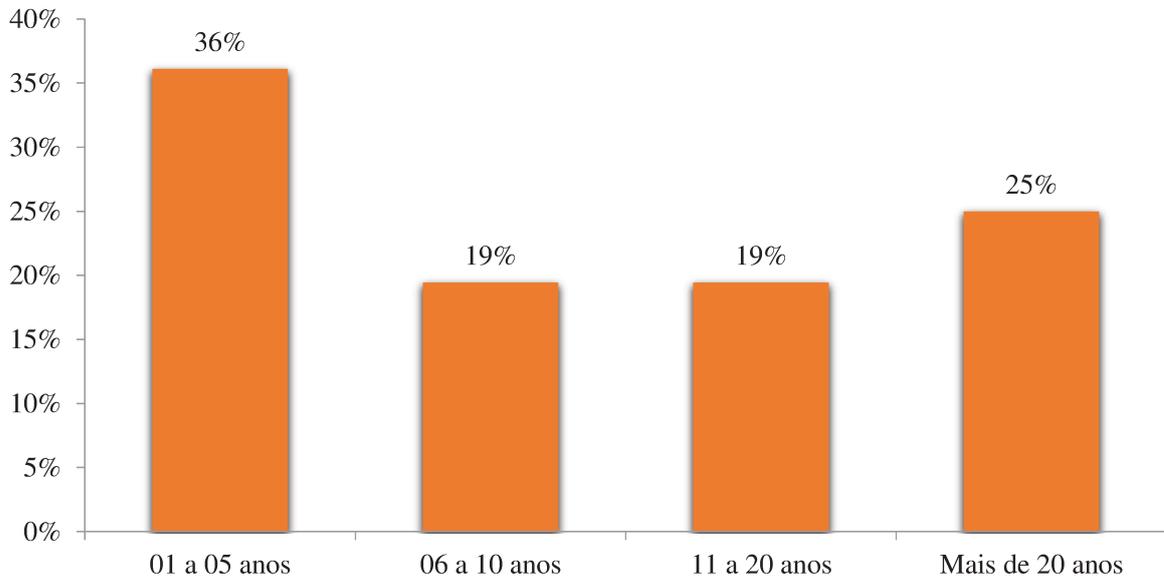
Essas dificuldades para o custeio da pesquisa têm seu reflexo em outras barreiras apontadas pelos GPs, tais como a carência de infraestrutura laboratorial adequada ou a escassez de recursos humanos. Neste último caso, indicam que as restrições de financiamento para pagamento dos pesquisadores e outras verbas referentes à pesquisa acabam por limitar as possibilidades para atrair mais pesquisadoras para a área da eletromobilidade. A Figura 3.15 congrega as respostas obtidas por parte dos grupos de pesquisa em relação às barreiras para o desenvolvimento de atividades em prol da eletromobilidade no Brasil.

**Figura 3.15:** Barreiras para o desenvolvimento das atividades dos Grupos de Pesquisa no Brasil em prol da eletromobilidade (2018).



**Fonte:** elaboração própria a partir de 37 respostas de 26 GP.

Também foi constatado, a partir dos dados coletados com os questionários, que o grau de experiência dos grupos pesquisados varia dentro das áreas em que atuam, conforme ilustrado pela Figura 3.16. Há grupos que relatam atuar há mais de 30 anos desenvolvendo pesquisa nesta temática, mesmo quando a eletromobilidade não figurava entre os assuntos em maior evidência na indústria automotiva. Há também grupos mais jovens, com menos de cinco anos de atividades. Vale, aliás, destacar o surgimento de novos grupos de pesquisa nesta temática nos últimos cinco anos (36%), em concordância com o aquecimento do tema em âmbito do debate nacional.

**Figura 3.16:** Idade dos Grupos de Pesquisa em eletromobilidade (2018).

**Fonte:** elaboração própria a partir de 37 respostas de 26 GP.

Outra informação de destaque é o número de profissionais envolvidos nestes GPs (Figura 3.16). Nota-se que a maior parte dos grupos é liderada por professores que dedicam suas pesquisas à eletromobilidade. Apesar disso, nem todos os grupos contam com professores, uma vez que alguns GPs não estão alocados necessariamente em instituições de ensino, mas sim em instituições de dedicação exclusiva à pesquisa. A inserção de alunos de pós-graduação e graduação também é notável nos grupos, o que fornece indícios da formação de novos profissionais com experiência no tema.

Faz-se importante notar a inserção e protagonismo dos alunos de graduação nos grupos relacionados à Fórmula SAE Elétrica (competição entre equipes de desenvolvimento de veículos elétricos), muitas vezes agrupando mais de vinte estudantes. Esta atividade estudantil demonstra um papel importante na formação técnica e de engenharia de componentes para os alunos, também contribuindo para a formação de mão de obra qualificada para as atividades da eletromobilidade no Brasil.

De modo geral, as informações processadas e analisadas nesta seção demonstram a existência de grupos de pesquisa engajados no tema da eletromobilidade. Na grandeza de aproximadamente 40 grupos, verificou-se que a maior parte destes grupos se voltam às pesquisas em *Powertrain*, analogamente ao cenário encontrado pelos temas das patentes e artigos da seção precedente.

Viu-se também que as pesquisas têm demonstrado potencial de transferência de tecnologia em diversas medidas. Tal potencial pode reverberar na exploração das possibilidades locais pelos atores da indústria ao buscar a transferência deste conhecimento para o desenvolvimento de suas atividades. Notou-se que para as tecnologias do *Powertrain*, as chances de transferência envolvem produtos e processos em estágios mais avançados de desenvolvimento, como métodos de produção, equipamentos e componentes acabados. Por outro lado, tecnologias com pouca difusão local, como células a combustível, demonstram potenciais de transferência mais ligados a projetos ainda em exploração, como protótipos, por exemplo, demonstrando a o estágio embrionário destas tecnologias no Brasil.

Ainda que esses grupos estejam avançando em suas pesquisas e gerando resultados, como as patentes mapeadas, foi possível observar algumas barreiras que se colocam às suas atividades. A mencionada falta de colaboração com os atores da indústria, a carência de infraestrutura e dificuldades de financiamento das pesquisas figuram-se como as principais dificuldades relatadas pelos grupos. E, por se tratarem de grupos em sua maioria com aproximadamente 5 anos de existência, as barreiras evidenciadas colocam em risco a sua continuidade face a estas fragilidades.

### **3.3 Iniciativas em formação, aprendizado e divulgação da mobilidade elétrica no Brasil**

Com vistas a capacitar os profissionais desse mercado da eletromobilidade, as Faculdades da Indústria do Sistema FIEP (Federação das Indústrias do Estado do Paraná) lançaram em 2018 o curso de pós-graduação em Engenharia de Veículos Híbridos e Elétricos. Segundo informações de atores envolvidos nesta iniciativa, o curso tem sido desenhado e discutido desde 2012, contando com o apoio de empresas do setor privado (Bosch, por exemplo).

Esta figura-se como uma iniciativa inédita em nível nacional e dirige-se à formação de profissionais aptos para trabalharem em projetos de veículos elétricos, híbridos e de conectividade. Além da pós-graduação na área, o Sistema FIEP está investindo R\$13 milhões na construção do primeiro Instituto Tecnológico de Veículos Híbridos e Elétricos do Brasil. O Instituto, inaugurado em 9 de outubro de 2018, está localizado em Curitiba (PR) e funcionará no Campus da Indústria.

Na linha de formação e qualificação de recursos humanos para atuar neste setor, foram identificados eventos que, direta ou indiretamente, atuam na divulgação do tema e fortalecem o aprendizado do VE dentro de seus painéis temáticos. Os eventos encontrados foram:

- Congresso SAE;
- Simpósio SAE de Veículos Elétricos e Híbridos;
- SENDI (Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica);
- Veículo Elétrico Latino-Americano;
- Seminário de Propulsões Alternativas;
- SIMEA da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva;
- SNPTEE (Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica); e,
- Workshop – Encontro AEA (Associação Brasileira de Engenharia Automotiva) do Conhecimento Técnico.

Dentre estes eventos, três merecem destaque: o Salão Latino-Americano de VEs, o SAE (Sociedade de Engenheiros da Mobilidade) e o AEA (Associação Brasileira de Engenharia Automotiva) estão entre os principais promotores.

Apesar de terem sido identificados oito eventos com o tema dos VEs, apenas dois deles são exclusivos: o Veículo Elétrico Latino-Americano e o Simpósio SAE de Veículos Elétricos e Híbridos. Os demais eventos abarcam temas gerais ou específicos em outras áreas que incorporam a temática do VE de maneira indireta, sendo a maioria deles voltados para temas de produção, geração e distribuição de energia e eficiência energética e, em alguns casos, voltados para áreas automotivas e de mobilidade. Com exceção dos eventos SNPTEE e o SENDI, que ocorrem a cada dois anos, os demais são realizados anualmente.

### **3.4 Considerações finais**

No tocante à formação de competências, o mapeamento de patentes e artigos nos possibilita afirmar que há em curso no Brasil pesquisas e formação de competências direcionadas à eletromobilidade. No caso das patentes, os esforços têm sido conduzidos principalmente pelas empresas do setor automobilístico de origem de capital estrangeiro, com

transposição de parte de suas atividades no Brasil e em menor medida, com as universidades e institutos de pesquisa. O foco destas competências das pesquisas se encontra em tecnologias direcionadas a cada um dos blocos de competência do SPE representados no Quadro 3.3 a seguir:

**Quadro 3.3:** Resumo dos principais conceitos e tecnologias extraídas das patentes por blocos de competência do SPE.

BLOCO DE COMPETÊNCIA	PRINCIPAIS CONCEITOS E TECNOLOGIAS EXTRAÍDAS DAS PATENTES
POWERTRAIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Powertrain</i> híbrido baseado no acoplamento de motor elétrico de indução</li> <li>• Rotores e estatores</li> <li>• Tecnologias de frenagem regenerativa</li> <li>• Esforços transversais de melhoramento da eficiência energética dos motores elétricos</li> <li>• Desenvolvimento de sistemas avançados em eletrônica de potência e softwares de controle</li> </ul>
ACUMULADORES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de sistemas BMS</li> <li>• Montagem e empacotamento de baterias</li> <li>• Desenvolvimento de sistemas de segurança da bateria:</li> <li>• Específicos para sistemas de baixa tensão: fabricação de células e suas configurações para aplicações de 12V e 48V</li> <li>• Específicos para sistemas de alta tensão: simulações e prototipagem de baterias</li> </ul>
INTEGRAÇÃO E MONTAGEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologia para conversão de veículos propelidos a partir de motores a combustão interna para elétricos</li> <li>• Tecnologias para a integração de baterias com sistemas de <i>Powertrain</i></li> <li>• Cabos e chicotes de alta tensão</li> <li>• Sistemas de transmissão e subcomponentes</li> </ul>
INFRAESTRUTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulações e desenvolvimento em sistemas de protocolos de recarga</li> <li>• Interoperabilidade de eletropostos: comunicação entre os eletropostos e um sistema de gerenciamento central.</li> </ul>

Fonte: elaboração própria.

Assim, ficou claro o direcionamento local para patentes e tecnologias que envolvam a hibridização veicular em seus diferentes estágios, desde as tecnologias para start-stop até àquelas relacionadas à propulsão veicular combinada de fato.

Quanto à criação de conhecimento, os indicadores usados para analisar esta frente de atuação evidenciam não só um nível incipiente da eletromobilidade no Brasil, mas também o adensamento das atividades visando a geração de capacidades locais. Exemplo disso é o aumento na quantidade de publicações científicas e no número de grupos de pesquisa existentes no Brasil.

Foi observada também a grande ênfase destinada aos trabalhos científicos na reflexão sobre o papel do etanol e suas possibilidades de articulação com a eletrificação, dando pistas de uma trajetória promissora ao se pensar nos caminhos da indústria brasileira.

A presença destes grupos em atividade no país, por sua vez, sugere que existiriam possibilidades de colaboração para o desenvolvimento dos componentes dos VEs junto à indústria, especialmente com os componentes do *Powertrain*. No entanto, estes grupos também relatam a existência de barreiras para o desenvolvimento de suas pesquisas, contemplando principalmente a falta de recursos e de parcerias viáveis para a realização e manutenção das próprias atividades de pesquisa.

Além disso, a formação de recursos humanos também apresenta um caráter incipiente, mas com perspectivas de adensamento, visto que o principal exemplo disto está na iniciativa do SENAI (Paraná) com o oferecimento de um curso específico vinculado aos veículos elétricos.

## CAPÍTULO 4 — VISÕES, OPORTUNIDADES E BARREIRAS PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

---

Vimos que o sistema de inovação envolto ao SPE no Brasil tem empreendido esforços no que toca a formação de competências das empresas e ICTs instaladas no país. Isto tornou-se observável ao evidenciarmos o desenvolvimento de tecnologias patenteadas no Brasil e a alavancagem a pesquisa científica no tema, sublinhando suas competências nos blocos de competências do SPE, conforme atestou o capítulo precedente.

Contudo, ao olharmos a estrutura do sistema, a falta de articulação entre os atores e a lacuna de orientação para a eletromobilidade figuram-se como grandes obstáculos. Também, o quadro brasileiro da mobilidade encontra-se bem sedimentado e atrelado a tecnologia estabelecida do MCI, conforme vimos no capítulo 2 ao relatar-se a grande resistência por parte das montadoras em prospectar as tecnologias do SPE no Brasil.

Este panorama alinha-se ao diagnóstico geral de sistemas de inovação emergentes, onde de acordo com Bergek et al (2008), espera-se que os mecanismos de aprisionamento e lock-in tecnológico atuem em prol das tecnologias maduras consolidadas, neste caso o MCI. Ainda, novos STIs em formação geralmente tendem a demonstrar dinâmicas incompletas, como a ausência de atores chaves dentro dos componentes estruturais ou na lacuna de apoio do ponto de vista institucional. Estes arranjos inconclusos corroboram à uma dinâmica funcional mais fragilizada e que pode desenvolver-se de forma mais lenta (BERGEK ET AL., 2008).

Com vistas a superar estas dificuldades (aprisionamento à outras trajetórias tecnológicas e lacunas estruturais) apresentadas por sistemas que estão se alicerçando, é imperativo entender dentro deste STI em formação que tipo de fatores e mecanismos de indução poderiam favorecer uma melhor performance no que diz respeito ao favorecimento da criação de competências locais e robustecimento das atividades ligadas a estas tecnologias. No mesmo grau de importância, é preciso entender que tipo de elementos estão bloqueando ou dificultando a expansão das tecnológicas contempladas.

É com este intuito de mapeamento e diagnóstico que o presente capítulo está inclinado ao abordar as **visões, barreiras e oportunidades** que se colocam para a mobilidade elétrica no Brasil.

É imperativo investigar estes fatores e posicionar a pesquisa com estas informações, pois será a partir destes entendimentos que tomaremos os insights necessários para a

construção da agenda para a mobilidade elétrica no Brasil e das recomendações de políticas públicas, foco do último capítulo da tese.

Além de ser matéria prima, as informações apresentadas e analisadas na sequência caracterizam-se como uma resposta à lacuna de entendimentos sobre quais são as possibilidades e como pode se dar a participação brasileira nesta nova trajetória automotiva, que vem sendo adensada e experimentada intensivamente em outros países.

Para apresentar os resultados obtidos, o capítulo encontra-se organizado em torno de quatro seções, em função dos blocos de competência do SPE, contemplando: (1) Tecnologias do *Powertrain*, (2) Tecnologias dos acumuladores; (3) Integração e montagem de veículos elétricos e, (4) Desenvolvimento e ampliação da infraestrutura.

A análise para cada bloco de competências é composta por três subseções: visão/perspectiva futura, oportunidades e barreiras.

Na parte da visão, introdutória ao bloco de competência em questão, apresentam-se as perspectivas futuras ante a possibilidade de produção local dos componentes.

Os critérios adotados para a construção das visões alinham-se a cada ciclo de 5 anos, definidos na sequência:

- Horizonte de cinco anos (2023): os componentes do SPE incluídos neste horizonte correspondem àqueles dos quais considera-se que existem capacidades locais e que a indústria local poderia dar respostas no curto prazo, caso exista uma demanda que justifique o direcionamento das atividades produtivas da indústria local para o setor dos veículos elétricos.
- Horizonte de dez anos (2028): os componentes incluídos no horizonte de dez anos correspondem àqueles segmentos dos quais é necessário o adensamento das capacidades locais em termos de, por exemplo, implantação de unidades de engenharia no país ou criação de centros de pesquisa e desenvolvimento que permitam o aprimoramento das capacidades locais necessárias para: i) adaptar as tecnologias geradas no exterior às demandas locais; ou, ii) criar as tecnologias necessárias para dar respostas às demandas locais.
- Horizonte de quinze anos (2033): os componentes incluídos no horizonte de quinze anos correspondem às tecnologias das quais não existem capacidades produtivas locais que possam ser aproveitadas ou direcionadas para dar respostas às demandas da indústria dos veículos elétricos leves. Neste caso, é possível a existência de capacidades científico-tecnológicas locais, que

poderiam vir a ser insumo no longo prazo para o adensamento da indústria brasileira na manufatura de veículos elétricos.

No que toca às oportunidades, discute-se ações, fatores e condições que podem desenvolver e impulsionar as tecnologias envolvidas no bloco de competências. Demonstra-se como seria o comportamento destas tecnologias, ponderando quais delas teriam maior chance de nacionalização face às capacidades nacionais de manufatura daquele segmento. Pontuam-se também, quando oportuno, alternativas tecnológicas que se colocam para o setor, que orientarão as escolhas a serem tomadas pelos atores. O pano de fundo desta análise está sedimentado a partir da ideia das janelas de oportunidades tecnológica, referindo-se a possibilidade de países/empresas retardatárias aproveitarem para dar o salto para um novo paradigma tecnológico a partir de suas capacidades e aprendizado. (LEE; MALERBA, 2017).

As barreiras, por seu turno, envolvem os aspectos que bloqueiam/dificultam o desenvolvimento deste setor. Podem se apresentar, por exemplo, na forma de uma falta de capacidade industrial ou uma fraca articulação entre os atores. Claramente, argumenta-se que as ações no âmbito da política, regulação e seus instrumentos devem se concentrar na redução ou eliminação da força destes mecanismos de bloqueio.

Pontua-se que a construção deste capítulo está lastreada a partir do projeto *Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves no Brasil*, cujo contexto e detalhamento da participação deste autor na proposta localiza-se junto ao capítulo 1. Fruto da intensa interação com os atores pertencentes do GT7, baseamo-nos aqui nestas informações levantadas no projeto para empreender a presente análise. Após a discussão destas frentes, ao término do capítulo, segue-se para as considerações finais.

#### **4.1 Tecnologias do *Powertrain***

Cabe lembrar que, segundo descrição realizada na sessão 1.2, o *Powertrain* abrange os seguintes componentes: motores elétricos, eletrônica de potência, *hardware* e *software* de controle, bem como cabos e conectores. Dentre esses componentes, projeta-se que a indústria brasileira estará em condições de produzir motores elétricos por indução, customizados segundo requerimentos das montadoras, em um horizonte não maior do que 5 anos.

Nos anos seguintes, prevê-se (até 2028) a produção de motores elétricos em parceria com as montadoras, utilizando-se das tecnologias de ímã permanente com relutância

magnética. Este tipo de trajetória tecnológica é apontada por Denton (2017) como a mais proeminente, pois, beneficia-se de eficiência, tamanho e facilidade de controle, bem como características de torque (DENTON, 2017). Exemplos de veículos que passaram a adotar este tipo de tecnologia são o Nissan Leaf (segunda geração, 2018) e o Tesla Modelo 3 (2017). Deste modo, argumenta-se o alinhamento da indústria nacional de motores elétricos frente as principais tendências que se colocam para o sistema de *Powertrain* a nível mundial.

Deseja-se que no período total considerado no recorte observado nesta tese, mais de 60% dos motores elétricos sejam produzidos com capacidades locais, porcentagem que poderia ser atingida ainda nos primeiros 5 anos. Essas projeções são feitas considerando que se pode argumentar que dentre os componentes do *Powertrain*, os motores elétricos são aqueles mais avançados em termos das capacidades existentes para o desenvolvimento e manufatura no país. Durante todo o desenvolvimento desta tese, tem se verificado a existência de um complexo industrial montado, com atores já consolidados, sendo um exemplo disto a indústria nacional de motores elétricos.

Quanto à eletrônica de potência, a visão consensual indica que a indústria nacional acompanha os principais desenvolvimentos destes componentes em nível global, excetuando as tecnologias dos semicondutores dos inversores. Estima-se que é possível considerar um cenário no qual pelo menos 60% desses componentes sejam produzidos com capacidades locais, incluindo conversores CC-CC, inversores CA-CC, controle de potência, frenagem regenerativa, sistemas de proteção, indutores e capacitores. Da mesma forma que os motores elétricos, estima-se que essa porcentagem poderia ser atingida ainda nos primeiros 5 anos. Cabe mencionar que toda a eletrônica de potência já é fabricada no Brasil, seja para a parte de tração de pesados como para sistemas industriais.

Especificamente no que toca a frenagem regenerativa, o país segue a tendência apontada pela seção 1.6, que apontou a orientação da indústria nos principais mercados automotivos para os sistemas 48V. No Brasil demonstram-se capacidades já avançadas para atender a este tipo de oferta tecnológica para a indústria e projeta o país nivelado a este caminho que trilha a hibridização.

Por fim, quanto aos cabos e conectores, enxerga-se um período de importação integral com algumas iniciativas de produção local na medida em que o mercado justifique a produção local. Estima-se que no horizonte de 15 anos, o tamanho do mercado no Brasil poderia viabilizar a produção local destes componentes com participação local superior a 60%.

A visão de futuro consolidada para a inserção da indústria brasileira na manufatura desses componentes é apresentada no Quadro 4.1.

**Quadro 4.1:** Visão de futuro para os componentes do *Powertrain* no Brasil.

COMPONENTES	CINCO ANOS (2023)	DEZ ANOS (2028)	QUINZE ANOS (2033)
Motores elétricos	<p>Indústria nacional de motores elétricos já apresenta soluções em motores para veículos leves</p> <p>Motores elétricos customizados: predominantemente de ímãs permanentes. Inclui: estatores e rotores montados usando tecnologias disponíveis nacionalmente.</p>	Motores elétricos produzidos de modo integrado com as montadoras. Inclui: capacidades com novas tecnologias (por exemplo, ímãs permanentes com relutância magnética) e em componentes críticos (por exemplo, chapas de aço e fios de cobre).	Motores elétricos desenvolvidos e produzidos com capacidades locais capazes de atender demandas em massa. Tecnologia local responsável por mais de 60% dos componentes dos motores elétricos.
Eletrônica de Potência	Componentes da eletrônica de potência produzidos localmente aproveitando capacidade instalada localmente. Inclui: conversores CC-CC, inversores CA-CC, controle de potência.	Componentes da eletrônica de potência produzidos localmente incluindo capacidades geradas em frenagem regenerativa, sistemas de proteção, indutores e capacitores.	Tecnologia local responsável por mais de 60% dos componentes da eletrônica de potência.
Eletrônica de Potência	<p>Criação de capacidades produtivas locais em componentes tais como frenagem regenerativa sistemas de proteção, indutores e capacitores.</p> <p>Criação de capacidades científico-tecnológicas e alianças em P&amp;D para acompanhar a evolução das tecnologias de semicondutores, <i>hardware</i> e <i>software</i> de controle.</p>		
Cabos e conectores	Cabos e conectores importados e homologados localmente.	Produção local em escala e de modo integrado às montadoras para cabos de alta tensão, alcançando uma nacionalização média de 30%.	Alcance da nacionalização em níveis iguais ou superiores a 60%.

**Fonte:** adaptado pelo autor a partir de *Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves* (2019).

A visão de futuro apresentada e detalhada no Quadro 4.1 dialoga com a existência de competências acumuladas no Brasil para a produção dessas tecnologias. Essas tecnologias têm sido aplicadas até agora para atender a outras demandas distintas da eletromobilidade, mas que conseguiriam ser direcionadas para o segmento dos veículos elétricos leves. A posição colocada pelos representantes da indústria local é que ela está preparada para atender

as demandas por componentes do *Powertrain* por parte das montadoras tradicionais ou pelos novos entrantes.

Cabe mencionar que a visão de futuro atrelada a estes componentes também inclui a necessidade de promover o desenvolvimento de capacidades científico-tecnológicas que permitam acompanhar a evolução das tecnologias nas quais o Brasil não possui capacidades produtivas e acerca das quais, ademais, existem incertezas tecnológicas ainda em aberto que precisam ser direcionadas, tais como as novas tecnologias de motores de ímãs permanentes, tecnologias dos semicondutores, *hardware* e *software* de controle. Nesse sentido, o mapeamento dos grupos de pesquisa (conforme Capítulo 3) também mostra a existência de capacidades científicas e tecnológicas no Brasil que poderiam dar suporte às necessidades da indústria no que tange aos componentes do *Powertrain* e na formação de mão-de-obra.

Resumindo, a visão de futuro aqui colocada projeta o Brasil no horizonte de 15 anos como um *player* com competências produtivas e de P&D relativas aos *sistemas do Powertrain*. Projetam-se assim níveis superiores de nacionalização de 60% no horizonte de 10 a 15 anos, suprimindo a demanda nacional e com possibilidades reais de impulsionar a indústria local para atividades de exportação destes sistemas para outros países da região. Ainda, vislumbra-se o país equiparado com as principais tendências tecnológicas desse bloco de competência, como os motores de ímãs permanentes e as avançadas competências em sistemas de frenagem regenerativas.

O Quadro 4.2 aponta para as principais barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes do *Powertrain* que têm impactos no cumprimento da visão de futuro acima descrita.

**Quadro 4.2:** Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes do *Powertrain*.

OPORTUNIDADES	BARREIRAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indústria local com capacidade produtiva nas tecnologias do <i>Powertrain</i> / capacidade dos fornecedores locais de dar respostas às demandas específicas das montadoras;</li> <li>• Aproveitamento das capacidades e competências tecnológicas existentes para o desenvolvimento local de <i>Powertrain</i> híbrido a etanol/<i>flexfuel</i>, bem como dos programas do governo interessados em manter e consolidar o setor dos biocombustíveis no país (conciliação de interesses).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montadoras locais pouco abertas a estabelecer parcerias com a cadeia produtiva local;</li> <li>• Indústria local dependente da importação de tecnologias complementares.</li> </ul>

**Fonte:** adaptado pelo autor a partir de *Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves* (2018).

#### 4.1.1 Oportunidades

A visão de futuro para os componentes do *Powertrain* foi desenhada considerando a existência de capacidades locais para a produção destes componentes. Constatou-se, por exemplo, que a indústria nacional de motores elétricos apresenta as competências necessárias para a produção em escala de sistemas de *Powertrain* para a tração elétrica<sup>45</sup>.

Nesse sentido, estima-se que uma das oportunidades para a indústria local é a possibilidade de direcionar essas capacidades para atender às demandas das montadoras interessadas na produção de veículos elétricos leves no território nacional. Isto significa que produtores locais estariam em condições de prover componentes do *Powertrain* customizados segundo especificações das montadoras.

A outra grande oportunidade observada para a indústria e o mercado nacional é o possível desenvolvimento de sistemas de propulsão híbrido flex/etanol. Neste sistema, apontado como sendo um tipo híbrido paralelo<sup>46</sup> e demonstrando um MCI otimizado para ser operado com etanol, é possível aproveitar capacidades tecnológicas e produtivas existentes no país, tanto no que diz respeito às tecnologias dos motores *flex*, movidos com biocombustíveis, quanto acerca das tecnologias de *Powertrain* elétrico, apropriadas do segmento de pesados. Apostar nesta alternativa é encontrar sinergias entre as novas demandas de eletrificação e a base industrial já instalada e consolidada dos combustíveis renováveis a partir do etanol. Valoriza-se, assim, esta *expertise* nacional que demandou recursos e levou décadas para ser consolidada no Brasil e sobre a qual ainda são observados instrumentos de política adotados para promover seu desenvolvimento.

Neste sentido, o programa RenovaBio e sua proposta de um novo ciclo de investimentos e desenvolvimento dos biocombustíveis em paralelo com o movimento de eletrificação veicular acoplam-se um ao outro. O aperfeiçoamento contínuo dos motores a combustão interna otimizados a etanol, a viabilização desta variável híbrida flex e da célula a combustível movida a etanol (SOFC), podem vir a destacar o país como um protagonista importante a nível global, ao conseguir com êxito a utilização de uma plataforma que integra múltiplas fontes de energia renováveis e alinhada às demandas pela mobilidade de baixa emissão.

---

<sup>45</sup> Embora o foco da tese tenha sido a categoria de leves, vale destacar que esta competência se aplicaria também para o caso de pesados, complementando-se mutuamente.

<sup>46</sup> O sistema de propulsão elétrico assume junto ao Motor de Combustão Interna (MCI) o papel de fornecer tração veicular, além de auxiliar no recarregamento das baterias, como já é feito nos híbridos em série.

Além disso, a entrada da produção “eletrificada” pelas mãos dos híbridos nestes próximos anos pode viabilizar a produção de elétricos do tipo *plug-in* (com conexão à rede) no horizonte de 5 a 10 anos. A partir do incentivo a estas tecnologias, a indústria tende a avançar em novos meios de aprendizagem ao adaptar e incrementar seus modelos já existentes, a ponto de consolidar competências que permitam, por exemplo, lançar híbridos *flex* na variável *plug-in*. Exemplo de iniciativa nesta frente refere-se à apresentação em 2018, pela Toyota no Brasil, de seu modelo *Prius Flex*, e em 2019, pela mesma montadora, do modelo Corolla Híbrido Flex<sup>47</sup>, que demonstram a operação de tal tecnologia e figura-se como uma rota tecnológica que pode ser seguida por outras empresas que desejem inserir-se na eletrificação da mobilidade no Brasil, aproveitando-se dos ativos locais.

#### 4.1.2 Barreiras

Os desafios para a produção do *Powertrain* nacional ganham maior relevância caso as montadoras instaladas no Brasil evitem, ou hesitem, em estabelecer parcerias com a cadeia produtiva local, optando pela importação integral destes componentes. Mesmo havendo capacidades de manufatura local, especialmente no que tange aos motores elétricos, as decisões de investimento das montadoras instaladas no Brasil são realizadas no exterior, principalmente nos países sede destas montadoras. Assim, figura-se como uma possível barreira o não acoplamento da indústria nacional a esta trajetória.

Outra barreira é a tendência observada no país à importação de determinados componentes do *Powertrain*, como, por exemplo, as tecnologias de semicondutores e os cabos e conectores. Os cabos e conectores, em particular, são componentes responsáveis pela integração entre o *Powertrain* e os acumuladores e, portanto, críticos por questões de segurança do sistema. Além da tensão superior<sup>48</sup>, tais cabos deverão apresentar resistência quanto a choques e outras emergências, bem como medidas em caso de instabilidade de tensão e outros problemas elétricos.

Segundo estimativas coletadas a partir das reuniões do GT7, estes componentes representam cerca de 5% do valor adicionado na cadeia relativa ao *Powertrain*, sendo atualmente importados e homologados localmente. No entanto, ainda que o aporte ao valor

---

<sup>47</sup> Ver, a esse respeito, Quatro Rodas (2018, 2019).

<sup>48</sup> Exemplos de tensão de carga destes cabos apontam para uma utilização na faixa de 300-700V, de acordo com *Electric Mobility Canada* (2010); para os veículos convencionais, a faixa de tensão de carga fica em 12V.

total do sistema seja menor quando comparado com outros componentes (como os motores elétricos, por exemplo), a dependência na importação deste tipo de componentes, que são críticos, pode limitar a geração de capacidades locais com conhecimento sobre o assunto. Desta forma, as respostas a eventuais problemas ou demandas específicas do setor, mesmo que pontuais (incrementais), não poderiam ser direcionadas com capacidades locais, aprofundando a dependência de conhecimentos e tecnologias geradas no exterior.

## 4.2 Acumuladores de energia

A visão de futuro com respeito às tecnologias de acumuladores foi construída considerando os seguintes tipos de acumuladores, sendo que todos estes são dispositivos para armazenamento de energia:

- *Baterias de baixa tensão*: definidas como as baterias que operam na faixa normal de 48V estas baterias são destinadas, principalmente, a aplicações para veículos híbridos do tipo *micro-hybrid* (partida *start-stop*), *mild-hybrid* (partida assistida) e, em menor medida, *full-hybrid* (tração elétrica compartilhada com o MCI). Exemplos de tecnologias utilizadas para a produção destas baterias são as baterias de chumbo-ácido avançadas.
- *Baterias de alta tensão*: definidas como as baterias que operam em sistemas acima de 48V, estas baterias são destinadas, principalmente, a aplicações para veículos elétricos à bateria (elétricos “puros”) e híbridos tipo *plug-in*. Exemplos de tecnologias utilizadas para a produção destas baterias são as células de lítio-íon e suas diversas configurações (por exemplo, ferro-fosfato de lítio, níquel-manganês-cobalto, níquel-cobalto-alumínio), bem como baterias de sódio.

Os segmentos da cadeia envolvidos nas baterias tanto de alta, quanto de baixa tensão, são (ver Quadro 4.3): (i) componentes elementares (produção de ânodos, cátodos, materiais ativos, eletrólitos e separadores); (ii) células (produção e montagem de células individuais); (iii) módulos (agrupamento das células em módulos), *packing* (agrupamento dos módulos e integração ao sistema de gestão e controle da bateria (BMS)); (iv) controle de potência,

refrigeração e recarga; e, (vi) integração ao veículo (integração do *pack* de bateria dentro do sistema de propulsão elétrico).

As *células a combustível* são capazes de transformar energia química em energia elétrica a partir de combustíveis, sendo o hidrogênio o combustível mais utilizado. Outros combustíveis usados neste tipo de acumuladores são o etanol, gás natural, hidrocarbonetos, metanol e biogás, sendo que a partir destas substâncias é possível gerar hidrogênio.

As células a combustível são classificadas pelo eletrólito empregado para fazer a reação eletroquímica ou a temperatura de operação. Segundo esse segundo critério é possível encontrar as células a combustível de baixa temperatura ( $T < 250^{\circ}\text{C}$ ), dentre as quais se encontram as alcalinas (AFC), a de membrana polimérica (PEMFC), a de metanol direto (DMFC) e a de ácido fosfórico (PAFC). As células a combustível que funcionam a temperaturas intermediárias e altas ( $T$  entre  $500$  e  $1000^{\circ}\text{C}$ ), incluem a célula a combustível de carbonato fundido (MCFC) e a célula a combustível de óxido sólido (SOFC) (AMADO ET AL., 2007). Dentre essas opções, de baixa a altas temperaturas, as células PEMFC e SOFC são as tecnologias que os atores apontam como sendo promissoras para aplicação nos veículos elétricos, sendo a primeira delas baseada no hidrogênio (PEMFC) e a segunda no etanol (SOFC).

Os segmentos da cadeia de valor envolvidos nas células a combustível são: (i) pilha de combustível; (ii) sistema de armazenamento do combustível; (iii) sistema de balanceamento; e, (iv) integração ao veículo.

Dentre estas tecnologias, a visão de futuro elaborada se limita a produção local de baterias de baixa tensão (12V e 48V), restringindo-se aos módulos (agrupamento das células) e o *packing*. Em outras palavras, a visão de futuro se concentra nos últimos segmentos da cadeia de valor das baterias, sendo estes segmentos aqueles nos quais se verificam competências já consolidadas no Brasil e que poderiam atender, sobretudo, os veículos híbridos e os estágios iniciais de hibridização (*mild e micro hybrid*). O Quadro 4.3 apresenta a visão de futuro consolidada para a inserção da indústria brasileira na manufatura dos componentes associados às tecnologias de acumuladores.

**Quadro 4.3:** Visão de futuro associada às baterias de alta e baixa tensão.

COMPONENTES	CINCO ANOS (2023)	DEZ ANOS (2028)	QUINZE ANOS (2033)
Componentes, elementares e células	Consolidação e desenvolvimento das capacidades científico-tecnológicas (principalmente para baixa tensão) e alianças em P&D (principalmente para alta tensão) para acompanhar a evolução das tecnologias associadas aos componentes elementares (ânodos, cátodos, materiais ativos, eletrólitos e separadores).		
Módulo	Direcionamento das capacidades locais para a indústria dos veículos híbridos.	Participação local no agrupamento das células com participação da indústria local em porcentagens maiores a 60%.	
<i>Packing</i>		<i>Packing</i> integral das baterias de Chumbo Carbono Avançadas para aplicações de 12V e 48V. Inclui: desenvolvimento do BMS Veicular; competências em refrigeração do <i>pack</i> ; caracterização e homologação de baterias de lítio/chumbo carbono avançado; e desenvolvimento de segurança da bateria e engenharia para integração.	

**Fonte:** adaptado pelo autor a partir de *Roadmap* Tecnológico para Veículos Elétricos Leves (2018).

Diferentemente do primeiro bloco de competências relativo à *Powertrain*, no caso de baterias de alta e baixa tensão, trata-se de uma indústria ainda embrionária, com incertezas tecnológicas ainda no âmbito internacional. Observam-se no Brasil experiências para o caso dos veículos leves fazendo uso de baterias de chumbo ácido de baixa tensão (sistemas 12V e 48V), demonstrando a existência de capacidades locais para o desenvolvimento dessas tecnologias para os estágios iniciais de hibridização. Como figura-se uma tendência da indústria hibridizar seus veículos, esta existência de capacidades relativas às baterias de chumbo ácido avançadas permite considerar um engajamento nos próximos anos para o país produzir baterias deste tipo internamente em escala.

No caso das baterias de íon-lítio para alta tensão, as iniciativas de produção de células são permeadas por incertezas. Isto não implica projetar o Brasil como um ator alheio ao desenvolvimento deste tipo de tecnologia. Pelo contrário, reconhece-se que é um setor com altas potencialidades e que o país deve começar o processo de criação de capacidades científico-tecnológicas que possam ser direcionadas para o setor produtivo.

De fato, o mapeamento dos grupos de pesquisa revela a tendência para a conformação de uma massa crítica em torno deste assunto, observando-se ainda a existência de pedidos de patentes envolvendo tecnologias atreladas. No entanto, a criação desse tipo de capacidade implica uma visão de longo prazo que pode ir além dos próximos quinze anos. Esse cenário

aplica-se também às células combustíveis, as quais se encontram em um estado de *expertise* e desenvolvimento local ainda anterior ao das baterias de alta e baixa tensão.

Portanto, diferentemente da visão construída para o *Powertrain*, que indica que a indústria nacional já se encontra preparada ou com as condições necessárias para o fornecimento de soluções completas, especialmente em motores elétricos, o bloco de competências dos acumuladores revela um período que requer investimentos e direcionamento de ações para promover sua maior capacitação e desenvolvimento local.

O Quadro 4.4 aponta para as principais barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes relacionados às baterias de alta e baixa tensão que têm impacto para que seja alcançada a visão de futuro descrita acima.

**Quadro 4.4:** Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes das baterias de alta e baixa tensão.

OPORTUNIDADES	BARREIRAS
<p><i>Baterias de baixa tensão</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existência de capacidades locais em baterias de baixa tensão aplicadas ao setor automotivo.</li> <li>• Base de conhecimento para a produção das baterias industriais e estacionárias e que pode ser aplicado também à produção de baterias destinadas à tração elétrica, e vice-versa.</li> <li>• Projeção internacional aponta que o veículo híbrido 48V (<i>Mild Hybrid</i>) será um estágio necessário para a eletrificação veicular.</li> </ul> <p><i>Baterias de alta tensão</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A entrada da mobilidade elétrica pelos veículos pesados no transporte público, pode ter seu <i>know-how</i> e aprendizado absorvido pelo segmento dos leves (exemplos: competências na aplicação de acumuladores, integração do sistema, <i>packing</i> de baterias, desenvolvimento de sistemas BMS).</li> <li>• Localização existente das atividades de empacotamento, refrigeração, sistemas eletrônicos como itens passíveis de desenvolvimento e ampliação das competências locais.</li> <li>• Existência de reservas de lítio no Brasil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visão dominante entre os atores segundo a qual o Brasil continuará sendo dependente da importação das células de lítio.</li> <li>• Pouca vinculação entre as ICTs das áreas de pesquisa e desenvolvimento de acumuladores e o setor automotivo.</li> <li>• Elevada concentração da fabricação de células de lítio em poucas empresas ao redor do mundo (Ásia, principalmente) impõe barreiras à entrada, tanto em termos de conhecimentos científico-tecnológicos, quanto em termos de capital necessário para instalar plantas de produção locais.</li> </ul>

**Fonte:** adaptado pelo autor a partir de *Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves* (2019).

#### 4.2.1 Oportunidades

O primeiro conjunto de oportunidades está diretamente associado às baterias de baixa tensão, sendo a primeira destas oportunidades vinculada à existência de capacidades locais nestas baterias que já são aplicadas em sistemas 12V no setor automotivo, especificamente com baterias de chumbo-ácido.

Nesse sentido, destaca-se que o Brasil já possui um parque avançado de P&D e produção de baterias chumbo-ácido, que poderia suportar o desenvolvimento de soluções mais avançadas em aplicações que considerem como requisito a assistência à tração do veículo com 12V ou 48V. Esse tipo de bateria requer maior densidade energética e capacidade de aceitação de carga, podendo ser utilizada para aplicações em estágios iniciais de hibridização veicular, o que é um caminho para a eletrificação gradual da frota de veículos no Brasil. Exemplos destas possibilidades de aplicação são a partida assistida e o sistema *start-stop* nos veículos.

As baterias desse tipo, produzidas localmente, já possuem regulamentação, certificação e encontram-se em conformidade com as normas e padrões internacionais. Essa indústria poderia se aproveitar da transição projetada internacionalmente, segundo a qual aplicações com *Belt Start Generator* (BSG) (assistência a partida do veículo via motor elétrico) com 48V será um passo natural para a eletrificação veicular, haja vista que o 48V vem sendo tratado como um híbrido de baixo custo.

Vale ainda destacar que outras tipologias voltadas para sistemas auxiliares de tração em veículos ainda abarcarão soluções 12V combinadas com outras tecnologias que ainda demandarão aplicações com baterias chumbo ácido avançadas. Naturalmente, tais projetos também consideram a aplicação do lítio e deverão caminhar em paralelo cada qual em seu nível de competitividade e eficiência.

Outra oportunidade que se coloca com respeito a este tipo de baterias, dada a capacidade produtiva local já existente, e que também pode ser aplicada para as baterias de alta tensão, é a possibilidade de direcionar a produção das baterias para atender outros tipos de demandas, além das do setor automotivo. Isto deve-se ao fato das tecnologias das baterias serem transversais. O principal exemplo desse outro tipo de demanda é a dos sistemas de armazenamento requeridos para compensar os períodos nos quais as fontes de geração de energia elétrica intermitentes não são capazes de produzir energia, como é o caso da tecnologia solar fotovoltaica (FV).

Por isso, os investimentos que o Brasil vem experimentando em torno das energias renováveis, com destaque para os painéis fotovoltaicos e suas baterias para armazenamento de energia, são considerados como outros elementos propulsores do desenvolvimento de baterias avançadas no Brasil considerando tanto aplicações com chumbo-ácido quanto com outras tecnologias, como lítio e sódio. Ainda, acrescenta-se o setor de telecomunicações, intensivo em P&D e na produção de aplicações e soluções eficientes.

Já o segundo grupo de oportunidades está associado às baterias de alta tensão, as quais compartilham a base de conhecimento com as baterias usadas no setor de pesados. Nesse setor se observa o adensamento<sup>49</sup> da eletrificação de veículos pesados em algumas das principais cidades brasileiras. Exemplo desta iniciativa refere-se à licitação em curso na cidade de São Paulo, que visa à implementação de ônibus elétricos por parte dos operadores de transporte público (BERMUDEZ, 2018). Portanto, esse movimento é também uma oportunidade para os veículos leves, pois a produção das baterias de alta tensão, que serão utilizadas nos veículos pesados, podem ter seu *know-how* e aprendizado também apropriados pelo segmento dos veículos leves.

Finalmente, uma oportunidade para o Brasil é o fato de este ser o responsável por 8%<sup>50</sup> das reservas mundiais de lítio, sendo que as baterias de íon-lítio se colocam como uma das principais rotas tecnológicas para atender as demandas de acumulação de energia nos veículos elétricos (VEB e VEHP). Depreende-se também as diferentes recombinações possíveis que o lítio apresenta com outros elementos, como ferro, fosfato, manganês entre outros, apontando para a oportunidade em pesquisa e aprimoramento nestas frentes.

Para as células a combustível, segundo os especialistas, é evidente a oportunidade de desenvolvimento dos conjuntos SOFC, mas com uma perspectiva de longo prazo. É importante assinalar que essa perspectiva de longo prazo se coloca ainda na experiência internacional, encontrando-se às tecnologias das células a combustível em estágios de laboratório ou protótipo. Um exemplo desse tipo de iniciativa é o projeto concebido pela montadora japonesa Nissan com a UNICAMP, visando o desenvolvimento deste tipo de tecnologia no Brasil<sup>51</sup>. Esta rota tecnológica acopla-se diretamente à experiência da indústria brasileira nas tecnologias dos biocombustíveis, o qual ao privilegiar o uso do etanol se coloca, mais uma vez, como uma oportunidade para a indústria local.

---

<sup>49</sup> Pois, algumas cidades brasileiras já experimentam, em menor escala, a utilização de ônibus elétricos (híbridos, trólebus, elétrico à bateria) ao longo os últimos 20 anos.

<sup>50</sup> Ver, a esse respeito, Paes et al.(2016).

<sup>51</sup> Para mais informações, consultar UNICAMP (2019).

#### 4.2.2 Barreiras

A primeira barreira faz referência à visão pessimista de alguns dos atores envolvidos no setor da mobilidade elétrica segundo a qual o Brasil continuará sendo dependente da importação dos componentes elementares das baterias. Uma visão desse tipo limita o engajamento dos atores diretamente ligados à indústria de baterias que acabam por não acreditar nas possibilidades de produção local destes componentes.

Isto, por sua vez, limita também o desenvolvimento de capacidades locais atreladas a essas tecnologias. Por exemplo, uma visão pessimista sobre essas possibilidades pode influenciar a decisão de desenhar políticas de promoção ao setor ou limitar a criação de parcerias entre a indústria e as ICTs.

Neste último caso, ao acreditar que as capacidades locais estão muito aquém da fronteira do conhecimento, a indústria local pode optar por importar as tecnologias ao invés de apostar na aplicação de conhecimentos gerados nas ICTs nacionais. De fato, uma tendência nesse sentido já é observada, sendo que uma das barreiras colocadas pelos grupos de pesquisa, consultados no decorrer desta pesquisa, foi justamente a pouca vinculação existente entre eles (os ICTs) e o setor produtivo.

Esse tipo de visão também pode ser observada, por exemplo, no que tange às incertezas tecnológicas ainda em curso, vinculadas a aspectos tais como questões de segurança ou reciclagem das baterias de lítio. Exemplos destas incertezas se dão na volatilidade de uma bateria quanto às variações de temperatura de uso, o que pode resultar em um incêndio no veículo ou no dano permanente desta bateria.

Retoma-se aqui, em consonância à análise dos indicadores científicos e tecnológicos, que o Brasil apresenta diversos institutos de pesquisa que têm conduzido trabalhos neste sentido. Aproveitar este conhecimento em consolidação no Brasil é de suma importância. Exemplos de instituições desta envergadura são: o CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações), que tem atuado fortemente na parte de segurança de baterias, BMS, na cidade de Campinas/São Paulo e o ITEM (Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura), com foco em P&D nas áreas de eletrificação veicular e armazenamento de energia com sede em Belo Jardim, Pernambuco. Assim, torna-se imperativo mitigar estes riscos ao aproveitar estas competências locais já instaladas e viabilizar mecanismos para fortalecê-las.

A outra grande barreira apontada para o caso das baterias de alta e baixa tensão é a concentração industrial observada na produção deste tipo de baterias, especialmente no caso

das baterias de alta tensão de íons de lítio. Nesse caso, por exemplo, observa-se uma alta concentração na produção em empresas estrangeiras, tais como, LG Chem, Panasonic e BYD. Ainda que tais empresas tenham depositadas patentes no Brasil, conforme apontado na seção correspondente, essa concentração nos países asiáticos impacta tanto no conhecimento por eles gerado e acumulado como também no montante dos investimentos de capital que teria que ser alocado para instalar plantas de produção com a escala requerida para serem competitivas.

### 4.3 Integração e montagem de veículos elétricos

Dentre as tecnologias complementares, estão as tecnologias necessárias para a integração do sistema do *Powertrain* ao de acumuladores e, por fim, a inserção deste conjunto completo de tecnologias, incluindo o chassi do automóvel e sua orquestração necessária. Este segmento também apresenta capacidades instaladas no país. Para a definição da visão de futuro em torno destas tecnologias, parte-se do entendimento de que as capacidades e atividades produtivas atreladas a estas tecnologias continuarão sendo parte das montadoras e novos entrantes já instalados no país. Logo, o Quadro 4.5 reflete esta visão.

**Quadro 4.5:** Visão de futuro associada à integração e montagem de veículos elétricos no Brasil.

TIPO DE INTEGRAÇÃO	CINCO ANOS (2023)	DEZ ANOS (2028)	QUINZE ANOS (2033)
Veículos Híbridos	Criação de capacidades de montagem e manufatura de veículos elétricos híbridos a partir de <i>Powertrains</i> customizados ( <i>flex</i> /etanol otimizado) Início da produção local em menor escala de veículos híbridos	Ampliação das atividades de montagem de veículos híbridos em grande parte das montadoras instaladas no Brasil	
Veículos Elétricos a bateria e Híbridos <i>Plug-in</i>	Transferência tecnológica das matrizes e alianças em P&D (principalmente na montagem do tipo modular) para o aprendizado das subsidiárias locais e acompanhamento das tecnologias associadas à manufatura/montagem	Início da produção local em menor escala de veículos elétricos e híbridos <i>plug-in</i>	Ampliação das atividades de montagem de veículos elétricos em grande parte das montadoras instaladas no Brasil

**Fonte:** adaptado pelo autor a partir de *Roadmap* Tecnológico para Veículos Elétricos Leves (2019).

O Quadro 4.6 aponta para as principais barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na integração e montagem de veículos elétricos e que têm impacto para que seja alcançada a visão de futuro descrita acima.

**Quadro 4.6:** Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na integração e montagem de veículos elétricos.

OPORTUNIDADES	RISCOS E BARREIRAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acoplamento do sistema de <i>Powertrain flex</i> em um sistema híbrido.</li> <li>• Presença de algumas plantas já preparadas para a montagem de veículos híbridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependência tecnológica de cabos e chicotes de alta tensão, responsáveis pela integração do <i>Powertrain</i> aos acumuladores.</li> <li>• Lacuna na parte de regulamentação e padronização de veículos com foco na determinação de padrões de fabricação de componentes ainda não homologados, requisitos para a montagem e padrões mínimos de segurança para os veículos elétricos montados no país.</li> </ul>

**Fonte:** adaptado pelo autor a partir de *Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves* (2019).

#### 4.3.1 Oportunidades

Aponta-se a possibilidade no desenvolvimento de competências específicas do Brasil quanto a integração de sistemas de *Powertrain* elétrico junto a sistemas de biocombustíveis baseados no etanol. Este acoplamento figura-se como uma competência distinta e diferenciada em relação aos outros países que vêm experimentando atividades produtivas dos elétricos.

Complementa-se a esta solução o fato de algumas plantas produtivas no Brasil já estarem capacitadas a atenderem esta demanda produtiva para os próximos anos, vide exemplo da planta da Toyota em Indaiatuba (SP), que demonstra uma configuração apta à montagem dos veículos híbridos no Brasil, e que a alternativa híbrido *flex* já se coloca como promissora para os planos da empresa.

A partir dos relatos coletados no GT7, a mudança tecnológica necessária de uma planta convencional para uma voltada aos híbridos é do tipo incremental. Isto é, ao olhar para a linha de montagem, é preciso a adição à planta de um adendo responsável por acoplar o *Powertrain* híbrido já montado com as baterias (que geralmente localizam-se nos compartimentos traseiros dos veículos), no caso da montadora japonesa tradicional neste segmento. Pois, um veículo híbrido é em essência uma adaptação tecnológica, onde ainda se mantém o destaque e protagonismo de projeto em torno do MCI. No caso da hibridização,

adicionam-se os elementos da eletrificação, como motores elétricos e baterias, de menor envergadura, mas em termos de tração veicular, esta é desenvolvida de forma predominante pelos motores a explosão. A partir dos dados mapeados no GT7, foram relatados que os ciclos de investimentos realizados no âmbito do Inovar Auto já prepararam parte das plantas brasileiras para suportar este tipo de adaptação, trazendo à tona esta possibilidade de eletrificação no curto prazo (5 anos).

#### 4.3.2 Barreiras

Ainda segundo estes atores do GT7 consultados, um dos grandes desafios para a montagem de VEs consiste no acoplamento do sistema de *Powertrain* às baterias. Para isso, o país deverá atentar-se ao desenvolvimento de cabos e chicotes de alta tensão, responsáveis por este tipo de integração, e que diferem substancialmente daqueles utilizados amplamente pelos veículos tradicionais, conforme discutido na seção de barreiras para o *Powertrain*.

Questões de *design* e disposição das baterias no interior do veículo também devem ser contempladas pelas montadoras localmente. Um veículo elétrico a bateria, por seu turno, traz consigo um novo projeto onde o protagonismo consiste em alocar de forma mais segura e harmonizada uma bateria de alta densidade energética dentro dos veículos, geralmente estando localizada na base do automóvel, acima do assoalho, por exemplo. Assim, de um ponto de vista da integração e montagem, demanda-se da linha uma seção específica para a instalação da bateria, o que ainda requer tempo superior a montagem de um veículo tradicional e isto reverbera no seu custo de produção superior.

A arquitetura dos VEs montados aqui deverá assegurar a estabilidade em sua condução. Para isso, torna-se imperativo o planejamento do eixo de gravidade do veículo e o balanceamento da massa dos acumuladores.

Por fim, caberá às instituições governamentais ligadas à parte de regulamentação e padronização de veículos, determinar padrões de fabricação de componentes ainda não homologados, requisitos para a montagem e padrões mínimos de segurança para os veículos elétricos montados no país nos próximos cinco anos.

#### 4.4 Infraestrutura

As tecnologias relativas à infraestrutura de recarga incluem as tecnologias para abastecimento energético veicular. Dividem-se em: Infraestrutura de recarga lenta e semirrápida, a partir de corrente alternada (CA), e Infraestrutura de recarga rápida, realizada em corrente contínua (CC). Acrescenta-se aqui a infraestrutura para abastecimento de sistemas de células a combustíveis, como hidrogênio.

As três opções apresentadas fornecem o mesmo insumo energético, a energia elétrica. Porém, a infraestrutura em corrente contínua apresenta maior complexidade de operação uma vez que o fluxo energético fornecido ao veículo é substancialmente superior àquele fornecido em corrente alternada. Isto implica na necessidade de os sistemas de abastecimento em corrente contínua apresentarem maiores requerimentos de segurança para o abastecimento veicular, melhorias na eletrônica e programação do *software* para carregamento em alta voltagem, além de demandarem cabos e conectores mais robustos para eventuais sobrecargas de tensão.

Já a infraestrutura para células a combustível trabalha com o hidrogênio como insumo energético, o que apresenta características e complexidades diferentes do sistema elétrico. Neste caso, por exemplo, o sistema requer reformadores de hidrogênio, sistemas de balanceamento e gestão da carga de hidrogênio e segurança ante à pressão exigida na operação.

A visão de futuro dos atores envolvidos na produção destes componentes aponta para uma indústria com capacidades suficientes para atender a uma demanda local e ainda internacional em curto prazo, especialmente no que tange à infraestrutura de recarga lenta, semirrápida e rápida. Assim, projeta-se um nível mínimo de 60% de nacionalização dos componentes para estas tecnologias já no horizonte de cinco anos. Destaca-se que os conectores não estão incluídos neste cenário. Sobre este assunto, serão desenvolvidas maiores análises na seção de barreiras e oportunidades para os componentes de infraestrutura na sequência.

Já no caso da infraestrutura de recarga para células a combustível, a indústria estabelece que seja possível considerar um horizonte com mais de 60% de nacionalização para a produção de reformadores de hidrogênio, aproveitando-se das sinergias com outros setores que podem demandar este tipo de tecnologia.

O Quadro 4.7 apresenta a visão de futuro consolidada para a inserção da indústria brasileira na manufatura dos componentes de infraestrutura.

**Quadro 4.7:** Visão de futuro para os componentes de infraestrutura no Brasil.

TIPOS DE INFRAESTRUTURA	CINCO ANOS (2023)
Infraestrutura de recarga lenta/ semirrápida (AC)	Mais de 60% de nacionalização dos componentes de eletropostos CA fabricados localmente.  Desenvolvimento local de sistemas de controladores e de proteção terra.
Infraestrutura de recarga rápida (DC)	Mais de 60% de nacionalização dos componentes de eletropostos CC fabricados localmente.  Desenvolvimento local de sistemas de controladores, de proteção terra e monitor de isolamento de cabos CC.
Infraestrutura de recarga Células a Combustível	Reformadores de hidrogênio com mais de 60% de nacionalização.  Alianças em P&D para transferência tecnológica e acompanhamento da evolução das tecnologias ligadas aos compressores.

**Fonte:** adaptado pelo autor a partir de *Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves* (2019).

O Quadro 4.8 aponta para as principais barreiras e oportunidades vinculadas à indústria instalada no país e que têm impacto para que se alcance a visão de futuro desenhada para essas tecnologias no Brasil.

**Quadro 4.8:** Iniciativas estratégicas, oportunidades tecnológicas e barreiras/riscos para infraestrutura.

OPORTUNIDADES	RISCOS E BARREIRAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veículos elétricos leves aproveitando-se da infraestrutura de recarga para os veículos pesados;</li> <li>• Os mesmos atores que estão fornecendo eletropostos públicos podem prover soluções individuais e domiciliares;</li> <li>• Posicionamento junto ao estado da arte de infraestrutura;</li> <li>• Possibilidade de liderança latino-americana em fornecimento de infraestrutura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependência de importação na parte de controladores eletrônicos e dos <i>plugs</i> e seus protocolos de recarga;</li> <li>• Obsolescência dos padrões de acesso dos usuários nos eletropostos.</li> </ul>

**Fonte:** adaptado pelo autor a partir de *Roadmap Tecnológico para Veículos Elétricos Leves* (2019).

#### 4.4.1 Oportunidades

Segundo os atores, o país apresenta grande parte das competências necessárias para a produção local de eletropostos e já se prepara para avançar nesta direção: projeta-se, ainda no ano de 2018, a oferta de carregadores em corrente alternada, e em 2019, carregadores de corrente contínua<sup>52</sup>.

Neste sentido, figura-se como uma grande oportunidade para o Brasil se aproveitar dessas competências para o provimento de uma infraestrutura tanto do tipo pública, quanto privada, para a recarga de veículos elétricos.

A experiência internacional, evidenciada pelo estudo de Consoni (2018), aponta que a infraestrutura de recarga pública tem sido essencial para a segurança dos usuários e mitigação do efeito *range anxiety*. Aproveitar estas competências, desenvolvendo fornecedores locais, pode instigar novos usuários em potencial dos VEs no Brasil.

Outra oportunidade para os veículos elétricos leves no país é beneficiarem-se da infraestrutura de recarga para os veículos pesados, que avança consistentemente nas principais capitais do Brasil. Para os especialistas, a infraestrutura para veículos leves pode ser instalada próximo/junto à dos pesados, pois a base tecnológica e de componentes é a mesma para ambos, além de existir interoperabilidade quanto à utilização do eletroposto.

Segundo a avaliação dos *experts*, seria necessária a abertura de mais uma porta de saída de energia em uma estação de veículos pesados, só que esta nova porta apresentaria protocolos de recarga e *plugs* específicos para os leves, que podem ser tanto na linha do CHAdeMO, CCS ou Tipo 1.

Deve-se mencionar também a possibilidade destes mesmos atores, que estão fornecendo eletropostos públicos, fornecerem também soluções individuais e domiciliares, como *wallboxes*, por exemplo. Ainda que todos os VEs comercializados tragam consigo um *plug*, esse não possibilita realizar recargas mais rápidas e nem o controle do processo, como programação da recarga, por exemplo.

Investir em soluções privadas é uma alternativa para a ampliação da área de atuação destas empresas de infraestrutura e também para adensar a quantidade de eletropostos no Brasil. Tais soluções podem ser apropriadas para outros ambientes, como condomínios, postos de gasolina e locais onde há a presença da propriedade privada, e o serviço possa ser ofertado.

---

<sup>52</sup> Isso tende a ocorrer por iniciativa de um dos principais atores nacionais junto ao fornecimento de motores elétricos.

Ainda, aproveitar estas competências já acumuladas na parte de infraestrutura pode projetar os atores nacionais como fornecedores do mercado global de eletropostos, ocupando principalmente mercados latino-americanos. Ainda que a mobilidade elétrica apresente-se de forma tímida e avance a passos curtos nestes países, pode ser uma opção para as empresas brasileiras de infraestrutura alcançarem destaque neste segmento.

#### 4.4.2 Barreiras

Verificou-se que em grande parte da cadeia de componentes da infraestrutura de recarga, o país possui competências; a ausência de domínio tecnológico localiza-se na parte de controladores eletrônicos e dos *plugs* e seus protocolos de recarga. Caberá aos atores instalados no Brasil participarem do desenvolvimento das tecnologias de controladores no horizonte de 5 anos, e em 10 anos passar a prover esta tecnologia localmente.

Caso ocorra o adensamento do mercado, os atores poderão responder positivamente a isso, implementando eletropostos. Quanto aos *plugs*, figura-se como uma necessidade acompanhar as evoluções destas tecnologias e talvez não seja o caso de fabricá-las localmente, dada a vasta cadeia de fornecedores existente em nível global.

Outro risco que deverá ser mitigado refere-se aos padrões de acesso dos usuários nos eletropostos. No país, encontra-se em vigência o padrão RFID para tal. Do inglês *Radio-Frequency Identification*, figura-se como um método de identificação, através de sinais de rádio, entre dispositivos habilitados para RFID. Assim, nos eletropostos existentes no Brasil, utiliza-se de cartões magnéticos que apresentam esta tecnologia e fazem a comunicação com o eletroposto, possibilitando a recarga ao usuário.

Contudo, aponta-se que nos próximos 10 anos tal padrão será descontinuado e dará lugar a aplicativos instalados em *smartphones*. Aponta-se esta visão de futuro, pois acredita-se que a grande difusão da tecnologia dos *smartphones* facilitará a utilização deste serviço pelo cliente, sendo mais vantajoso do que portar um cartão adicional, como ocorre no caso do RFID.

#### 4.5 Considerações finais

Este capítulo buscou qualificar, a partir das possibilidades para a montagem de veículos e manufatura de componentes no Brasil, quais são os tipos de competências/atividades de P&D necessárias para a estruturação da mobilidade elétrica em veículos leves no Brasil. As informações levantadas e analisadas nas seções correspondentes aos blocos de competências tomados como *framework* proporcionaram uma ampla perspectiva acerca dos componentes abarcados em um sistema de propulsão elétrico.

Proporcionou também enxergar a visão de futuro para essas tecnologias no Brasil, entendendo esta interpretação como os possíveis pontos de chegada da eletromobilidade no país nos próximos 5, 10 e 15 anos. A partir do desdobramento destas visões, foi possível empreender uma análise baseada nas barreiras e oportunidades que permitem projetar o país, com destaque para o incentivo a essa tecnologia alternativa e que alcancem os cenários postulados.

No que se refere ao *Powertrain*, observou-se que a indústria nacional de motores elétricos apresenta um quadro de competências e tecnologias que alinham-se as principais tendências internacionais, sobretudo no desenvolvimento de sistemas de motores elétricos do tipo ímãs permanentes. Esta trajetória tem sido experimentada pelas principais montadoras, como Tesla e Nissan, como aposta para a motorização de seu portfólio de veículos, que por sua vez projeta o Brasil como um *player* importante ao equipar sua oferta destas tecnologias para elétricos a bateria. Vimos também que há competências desenvolvidas para sistemas de frenagem regenerativa baseados nos sistemas de acumuladores 48V, e que a aposta nacional baseada na hibridização encontraria amparo na indústria no sentido de ofertar seus componentes necessários. Tecnologias complementares como eletrônica de potência e inversores também se encontram disponíveis. A exceção neste caso fica para as tecnologias de cabos e conectores de alta tensão, sem qualquer tipo de fabricação no Brasil e dependente de importação.

Já em relação ao bloco de competências dos acumuladores, nota-se uma situação diferente. Em termos de baterias de alta tensão, verifica-se uma grande carência em termos de competências locais na fabricação de células baseadas no lítio. Não foram constatadas nenhuma ação nesta linha e o abismo em relação a esta atividade tende a aumentar ainda mais com o avanço das “*giga factories*”, apontadas pelo mapeamento apresentado pela IEA (2019), localizadas principalmente na Ásia, que estão sistematicamente reduzindo o custo produtivo das baterias e conseguindo aumentar sua eficiência energética. Na outra ponta das atividades

que envolve as baterias de alta tensão, viu-se que o país apresenta competências na parte de modularização e *packing* de baterias, bem como de sua programação a partir do BMS. Contudo, neste descompasso entre frentes é que reside a problemática da importação de células para serem montadas no país, haja vista que este tipo de transporte de células e elementos químicos correlatos é restrito em termos de seu volume, seja nos modais aéreos e marítimo, e apresenta custo de transporte elevado. Trata-se de uma balança de difícil equilíbrio que demandará estratégias organizacionais diferentes ante a elevação de um mercado de baterias de alta tensão no Brasil.

Já para o caso das baterias de baixa tensão direcionadas à hibridização, o país apresenta ampla tradição nos sistemas baseados em baterias de chumbo ácido, e que encontram-se em prospecção, por parte da indústria nacional de baterias, o desenvolvimento destes sistemas para um estágio mais avançado, que consiga obter mais densidade energética com estas baterias. Os sistemas chumbo ácido avançados conseguem por seu turno habilitar que o Brasil seja um produtor e fornecedor das baterias para os sistemas 48V, localizados nos primeiros estágios dos veículos híbridos. Neste sentido, vislumbra-se que o país já apresenta potencial para atuar nestas soluções que figura-se como uma aposta da indústria, *pari passu* a experiência internacional que também aponta para esta etapa de transição.

No que diz respeito as tecnologias de integração e montagem, viu-se que o país aponta mais para uma adaptação de suas plantas produtivas em prol da hibridização veicular do que a realização de investimentos que toquem a sua transformação para os elétricos a bateria. Antes as possibilidades de rotas tecnológicas, o acoplamento dos sistemas *flex fuel* à tração elétrica figura-se como um casamento oportuno pelos diversos benefícios que ele o traz e que revela-se como uma oportunidade já no curtíssimo prazo, com perspectivas de produção local já nos próximos anos.

Por fim, referente a infraestrutura, notou-se competências avançadas neste segmento, sobretudo na parte dos *hardwares* necessários. Em grande medida por meio dos recursos do P&D ANEEL, vide discussão realizada no capítulo 2, os principais atores mapeados deste setor vêm direcionando esforços para o desenvolvimento da infraestrutura, pois a eletrificação para as concessionárias e distribuidoras é claramente uma nova oportunidade de negócios de maneira ímpar, outrora inexistente.

Deste modo, nesta tese, percorreu-se o caminho que partiu da identificação dos atores que compõem o sistema tecnológico de inovação no Brasil da eletromobilidade (capítulo 2), caracterizando este setor, as políticas, o mercado e demonstrando onde colocam-se os possíveis papéis a serem ocupados nesta trajetória. O capítulo 3 responsabilizou-se por

diagnosticar onde acumulam-se atividades em prol da formação de conhecimentos e competências no país, dando um olhar mais direcionado à questão da pesquisa. Esta discussão se completa com a análise prospectiva empreendida por este capítulo, que demonstrou onde o Brasil pode inserir-se nesta trajetória, a partir das oportunidades relacionadas e também, das barreiras diagnosticadas que podem impedir o alcance das visões de futuro construídas.

A partir desta construção, o diagnóstico apresentado demandará a construção de uma agenda propositiva baseada em uma estrutura de governança, que oriente estas diversas ações e que sejam coordenadas envolvendo os diversos atores vinculados ao assunto, tal como tem sido observado nos países até agora bem-sucedidos no segmento da eletromobilidade. O próximo capítulo da Tese visa colocar as bases para que este cenário possa vir a ser uma realidade no país ao propor uma alternativa de solução que possa dialogar com este cenário mapeado/discutido até aqui.

## **CAPÍTULO 5 — AGENDA PARA A ELETROMOBILIDADE NO BRASIL: A GOVERNANÇA NECESSÁRIA**

---

Ao longo da construção deste trabalho, evidenciamos que o Brasil apresenta os atores necessários para alavancar o STI da eletromobilidade no Brasil e demonstra um arcabouço de políticas públicas setoriais transversais, como o Rota 2030 (setor automotivo) e o programa de P&D ANEEL (setor elétrico), que podem figurar-se como importantes drivers para a eletromobilidade. Pois, estas políticas apresentam espaços, no âmbito de seus instrumentos, onde a eletromobilidade pode ser inserida e vir desdobrar na mobilização dos atores, influenciando suas expectativas de maneira positiva e investimentos acerca deste conjunto tecnológico do SPE emergente.

Ainda, notou-se que além dos elementos estruturais presentes (atores e instituições), há esforços em andamento do ponto de vista da formação de competências em termos científicos e tecnológicos no Brasil. Neste caso, tendo em vista o crescente interesse nas publicações de artigos e patentes, respectivamente, específicos nos blocos de competências observados (vide capítulo 3). E que essas competências mapeadas demonstram potencialidades e oportunidades, que podem ser dificultadas vide as barreiras mapeadas, conforme discussão empreendida no capítulo 4 que indicam os pontos mais sensíveis desta esfera onde a participação do Estado é imperativa neste sentido.

Contudo, esta discussão realizada e costurada ao longo dos capítulos também exprimiu o fato que falta coordenação, articulação e convergência entre os atores. O diálogo, tão necessário entre eles, coloca-se de forma frágil, carecendo de continuidade nas suas ações e de observar metas concretas para o setor no futuro.

É a partir desta construção desenvolvida que se sustenta a proposta deste capítulo ao defendermos a relevância dos arranjos entre os atores e da importância de uma plataforma para o desenho de estratégias para a realidade nacional: trata-se aqui de desenvolver e apontar o tipo de governança necessária vis-à-vis as potencialidades e situações problemas mapeadas de forma a estruturar a produção de veículos elétricos, componentes e formação de capacidades locais da eletromobilidade no Brasil.

Para isso, partimos à proposição de uma plataforma nacional de eletromobilidade. Os argumentos que suportam as sugestões apontadas na sequência estão ancorados no esforço de pesquisa realizado a partir das impressões da Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e

Competitividade (SEPEC/ME)<sup>53</sup>, onde o tema da eletromobilidade, em nível de governo federal, encontra-se acampado majoritariamente e em especial, junto a experiência do GT7 (2017/2018). Neste coletivo do GT7, houve uma composição plural entre seus membros que, embora seja abrangendo atores da indústria automotiva (montadoras e fabricantes de autopeças), associações de classe, instituições de ciência e tecnologia, distintos órgãos do governo, dentre outros.

De forma complementar, baseamo-nos a partir de fontes secundárias nas principais referências internacionais de outros países que desenvolveram mecanismos e espaços similares. Apoiamo-nos nos estudos conduzidos pelo LEVE/Unicamp (CONSONI ET AL., 2018), em que discutem e apontam que as plataformas de articulação e de governança têm sido fundamentais para o avanço consistente da trajetória ascendente da eletromobilidade nos países onde este mercado já é uma realidade (como, por exemplo, Estados Unidos, China, Japão, Noruega e países membros da União Europeia).

Observa-se que o trabalho em rede potencializa a troca de informações e tende a contribuir com a consolidação de mecanismos diversos de aprendizagem e de formação de competências relativas a este campo de discussão. Nestes arranjos internacionais, verificam-se metas para o segmento da eletromobilidade, quanto ao desenvolvimento da tecnologia, consumo e produção, que orientam os atores e apontam para caminhos a serem trilhados nesta nova trajetória.

É frente a estas referências que colocamos aqui uma proposta haja vista ausência de uma agenda em nível nacional, que coordene e oriente o tema da eletromobilidade no país. O conjunto de proposições a serem descritas e analisadas tem como ponto de chegada o subsídio para a formulação de políticas públicas que conformem uma agenda concreta para este segmento.

Assim, este capítulo está organizado em três seções. A primeira, **PLATAFORMA NACIONAL DE ELETROMOBILIDADE: COMPOSIÇÃO E FUNCIONALIDADE**, apresenta esta estrutura de fato, demonstrando os objetivos principais desta organização e sua composição, discutindo cada um dos componentes e seus respectivos papéis.

Na sequência, a seção 2, **OS ALVOS DA GOVERNANÇA DA ELETROMOBILIDADE: ORIENTAÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DA AGENDA**, apresenta de maneira esquemática as áreas e situações prioritárias onde são imperativas ações em prol da formação de competências nos componentes do SPE. Estas ações terão seu

---

<sup>53</sup> Intitulado até o fim de 2018 como Ministério da Indústria e Comércio Exterior e Serviços (MDIC).

direcionamento endógeno à estrutura da plataforma, focado a partir de eixos temáticos específicos caracterizados como os Fóruns Permanentes da Eletromobilidade.

Toda esta estrutura da plataforma deverá ser regida por uma agenda transversal a todos os componentes, como forma de governar e que seja alinhada entre os diferentes atores, foco da terceira seção deste capítulo, **PROPOSIÇÕES E DEFINIÇÃO DA AGENDA NACIONAL PARA A ELETROMOBILIDADE**, que trata de apresentar estas agendas comuns para os componentes do sistema da eletromobilidade. Por fim, segue-se para as considerações finais do capítulo.

### **5.1 Plataforma Nacional de Eletromobilidade: composição e funcionalidade (PNE)**

O objetivo da Plataforma Nacional da Eletromobilidade (PNE) é ser um instrumento de articulação de atores governamentais, mercado e ICTs, coordenando suas ações em prol de uma estratégia nacional da eletromobilidade em termos da inserção local nas atividades produtivas e adensamento e criação de novas competências em P&D no Brasil a partir de um espaço de geração, difusão de conhecimento e aprendizado para todas as frentes participantes e para a sociedade em geral.

Conforme apresentado no capítulo 2, o Brasil apresenta algumas iniciativas de articulações entre atores e a presença de associações que passaram a observar o tema, como a ABVE e ABRAVEI. Contudo, são associações que não contemplam os tomadores de decisão do Estado e que ainda se encontram definindo seus papéis em termos de atuações no Brasil. A proposta que se apresenta aqui é mais ampla e tem foco, sobretudo, na maior integração das esferas público-privadas e no suporte das ICTs em prol da geração de conhecimento local.

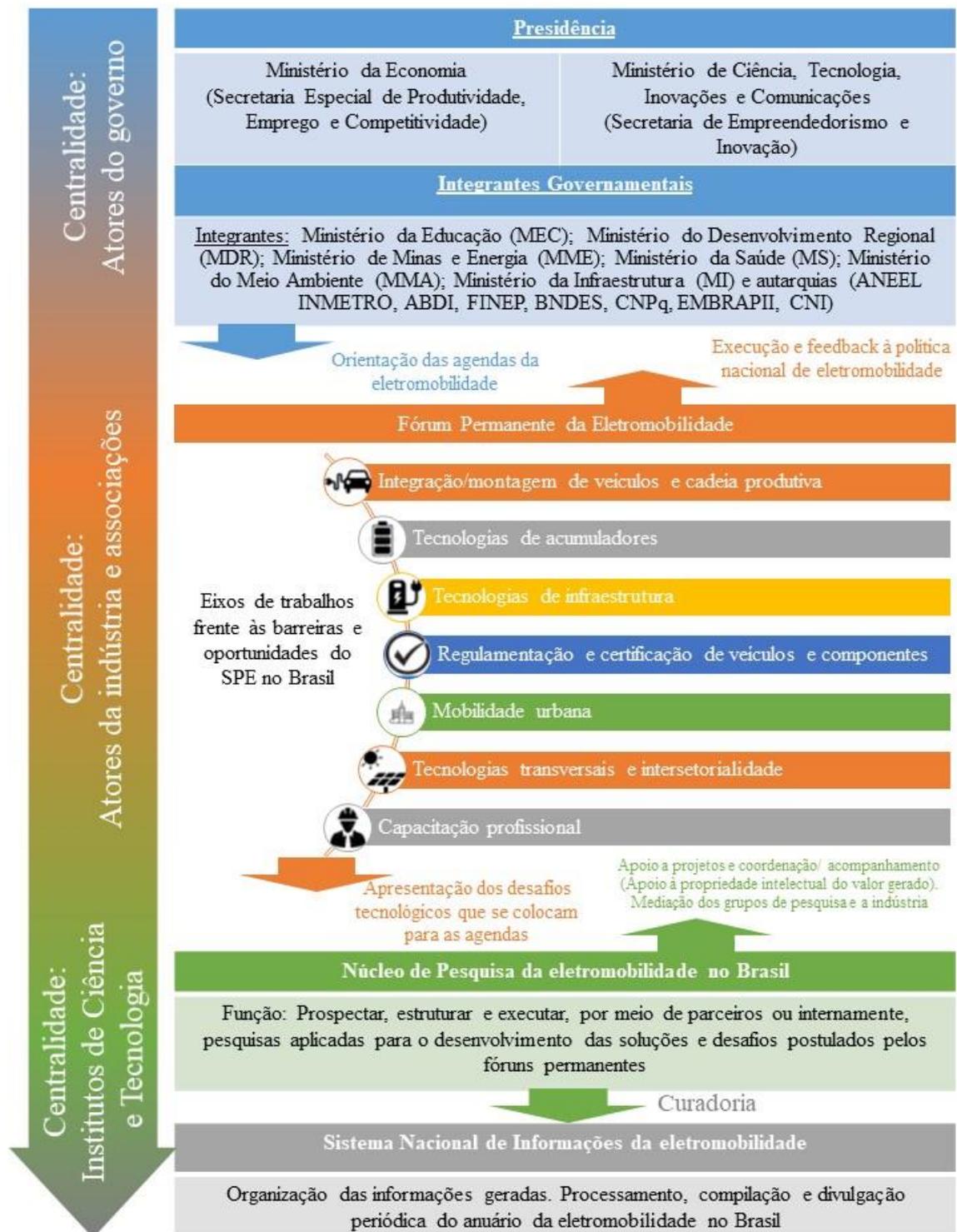
Argumentamos que é necessária a criação de uma estrutura não imposta “de cima para baixo” (*top-down*), mas que se busca uma organização viva, que seja alimentada tanto por informações *top-down* como *botton-up*, onde o *feedback* e a retroalimentação entre os atores assumam o protagonismo em prol de questões de ordem coletiva. É com essa missão que a nova estrutura de governança deve estar comprometida.

O ponto de chegada desta plataforma é apoiar a construção da Política Nacional de Eletromobilidade e implementá-la por meio da articulação dos órgãos e entidades governamentais e não governamentais. Para isso, devem se basear nos mecanismos do tipo regulatório, focado nas políticas públicas explícitas por decretos e leis e regulação de produtos.

Quanto à sua composição, a figura na sequência demonstra a estrutura e os atores que são indicados para compor esta plataforma. Baseamo-nos aqui nos estudos que consideram necessário o balanço entre as esferas públicas e privadas, que compartilham objetivos e também dividem responsabilidades na estrutura (HILLMAN ET AL., 2011; MOULAERT; SEKIA, 2003; NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012; STOKER, 1998; TREIB; BÄHR; FALKNER, 2007).

Para definirmos os atores do quadro de governança partimos do Grupo de Trabalho 7, apresentado de forma esquemática no Capítulo 2. Trata-se do coletivo representativo das reflexões e entendimentos acerca dos veículos elétricos e híbridos no Brasil gestado dentro do programa Rota 2030 (GT 7). No âmbito deste grupo, ao longo do ano de 2018, criou-se um espaço de discussões e aprendizagem junto ao tema, o qual resultou nas principais reflexões e entendimentos de como o Brasil pode se posicionar ante a eletromobilidade.

**Figura 5.1:** Estrutura da Plataforma Nacional de Eletromobilidade.



**Fonte:** elaboração própria.

Recomenda-se que a liderança e o planejamento estratégico da plataforma fiquem a cargo de um comitê ministerial com poderes deliberativos e executivos para a proposição, avaliação, acompanhamento e revisão de políticas públicas. Este comitê teria sua liderança a

cargo da Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade (SEPEC/ME) e da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC/MCTIC). Justificam-se estas opções, pois a SEPEC é a secretaria responsável por cuidar das ações pró-eletromobilidade dentro do ME, e a SETEC por ser a instituição responsável por apoiar o desenvolvimento tecnológico e a criação de competências no âmbito do MCTIC.

Estas recomendações, apoiadas na centralidade governamental no planejamento, são oriundas da experiência vivida dentro do GT7. No referido coletivo, o Governo, representado na época pelo MDIC, assumiu a liderança de coordenar as atividades e seu caráter institucional foi seguido pelos diversos atores que compuseram o grupo. Esta chancela governamental tinha respaldo na então sinalização da política industrial que estava sendo concebida para o setor automotivo, o programa ROTA 2030. Ter o respaldo da regulação via força de lei, neste caso, figurou-se como mandatório para mobilizar todos os atores, empresas e outros interessados.

Outras centralidades nos espaços dentro dessa estrutura referem-se aos atores da indústria, no desenho da estratégia para o alcance das metas estipuladas e às ICTs, com o suporte da pesquisa para apoio à tomada de decisão. Nesta pluralidade de atores é que reside o esforço de propor um arranjo entre estas organizações plurais, que se somam aos atores do setor público, da indústria e das ICTs. Cada um destes atores apresenta um papel relevante para a eletromobilidade, cada qual em sua diferente esfera de atuação, mas que juntos permitem entender de uma maneira sistemática e abrangente os diferentes olhares para a eletromobilidade no Brasil. O Quadro 5.1 apresenta alguns pontos que justificam o papel e a participação de cada um dos membros por categoria de tomadores de decisões.

Caberá a todos estes grupos a criação ou a reorientação de um conjunto amplo de processos, regulamentos, decisões, leis, costumes e ideias que moldam as ações práticas dos atores nesta nova rota tecnológica.

Pois, foi possível verificar que o STI da eletromobilidade no Brasil é composto por atores de diferentes setores industriais, tais como a indústria automobilística, o setor eletroeletrônico e o segmento da geração e distribuição de energia elétrica. De tal modo, esta diversidade é o ponto de partida para a proposta de reconfiguração da mobilidade com novos elementos, principalmente, do setor elétrico e eletrônico, baseado em tecnologias e aplicações transversais como as baterias e diversos componentes elétricos.

**Quadro 5.1:** Atores do Governo e sua relevância.

ATORES PÚBLICOS (MINISTÉRIOS E AUTARQUIAS)	RELEVÂNCIA E ÁREAS DE DISCUSSÃO/ATUAÇÃO/ACOMPANHAMENTO
Ministério da Economia (ME)	Discussão de aspectos relacionados a indústria, competitividade industrial e capacidade produtiva da eletromobilidade.
Ministério de Minas e Energia (MME)	Auxiliar no planejamento energético e abastecimento para frota veicular elétrica. Apoiar a regulação da venda de serviços e energia elétrica.
Ministério da Infraestrutura (MI) e Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR)	Representar o papel das cidades na eletromobilidade e o seu planejamento necessário.
Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)	Contribuição em desenhar o apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico da eletromobilidade no Brasil.
Ministério do Meio Ambiente (MMA)	Participação ante a discussão dos níveis de emissões veiculares.
Ministério da Saúde (MS)	Discussão de temas relacionadas a poluição do ar e seus impactos na saúde pública.
Ministério da Educação (ME)	Colaboração ante a estruturação dos cursos de formação e capacitação profissional na eletromobilidade.

**Fonte:** elaboração própria.

Somam-se aos atores públicos os privados, equilibrando a estrutura de governança, nos termos de Treib et al. (2007), ao dar peso e importância aos atores de mercados responsáveis pela geração e difusão de tecnologias que irão gerar as referenciadas competências necessárias na ponta da cadeia.

**Quadro 5.2:** Atores privados e ICTs.

CATEGORIA DE ATORES	DETALHAMENTO
Montadoras de automóveis	São responsáveis pelas atividades dos blocos de competências, integração e montagem, e representam as montadoras tradicionais do setor automotivo no Brasil, com tradição na manufatura de veículos convencionais (MCI), mas que estão apresentando atividades que tocam o VE no país ou estão demonstrando interesse em prospectar esta nova trajetória tecnológica localmente.
Componentes e autopeças	Fornecem os componentes necessários para o <i>Powertrain</i> e tecnologias dos acumuladores, e são habilitadoras tecnológicas da eletromobilidade.
Setor elétrico e componentes dos carregadores	Responsáveis pelo bloco de competência da infraestrutura, são empresas do setor elétrico atentas à trajetória da mobilidade elétrica, dispensando esforços e recursos para entender seus papéis e funções no que tange ao recarregamento de veículos. Contempla-se nesta categoria também as empresas de eletropostos e componentes de recarga.

Quadro 5.2 – continuação...

CATEGORIA DE ATORES	DETALHAMENTO
Associações de classe	É o papel das organizações e sociedade civil, com a habilidade em engajar-se em torno da mudança tecnológica pró-eletromobilidade. Correspondem aos interesses de suas organizações que se encontram aglutinadas em torno de um interesse comum, seja pela promoção de um determinado mercado ou da coalização em prol da petição de políticas públicas e outros incentivos.
Universidades e Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs)	Representam as unidades de ensino e pesquisa que atuam com o tema. Apoiarão a realização de estudos e pesquisas adereçadas as demandas dos fóruns permanentes. Também, participarão do sistema nacional de informações da eletromobilidade, fornecendo os dados necessários para a divulgação de estudos setoriais, como o anuário nacional da eletromobilidade, por exemplo.
<i>Startups</i>	São empresas de base tecnológica que estão desenvolvendo algum nicho específico e aproveitando as fendas que se abriram para introdução de novos produtos e modelos de negócios no campo dos VEs. Figuram-se majoritariamente como desenvolvedoras de plataformas digitais de serviços e sistemas como BMS, eletrônica de potências e aspectos de conectividade. Acrescentam ao grupo da eletromobilidade perspectivas de novos modelos de negócios e apoiam-se em novas propostas de serviços, auxiliando no crescimento deste sistema de inovação e representando a inclusão de novos atores.

**Fonte:** elaboração própria.

A participação destes atores na estrutura de governança é imperativa, pois pode demonstrar para a coordenação da plataforma onde os esforços na eletromobilidade são necessários e de que maneira eles podem entrar nas agendas prioritárias (foco da seção 5.3).

Sugere-se também a participação do legislativo por meio da frente parlamentar mista em defesa da eletromobilidade no Brasil. Criado em 2018, este ambiente congrega parlamentares e também especialistas de outras esferas para discutir este tema no âmbito legislativo. O foco em inserir estes atores na governança é muni-los de informações técnicas acerca da eletromobilidade e suas especificidades do caso brasileiro, de modo que embase os debates do legislativo junto às possibilidades de criações de projetos de lei, bem como dos encaminhamentos dos projetos já existentes.

Para o caso da plataforma, pontua-se a necessidade de elaboração de uma portaria ministerial específica, neste caso executada pelo ME, que estabeleça a plataforma nacional e lance a base para o seu funcionamento.

Na base da estrutura, o apoio científico e investigativo será imprescindível para munir a plataforma de informações acerca das tecnologias abordadas para auxílio à proposição de políticas e ações pelos fóruns. Ademais, as experiências internacionais apontam que os papéis dos estudos setoriais têm sido decisivos para orientar países/estados/regiões que queiram entrar nesta trajetória, como atesta o relatório da IEA (2018).

No seio desta iniciativa de produção e divulgação de conhecimento, indica-se a criação de um Núcleo de Pesquisa da Eletromobilidade no Brasil. Trata-se de uma plataforma que seja responsável por executar e contratar estudos e pesquisas aplicadas sobre a Eletromobilidade. Ainda, dentro desta estrutura, aponta-se a criação do Sistema de informações da eletromobilidade, figurando-se como um canal aberto para ampla divulgação destas informações, não só para os membros da plataforma, como também, para propagação à sociedade em geral. Nesta direção, sugere-se a redação de um anuário da eletromobilidade no Brasil, vis-à-vis ao exemplo dos principais países que se colocam nesta trajetória e que apresentam documento similar, como no caso da IEA, a publicação Global EV Outlook (IEA, 2018).

Quanto à gestão deste núcleo aponta-se a participação ativa da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) como articuladora dos pesquisadores e gestora das pesquisas. A escolha por esta instituição vem de encontro com sua tradição em estimular os painéis acadêmicos no periódico Salão Latino-americano de Veículos Elétricos que acontece anualmente e tem forte aglutinação de pesquisadores dentro de sua associação.

Este núcleo alimentaria fóruns com informações estratégicas, coordenando e divulgando estudos de apoio para a tomada de decisão no âmbito da eletromobilidade e dando *feedback* às demandas do planejamento.

Toda esta estrutura apontada sustentaria a atuação do que é caracterizado aqui o eixo-chave dentro da plataforma para o desenho das ações necessárias em torno de uma estratégia nacional pró-eletromobilidade: trata-se dos **Fóruns Permanentes da Eletromobilidade**.

Caberão aos fóruns permanentes os olhares direcionados às estratégias para os componentes do SPE, onde as proposições são fundamentais para o avanço brasileiro nesta trajetória, figurando-se como pontos habilitadores. A partir destas informações de caráter essencial, serão obtidos os insumos necessários para o apoio à tomada de decisão no nível do planejamento estratégico a cargos da liderança maior, no âmbito do ME e MCTIC. O material elaborado por este conjunto de atores será a base para uma ulterior proposição de uma política nacional de eletromobilidade, que seja mais incisiva em termos de metas claras de mercado para o segmento e das atividades produtivas e de formação de competências.

Na prática, aponta-se que o funcionamento desta estrutura poderia ser organizado por meio de encontros periódicos. Recomenda-se, por exemplo, uma vez ao semestre uma reunião de alinhamento geral entre todos os membros da plataforma, tendo em vista a apresentação das atividades desempenhadas pelos fóruns, bem como do acompanhamento das metas estabelecidas. Quanto aos fóruns sugere-se uma mesma organização baseada em encontros, porém de forma mais intensa a partir de reuniões mensais ou quinzenais, como forma de dinamizar os trabalhos entre seus entes.

A próxima seção apresenta as situações problema que originam os fóruns permanentes, bem como a definição de suas frentes de atividades e detalhamento, apontando onde as barreiras e oportunidades mapeadas podem ser adereçadas dentro desses fóruns.

## 5.2 Alvos da governança da eletromobilidade: a construção dos fóruns permanentes e orientação para o desenho de suas estratégias

Esta seção parte da apresentação de maneira esquemática das áreas e situações prioritárias, que implicam no desenho de estratégias direcionadas para que as barreiras sejam mitigadas e atenuadas, e as oportunidades alcançadas.

Nesta perspectiva, o Quadro 5.3 sumariza as principais **barreiras e gargalos para os veículos elétricos no Brasil** no capítulo 4.

**Quadro 5.3:** Barreiras para os blocos de competências do SPE Brasil.

BLOCOS DE COMPETÊNCIAS	PRINCIPAIS BARREIRAS DIAGNOSTICADAS
<i>Powertrain</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montadoras locais pouco abertas a estabelecer parcerias com a cadeia produtiva local;</li> <li>• Indústria local dependente da importação de tecnologias complementares.</li> </ul>
Acumuladores de Energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visão que o Brasil continuará sendo dependente da importação das células de lítio.</li> <li>• Pouca vinculação entre as ICTs das áreas de pesquisa e desenvolvimento de acumuladores e o setor automotivo.</li> <li>• Elevada concentração da fabricação de células de lítio em poucas empresas ao redor do mundo (Ásia, principalmente) - barreiras à entrada, tanto em termos de conhecimentos científico-tecnológicos e de capital de investimento.</li> </ul>
Integração e Montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependência tecnológica de cabos e chicotes de alta tensão, responsáveis pela integração do <i>Powertrain</i> aos acumuladores.</li> <li>• Lacuna na parte de regulamentação e padronização de veículos.</li> </ul>

Quadro 5.3 – continuação...

BLOCOS DE COMPETÊNCIAS	PRINCIPAIS BARREIRAS DIAGNOSTICADAS
Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependência de importação na parte de controladores eletrônicos e dos <i>plugs</i> e seus protocolos de recarga.</li> <li>• Obsolescência dos padrões de acesso dos usuários nos eletropostos.</li> </ul>

Fonte: elaboração própria.

Com estes desafios diagnosticados, chamaremos a atenção para dois aspectos fundamentais para a estruturação das atividades e frentes dos Fóruns, a saber: (1) que tipo de ações são necessárias para mitigar estas barreiras; e, (2) como aproveitar as oportunidades que a mobilidade elétrica pode oferecer para o Brasil.

Este exercício aponta precisamente em termos dos componentes do SPE onde o Brasil poderia ganhar com o incentivo à consolidação/formação de competências e atividades produtivas locais da eletromobilidade. Assim, retomam-se as oportunidades tanto na parte de formação de competências como no aproveitamento das capacidades e tecnologias já existentes.

Quadro 5.4: Oportunidades para os blocos de competências do SPE Brasil.

BLOCOS DE COMPETÊNCIAS	PRINCIPAIS OPORTUNIDADES DIAGNOSTICADAS
<i>Powertrain</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indústria local com capacidade produtiva nas tecnologias do <i>Powertrain</i>/capacidade dos fornecedores locais de dar respostas às demandas específicas das montadoras.</li> <li>• Aproveitamento das capacidades e competências tecnológicas existentes para o desenvolvimento local de <i>Powertrain</i> híbrido a etanol/<i>flexfuel</i>, bem como dos programas do governo interessados em manter e consolidar o setor dos biocombustíveis no país (conciliação de interesses).</li> </ul>
Acumuladores de Energia	<p><i>Baterias de baixa tensão:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existência de capacidades locais em baterias de baixa tensão aplicadas ao setor automotivo.</li> <li>• Base de conhecimento para a produção das baterias industriais e estacionárias e que pode ser aplicado também à produção de baterias destinadas à tração elétrica, e vice-versa.</li> <li>• Projeção internacional aponta que o veículo híbrido 48V (<i>Mild Hybrid</i>) será um estágio necessário para a eletrificação veicular.</li> </ul> <p><i>Baterias de alta tensão:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A entrada da mobilidade elétrica pelos veículos pesados no transporte público pode ter seu <i>know-how</i> e aprendizado absorvido pelo segmento dos leves (exemplos: competências na aplicação de acumuladores, integração do sistema, <i>packing</i> de baterias, desenvolvimento de sistemas BMS).</li> </ul>

Quadro 5.4 – continuação...

BLOCOS DE COMPETÊNCIAS	PRINCIPAIS OPORTUNIDADES DIAGNOSTICADAS
Acumuladores de Energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização existente das atividades de empacotamento, refrigeração, sistemas eletrônicos como itens passíveis de desenvolvimento e ampliação das competências locais.</li> <li>• Existência de reservas de lítio no Brasil.</li> </ul>
Integração e Montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acoplamento do sistema de <i>Powertrain flex</i> em um sistema híbrido.</li> <li>• Presença de algumas plantas já preparadas para a montagem de veículos híbridos.</li> </ul>
Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veículos elétricos leves aproveitando-se da infraestrutura de recarga para os veículos pesados.</li> <li>• Os mesmos atores que estão fornecendo eletropostos públicos podem prover soluções individuais e domiciliares.</li> <li>• Posicionamento junto ao estado da arte de infraestrutura.</li> <li>• Possibilidade de liderança latino-americana em fornecimento de infraestrutura.</li> </ul>

**Fonte:** elaboração própria.

Estes elementos pontuados pelos quadros acima deverão ser buscados por cada fração ou atores que compõem a Plataforma. Cada um deles deverá ter uma entidade gestora por trás que organizará as atividades e os encontros periódicos. Mais que uma gestão de trabalhos conjuntos, a entidade gestora deverá pontuar prazos para as suas ações, etapas de cronograma e avaliação interna, alinhadas ao acompanhamento de perto junto à evolução da tecnologia e do próprio mercado da eletromobilidade. Recomenda-se, neste sentido, sua reavaliação periódica em ciclos de avaliação da política, como é feito no Rota 2030, como forma de melhor harmonizar as metas e parâmetros definidos. O quadro na sequência caracteriza os principais pontos de debate necessários para cada um destes fóruns bem como traz exemplos de associações e entidades cujas participações se tornam imperativas.

**Quadro 5.5:** Pontos de debate para cada um dos fóruns.

<b>FÓRUM PERMANENTE DA ELETROMOBILIDADE</b>		
<b>Fórum</b>	<b>Objetivo e detalhamento</b>	<b>Potencial entidade gestora e exemplos de atores</b>
<b>Integração/montagem de veículos e cadeia produtiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abordar aspectos da competitividade das montadoras brasileiras e as possíveis mudanças na estrutura das cadeias produtivas e dos sistemas de <i>Powertrain</i> frente ao gradativo avanço da eletrificação.</li> <li>• Desenhar uma estratégia nacional para o adensamento dos sistemas híbridos <i>flex</i>.</li> <li>• Acompanhar as principais estratégias da eletrificação em outros países e debater as transições dos modelos de negócio de veículos.</li> <li>• Preparar a cadeia de serviços, pós venda e manutenção de veículos elétricos.</li> </ul>	<b>Entidade Gestora</b> <b>ME</b>  ABDI ABEIFA ABINEE ABVE ANFAVEA BNDES DIEESE MCTIC SINDIPEÇAS
<b>Tecnologias de acumuladores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar as novas tecnologias e rotas tecnológicas para os acumuladores.</li> <li>• Entender a transição tecnológica para os sistemas 48V.</li> <li>• Discutir a reciclagem de componentes das baterias e utilização em segunda vida.</li> <li>• Articular uma estratégia de desenvolvimento alinhada ao <i>Roadmap</i> para o adensamento da capacidade produtiva industrial.</li> <li>• Planejamento de viabilidade para a produção de células de lítio no Brasil e exploração de matérias em terras raras.</li> </ul>	<b>Entidade Gestora</b> <b>MCTIC</b>  ABDI ABEIFA ABRABAT ABVE EPE ICTs MME SINDIPEÇAS
<b>Tecnologias de infraestrutura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento dos pontos de recarga.</li> <li>• Discutir cenários de oferta de veículos elétricos.</li> <li>• Discutir a padronização dos tipos de recargas e promover a interoperabilidade entre diferentes sistemas.</li> <li>• Compreender e articular estratégias de negócios com a regulamentação da energia e do setor elétrico.</li> <li>• Planejar a segurança dos eletropostos e equacionar os desafios, como as diferentes tecnologias de <i>plugs</i> de recarga.</li> </ul>	<b>Entidade Gestora</b> <b>MME</b>  ANEEL ANATEL ABVE ABRAVEI ABRADEE ABDI CPqD SINDIPEÇAS INMETRO MDR

Quadro 5.5 – continuação...

<b>FÓRUM PERMANENTE DA ELETROMOBILIDADE</b>		
<b>Fórum</b>	<b>Objetivo e detalhamento</b>	<b>Potencial entidade gestora e exemplos de atores</b>
<b>Regulamentação e certificação de veículos e componentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir e conceituar as tecnologias dos veículos elétricos com vistas a apoiar a homologação e certificação de componentes e estabelecimento de regras de segurança para os VEs.</li> <li>• Parametrização das medições da eficiência energética e acompanhamento das tendências das metas de emissões em outros países e comparação da performance nacional.</li> </ul>	<b>Entidade Gestora MCTIC</b>  ABDI ABRADEE ABRAVEi ABVE ANATEL ANEEL ICTs INMETRO MDR SINDIPEÇAS
<b>Mobilidade urbana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover o diálogo das políticas nacionais com as esferas estaduais e municipais do país. Debater a inserção da eletromobilidade na cidade e a forma como ela pode se apresentar.</li> <li>• Estimular a formação de consórcios intermunicipais de gerenciamento e implantação de projetos pilotos para aplicação de VEs (fomento a compras governamentais, por exemplo).</li> <li>• Apoiar as parcerias entre municípios para a realização de ações conjuntas.</li> </ul>	<b>Entidade Gestora MDR</b>  ABDI ABRADEE ABRAVEI ABVE ANATEL ANEEL DIESSE ICTs MS
<b>Tecnologias transversais e intersetorialidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debater a transversalidade tecnológica que a eletromobilidade apresenta com outras áreas e aplicações e entender quais são as implicações em termos de oportunidades e desafios.</li> <li>• Exemplos de tecnologias correlacionadas são a interface com a internet das coisas e a tecnologia da informação (TIC) em prol da conectividade veicular. Acrescenta-se também a interface com a geração de energia elétrica limpa, a partir da microgeração baseada em países solares.</li> </ul>	<b>Entidade Gestora MCTIC</b>  ABDI ABRADEE ABVE ANEEL ICTs INMETRO MDR SINDIPEÇAS

Quadro 5.5 – continuação...

<b>FÓRUM PERMANENTE DA ELETROMOBILIDADE</b>		
<b>Fórum</b>	<b>Objetivo e detalhamento</b>	<b>Potencial entidade gestora e exemplos de atores</b>
<b>Capacitação profissional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir a nova base de conhecimentos amparada no SPE, que traz à tona uma demanda por profissionais que demonstrem qualificações diferentes do segmento tradicional do MCI.</li> <li>• Neste movimento da eletrificação, os temas estratégicos como, por exemplo, baterias, motores elétricos, eletrônica de potência e sistemas de recarga, precisarão ser difundidos nas diferentes grades de formação profissional para lastrear a oferta tecnológica e apoiar a construção de capacidades.</li> </ul>	<b>Coordenação: MEC</b> ABDI ABEIFA ABVE CNI CNM DIEESE EPE ICTs MCTIC ME SINDIPEÇAS

**Fonte:** elaboração própria.

Estes fóruns devem se apresentar em reuniões periódicas de caráter permanente. Defende-se o papel da participação das associações, ao invés de organizações individuais, como representantes dos diferentes coletivos setoriais para que possam dar voz às suas aspirações. Esta escolha é oportuna, pois a plataforma figura-se como a última instância dentro da organização da eletromobilidade no Brasil e infere-se que as organizações individuais já se encontram inseridas dentro do escopo das outras associações em si.

Todo este arranjo colocado deverá ser orientado a partir de uma visão compartilhada pelos seus componentes. Estes, por seu turno, deverão ser orientados a partir de agendas estratégicas, que projetam as principais necessidades que se colocam para o desenvolvimento da eletromobilidade no país, e será o foco da próxima seção.

### **5.3 Proposições e definição da agenda nacional para a eletromobilidade**

Por fim, a última seção traz os elementos necessários para a orquestração geral do funcionamento da plataforma, sobretudo como uma orientação aos trabalhos gerais a serem desenvolvidos e sua conjuntura.

Tais orientações apresentam caráter transversal, isto é, devem ser incorporadas por todos os elementos da plataforma e em todos os fóruns onde as temáticas específicas são desenvolvidas. Diferentemente da seção anterior, que buscou adereçar as situações/problemas

para cada fração dos atores que compõem a plataforma, aqui foram apresentadas orientações gerais, a partir do que será chamado de **agendas estratégicas**. Ainda que, conforme será abordado ao longo do texto, será evidenciado que alguns pontos destas agendas irão inclinar-se mais para a governança de um ou outro conjunto de atores específicos, onde a participação dos fóruns, neste sentido, será primordial para adereçar a execução destas agendas.

Para isso, estas recomendações serão apresentadas em torno de suas dimensões, partindo do nível mais macro, para o nível específico que tocará a regulação necessária para o setor. A figura a seguir sintetiza esta construção que será detalhada na sequência

**Figura 5.2:** Agendas estratégicas para a eletromobilidade no Brasil.

#### Agenda Estratégica 1: Promover a articulação e coordenação

- Promover a articulação entre os atores do tecido produtivo do SPE

#### Agenda Estratégica 2: Fortalecimento de competências

- Consolidação das competências nacionais já alcançadas nos componentes do SPE

#### Agenda Estratégica 3: Pesquisa e Desenvolvimento em tecnologias estratégicas

- Criação de programas de P&D prioritários para suporte ao desenvolvimento de competências do SPE

#### Agenda Estratégica 4: Interface e transversalidade tecnológica com outras aplicações

- Acoplamento da eletromobilidade com outras tecnologias e aplicações correlacionadas

#### Agenda Estratégica 5: Fomento aos projetos pilotos e consórcios intermunicipais

- Construção de espaços a partir das cidades como locus para demonstração dos veículos elétricos e componentes do SPE

#### Agenda Estratégica 6: Capacitação profissional

- Fortalecimento e desenho de cursos, disciplinas e outros instrumentos de aprendizagem para o SPE

#### Agenda Estratégica 7: Desenvolvimento do marco regulatório

- Organizar e dar sustentação regulatória necessária do lado da oferta para a produção de veículos e componentes do SPE

**Fonte:** elaboração própria.

### 5.3.1 Agenda Estratégica 1: Articulação entre os atores do tecido produtivo do SPE

Como foi detalhado na análise de barreiras e oportunidades (no Capítulo 4), o Brasil sedia empresas capazes de manufaturar os componentes do *Powertrain*, especialmente dos motores elétricos, bem como componentes relativos à eletrônica de potência, tais como conversores CC-CC, inversores CA-CC e componentes para realizar o controle de potência. Portanto, a visão de futuro projetada coloca o Brasil no horizonte de quinze anos como um *player* com competências produtivas e de P&D relativas aos sistemas do *Powertrain*.

Projetam-se, assim, níveis de nacionalização superiores a 60% no horizonte de dez a quinze anos, suprimindo a demanda nacional e com possibilidades reais de impulsionar a indústria local para atividades de exportação destes sistemas para outros países da região, como, por exemplo, Uruguai, Argentina e Chile.

Há também empresas com experiência na manufatura de baterias, cujas capacidades poderiam ser aproveitadas no segmento direcionado aos VEs, especificamente no que tange ao empacotamento dos módulos de baterias, bem como à integração delas ao veículo. Nesses casos, considera-se que essas empresas teriam capacidade para dar respostas às possíveis demandas de montadoras com interesse em começar a montagem de automóveis elétricos no Brasil. A agenda estratégica aqui proposta considera o aproveitamento de tais capacidades.

No entanto, é necessário promover a articulação entre estes atores do tecido produtivo, sobretudo no que diz respeito ao diálogo entre montadoras e produtores locais, pois esse vínculo precisa ser desenvolvido e fortalecido. Ficou evidente a partir dos relatos obtidos que os relacionamentos entre as montadoras multinacionais e as fornecedoras locais figura-se de modo tênue, e encontra resistências de coordenação e estratégia por parte das montadoras. Isto reflete no fato de que as montadoras instaladas no país são predominantemente de origem de capital estrangeiro, cuja tomada de decisão situa-se em outras localidades e não refletem seus anseios para as subsidiárias no Brasil.

Entende-se que, ao favorecer esse tipo de parceria, as empresas locais teriam acesso às demandas tecnológicas das montadoras, conseguindo direcionar suas atividades de engenharia e P&D para gerar as soluções requeridas para satisfazer as demandas tecnológicas. As montadoras, por sua vez, teriam acesso ao conhecimento local com potencial para ajudar ou aprimorar tecnologias e processos.

A proposta aqui colocada é da incorporação de conhecimento local gerado nos processos produtivos a partir do aproveitamento pelas montadoras dos instrumentos de promoção vigentes, sendo tanto instrumentos específicos para o setor (Rota 2030) quanto

instrumentos transversais colocados à disposição pelo governo local – dentre eles, o Credenciamento de Fornecedores Informatizado (CFI), do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), podendo ser aprimorado neste caso.

No primeiro caso, a política industrial do setor, o programa Rota 2030, é a ponte possível para suportar a construção destas articulações. Conforme discutido no Capítulo 2, este programa é diferente de seu precedente (Inovar Auto), pois deu abertura para a participação da cadeia de componentes. Esta, por sua vez, ao atuar em conjunto, poderá desenvolver projetos, seja pela via dos benefícios fiscais promovidos pela P&D, ou pelo pilar baseado na renúncia fiscal dos 2% do imposto de importação (do regime de autopeças não produzidas localmente, por exemplo, o tarifário), que será usado para a criação de um fundo plural de programas prioritários.

Sugere-se que dentro dos programas prioritários haja uma linha dedicada à eletrificação que conseqüentemente será uma porta de entrada para projetos realizados a partir destas parcerias, conforme prevê o programa. Poderão assim ser costurados projetos que atendam às demandas nacionais entre as montadoras e os fornecedores locais.

Já no caso do CFI, o BNDES coloca à disposição condições especiais de financiamento para a aquisição de equipamentos ou componentes oferecidos pelos fornecedores que façam parte do credenciamento. Para fazer parte do CFI, esses fornecedores devem cumprir requisitos de conteúdo local – salvo exceções, de 60%. Essa porcentagem é definida segundo o Regulamento para o Credenciamento de Máquinas, Equipamentos, Sistemas Industriais e Componentes no Credenciamento de Fornecedores Informatizado (CFI) do BNDES.

Ainda que esse instrumento já esteja à disposição, ele poderia ser aprimorado a partir de uma linha específica que se atente às diferenças produtivas dos componentes que a eletromobilidade traz consigo, conforme abordado ao longo desta tese. Neste caso, a ideia seria a adoção de critérios diferentes para o CFI, com índices de credenciamento diferenciados, partindo de uma lógica de progressão em que se elevariam gradualmente os índices numa perspectiva de longo prazo, sugerindo alinhamento aos ciclos de 5, 10 e 15 anos pontuados pelo Rota 2030.

Sendo assim, o entendimento encontrado a partir das barreiras reflete que, para alguns componentes, o índice de nacionalização de 60% dificilmente será atingido. Portanto, recomenda-se que num primeiro momento tais índices de CFI sejam nulos e avancem gradativamente ao longo dos anos, para fortalecer as atividades de produção e conseguir melhor articular a rede de atores no Brasil.

### *5.3.2 Agenda Estratégica 2: Fortalecimento das capacidades produtivas locais nos componentes do SPE*

Além de costurar melhor a articulação entre os atores, para dar resposta ao acoplamento entre montadoras e autopeças, é necessário aprimorar as capacidades locais naqueles componentes nos quais existe potencial de aprimoramento. No caso dos componentes do *Powertrain*, exemplos deste tipo de esforço incluem: a passagem de motores de indução para ímãs permanentes e a manufatura de componentes da eletrônica de potência, tais como frenagem regenerativa, sistemas de proteção, e indutores e capacitores. Todas estas tecnologias colocam-se como tendências globais para a indústria, vide conteúdo apresentado na seção 1.6 do Capítulo 1, e foram apontadas como possibilidades de desenvolvimento nacional, por meio da análise empreendida no Capítulo 4.

No caso dos acumuladores, a necessidade de criar e aprimorar as capacidades locais é ainda mais expressiva. Nesta perspectiva, esta agenda estratégica propõe a realização de investimentos e o direcionamento de ações para promover uma maior capacitação e desenvolvimento local nos componentes atrelados, especialmente no que tange aos componentes das células.

Uma possível alternativa para a criação e o aprimoramento de capacidades locais é o desenho de instrumentos que condicionem a promoção da expansão da capacidade produtiva de empresas sediadas no país à melhora das tecnologias existentes, ou à criação de capacidades em tecnologias ainda inexploradas no contexto nacional, mas com possibilidades para tanto. Um exemplo desse tipo de instrumento no contexto nacional é a criação de metodologias para a habilitação de empresas no CFI do BNDES, vis-à-vis ao instrumento proposta na seção anterior. Esse tipo de metodologia busca condicionar o financiamento oferecido pelo Banco ao aumento nos níveis de conteúdo local.

### *5.3.3 Agenda Estratégica 3: Criação de programas de P&D prioritários para suporte ao desenvolvimento de competências do SPE*

Além de fomentar o aprimoramento das capacidades produtivas locais mediante a expansão dessa capacidade, condicionando-a a melhoras tecnológicas, é necessário promover os vínculos entre as ICTs e as empresas envolvidas com os desafios tecnológicos naqueles

componentes que requerem esse tipo de parceria, bem como naqueles segmentos em que as perspectivas de produção local são de longo prazo.

Entre as principais instituições que financiam a realização de atividades de P&D em escala nacional no Brasil, destacam-se o CNPq e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). O CNPq financia projetos de pesquisa conduzidos pelas ICTs do país (principalmente universidades e laboratórios de pesquisa), enquanto a FINEP financia projetos executados tanto por ICTs quanto por empresas, ou parcerias entre esses dois tipos de instituição. Nessa última linha, encontram-se também as Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs), cujo alcance, porém, está restrito ao nível estadual.

Mais voltados para o setor industrial estão a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o programa de P&D da Aneel. Neste último caso, o programa exige que as empresas do setor energético vinculadas à geração, distribuição e transmissão de energia elétrica invistam anualmente uma porcentagem de seu lucro líquido em atividades de P&D atreladas ao setor. De fato, essa agência lançou no primeiro semestre de 2019 uma chamada específica para a eletromobilidade, a chamada estratégica Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente (Projeto de P&D Estratégico nº 22/2018).

Estima-se que é possível fazer uso dos instrumentos colocados à disposição por essas instituições para promover, com direcionamento, as atividades de P&D nos blocos de competências vinculados ao SPE. No Quadro 5.6, são detalhadas as linhas de P&D que poderiam ser priorizadas por essas instituições.

**Quadro 5.6:** Linhas de P&D prioritárias atreladas aos blocos de competências do SPE.

BLOCO DE COMPETÊNCIAS	PONTOS FOCAIS DA P&D
<i>Powertrain</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motores de ímãs permanentes e sua variável, relutância magnética.</li> <li>• <i>Powertrain</i> híbrido a etanol baseado no acoplamento de motor elétrico de indução.</li> <li>• <i>Powertrain</i> híbrido com célula a combustível a etanol</li> <li>• Tecnologias de frenagem regenerativa.</li> <li>• Esforços transversais de melhoramento da eficiência energética dos motores elétricos.</li> <li>• Desenvolvimento de sistemas avançados em eletrônica de potência e <i>softwares</i> de controle.</li> </ul>

Quadro 5.6 – continuação...

BLOCO DE COMPETÊNCIAS	PONTOS FOCAIS DA P&D
<b>Acumuladores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de sistemas BMS.</li> <li>• Montagem de <i>pack</i> de baterias.</li> <li>• Desenvolvimento de sistemas de segurança da bateria.</li> <li>• Específicos para sistemas de baixa tensão: fabricação de células de chumbo-carbono avançadas e suas configurações para aplicações de 12V e 48V.</li> <li>• Específicos para sistemas de alta tensão: simulações e prototipagem de baterias de alta tensão montadas no Brasil a partir da importação de células de lítio-íon.</li> <li>• Específicos para sistemas a células a combustível: desenvolvimento de gerador movido por meio de uma SOFC para produzir hidrogênio a partir do etanol</li> </ul>
<b>Integração e montagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologia para conversão de veículos propelidos a partir de motores a combustão interna para elétricos.</li> <li>• Aperfeiçoamento das plantas produtivas nacionais para montagem de VHS.</li> <li>• Engenharia para a integração de baterias com sistemas de <i>Powertrain</i>.</li> </ul>
<b>Infraestrutura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Novos padrões de acesso dos usuários nos eletropostos e aprimoramento do padrão RFID.</li> <li>• Simulações e desenvolvimento em sistemas de protocolos de recarga.</li> <li>• Interoperabilidade de eletropostos: comunicação entre os eletropostos e um sistema de gerenciamento central.</li> <li>• Desenvolvimento de infraestrutura para sistemas a células a combustível na categoria PEMFC e SOFC.</li> </ul>

Fonte: elaboração própria.

#### 5.3.4 Agenda Estratégica 4: Interface e transversalidade da eletromobilidade com outras tecnologias

A eletrificação dos sistemas de propulsão veicular, ao mesmo tempo em que lança as bases para o estabelecimento de soluções ambientalmente mais limpas, agrega novas tecnologias e funcionalidades. Ressalta-se, neste sentido, que as tecnologias que estruturam os veículos elétricos, baseadas na eletroeletrônica, criam condições para o melhor funcionamento e incorporação de atributos ligados às tecnologias digitais, dado o elevado conteúdo de eletrônica embarcada nos circuitos e nos sensores responsáveis pela operacionalização destas tecnologias.

A incorporação dessas tecnologias permite a criação de uma variedade de aplicações e serviços baseados na comunicação de dados e processamento de grandes volumes de

informação. São vários os caminhos que a mobilidade pode trilhar, tais como o sistema de compartilhamento (*sharing*), a conectividade veicular e os veículos autônomos.

Abrem-se assim novas perspectivas para se pensar o futuro da indústria automobilística global e as várias oportunidades para novos negócios que emergem destas tendências. A mobilidade elétrica está totalmente aderente a estas novas possibilidades, potencializando a viabilidade destas soluções. É a partir dessas transformações que se tornam imperativas políticas e instrumentos que viabilizem e promovam a experimentação destas novas soluções, como possibilidades para que novos negócios sejam potencializados na perspectiva do transporte.

Ainda, faz-se a constatação de que os VEs híbridos e os veículos movidos com células a combustível na configuração SOFC são duas das opções da eletromobilidade nas quais é possível considerar a participação da indústria brasileira do biocombustível etanol à base de cana-de-açúcar. Considerando a trajetória dessa indústria local, uma das ações estratégicas consideradas é a criação de capacidades para a manufatura de VEs híbridos *flex*/etanol, bem como a criação de espaços onde tanto as empresas com participação nos segmentos do SPE quanto as do setor dos biocombustíveis, em conjunto com ICTs trabalhando em pesquisas relacionadas, possam considerar rotas tecnológicas a serem perseguidas pela indústria nacional. Uma plataforma do tipo precisa da coordenação entre diferentes esferas do governo, do setor produtivo e da comunidade científica.

Neste sentido, o programa RenovaBio e sua proposta de um novo ciclo de investimentos e desenvolvimento de biocombustíveis, em paralelo com o movimento de eletrificação veicular, encontram sinergia e acoplam-se um ao outro. O aperfeiçoamento contínuo dos motores a combustão interna otimizados a etanol, bem como a viabilização desta variável híbrida *flex* e da célula a combustível movida a etanol (SOFC), podem vir a destacar o país como um protagonista global importante, ao conseguir a utilização de uma plataforma que integra múltiplas fontes de energia renováveis.

Por fim, outra potencialidade existente associada aos veículos elétricos é a possibilidade de carregar as baterias fazendo uso de energia elétrica gerada de forma distribuída. Há diversos projetos demonstrativos no país visando o teste desse tipo de geração fazendo uso da tecnologia solar fotovoltaica (FV). Um exemplo disto é a implantação de um sistema de geração distribuída a partir da tecnologia solar fotovoltaica (FV) no prédio sede do Ministério de Minas e Energia, na Esplanada dos Ministérios, em Brasília, sendo essa uma das iniciativas pioneiras desse tipo em edifícios públicos federais.

Considera-se que iniciativas deste tipo devam ser aproveitadas para testar também a interoperabilidade entre a tecnologia solar FV e os veículos elétricos. Nesta perspectiva, uma das ações propostas é a implementação de projetos demonstrativos de compartilhamento de veículos elétricos como complemento aos projetos demonstrativos em curso, ou a serem implementados, que fazem uso da tecnologia solar FV.

### *5.3.5 Agenda Estratégica 5: Fomento aos projetos pilotos e consórcios intermunicipais*

Conforme apresentado pelo Capítulo 2, a partir de 2010 proliferaram projetos pilotos e demonstrativos com foco na mobilidade elétrica, executados por uma diversidade de atores e com distintas formas de atuação: montadoras tradicionais já instaladas no país e novos entrantes; empresas de componentes; empresas de base tecnológica e *startups*; distribuidores de energia elétrica; fabricantes de infraestrutura de recarga e eletropostos; instituições de ensino; e por fim, associações de classe de suporte a estas atividades. Estas iniciativas focam na experimentação e aquisição de conhecimento acerca das tecnologias circunscritas à mobilidade elétrica, com vistas a compreender a sua forma de operacionalização, impactos e desafios para a sua implantação.

Indica-se a criação de arranjos regionais para a promoção e ampliação destes projetos pilotos da eletromobilidade nas cidades no Brasil. Os municípios integrantes de uma região administrativa podem elaborar planos conjuntos de gerenciamento e de infraestrutura de recarga de maneira conjunta e compartilhada destes pilotos.

A integração e escalabilidade será o foco dessa ação estratégica, visto que o planejamento, o dispêndio de recursos, o aporte institucional e a concretude dos investimentos dos pequenos e médios municípios, e de municípios em áreas metropolitanas, podem ser realizados de maneira compartilhada, por meio de consórcios, por exemplo, imprimindo mais racionalidade no processo e, por conseguinte, ampliando a área de difusão dos veículos elétricos.

Portanto, assim integram-se porções maiores do território nacional, como por exemplo, os projetos implementados que ligam São Paulo ao Rio de Janeiro e a linha de infraestrutura que cruza todo o estado do Paraná, pois expande a rede de infraestrutura e abarca um maior número de cidadãos, fazendo chegar a eletromobilidade em espaços menos dinâmicos ou distantes das áreas metropolitanas centrais.

Tudo isso possibilita a elevação da capacidade técnica, gerencial e institucional para o desenvolvimento da eletromobilidade e a formação de arranjos regionais sustentáveis, popularizando a temática no Brasil.

### 5.3.6 Agenda Estratégica 6: Capacitação profissional

Para o alcance das visões de adensamento produtivo da eletrificação, faz-se necessário ter capital humano com competências adequadas para fazer frente às novas demandas que se colocam nos blocos de competências da eletromobilidade. Nestes cenários, todos os níveis educacionais passam a ser demandados, incluindo programas de pós-graduação e graduação que suportem atividades de P&D, e cursos de formação técnica e continuada que preparem os profissionais que atuam diretamente na expansão deste segmento. Aos veículos elétricos já comercializados, demanda-se resposta imediata à necessidade de manutenção, diagnóstico e reparação, seja do veículo, seja de toda a adjacência que o cerca – como carregadores, comunicação do veículo com a rede e/ou infraestrutura, etc.

Deste modo, cursos de graduação em Engenharia Automotiva existentes devem ser adaptados com a inserção de disciplinas específicas na grade; trata-se de adensar tais iniciativas, com a inserção de disciplinas optativas nas grades dos cursos de Engenharia Mecânica ou Elétrica, e disciplinas eletivas no curso de Engenharia Automobilística.

Para a pós-graduação (*lato sensu*) existe oferta específica no país, promovida pelo Sistema FIEP/SENAI do Paraná, e também pelo Instituto Mauá de Tecnologia (São Caetano do Sul – SP). Esta experiência pode servir de referência para a criação de outros programas similares. Sugere-se que estas disciplinas estejam alinhadas às linhas temáticas estratégicas do Sistema de Propulsão Elétrico, identificadas e discutidas na agenda estratégica.

O papel a ser desempenhado pelo número expressivo de institutos de pesquisa e universidades é fundamental, identificados e discutidos na seção 2.3.2, e é exemplificado pelo potencial de pesquisa em tecnologias de baterias, *Powertrain* e sistemas de controle de potência. Sugere-se que o país catalise a formação de mestres e doutores nas linhas temáticas estratégicas do SPE e que os projetos sejam potencializados com frentes de pesquisa que se aproveitem das competências essenciais existentes no país. Idealmente, a definição dos projetos deve privilegiar a diversidade de atores, incluindo a academia, montadoras, autopeças e afins.

É necessário ponderar também o papel educacional da formação técnica, continuada e *in-company*, que possui caráter direto e aplicado e contribui para a criação de massa crítica no tema. Sugere-se que sejam expandidas no curto prazo as formações continuadas para que profissionais técnicos estejam habilitados para executar a manutenção, o diagnóstico e a reparação, seguindo os procedimentos técnicos e de segurança adequados. Assim, podem oferecer à comunidade automotiva e da mobilidade uma primeira inserção no tema, criando um espaço de aprendizado e provendo informações sobre o mercado dos veículos híbridos e elétricos, as arquiteturas existentes, principais sistemas e infraestrutura de carregamento.

### *5.3.7 Agenda Estratégica 7: Desenvolvimento do marco regulatório*

As regulações e certificações serão importantes para guiar a produção do setor automotivo, homologando componentes, estabelecendo regras de segurança e de emissões de materiais particulados e, conseqüentemente, guiando os atores que almejam produzir componentes localmente e contribuindo para o desenvolvimento da indústria no Brasil.

O rol das tecnologias incluídas nos blocos de competências do SPE acopla-se aos regulamentos técnicos disponibilizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O Brasil conta com regulamentações sobre as medições de eficiência energética e de desempenho para os diferentes tipos de eletrificação veicular híbrida especificadas na NBR 16.567/2016<sup>54</sup>.

Neste contexto, o objetivo desta seção é apresentar as medidas de regulação e padronização que devem ser discutidas dentro dos fóruns onde as tecnologias do SPE se colocam e, sobretudo, com participação ativa do Fórum de Regulação e Certificação (dentro da estrutura da plataforma) com seus especialistas governando, principalmente, esta agenda estratégica. Trata-se, pois, de uma discussão que pode habilitar e auxiliar na produção e difusão dos componentes dos blocos de competências mapeados ao longo da cadeia.

Defende-se a manutenção de ações que estão em curso na eletromobilidade brasileira nesta linha como, por exemplo, o encaminhamento acerca de discussões já iniciadas e a delimitação de novas padronizações que ajudem a organizar o setor nos anos cobertos por esta

---

<sup>54</sup> A NBR 16567/2016 trata dos veículos rodoviários híbridos elétricos leves - Medição de emissão de escapamento e consumo de combustível e energia - Métodos de ensaio (B). Esta NBR foi definida com base na norma internacional SAE J1711/2010 - Recommended Practice for Measuring the Exhaust Emissions and Fuel Economy of Hybrid-Electric Vehicles, Including Plug-in Hybrid Vehicles.

tese. Os pontos focais da regulação e padronização a serem considerados para cada bloco de competências são apresentados no Quadro 5.7 e detalhados na sequência.

**Quadro 5.7:** Pontos focais da regulação e padronização para os blocos de competências.

BLOCO	PONTOS FOCAIS
<i>Powertrain</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conclusão e publicação de normativas relativas aos VEs, padronizando as medições de eficiência e consumo dos VEs a bateria.</li> <li>• Medidas de segurança complementares.</li> </ul>
Acumuladores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adoção de uma definição para os termos alta e baixa voltagem.</li> <li>• Discussão das normativas aplicadas a células a combustível.</li> </ul>
Integração e montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição do regulamento de segurança veicular para VEs.</li> <li>• Ampliação das certificações ambientais para VEs.</li> </ul>
Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coexistência de <i>plugs</i>.</li> <li>• Promoção da interoperabilidade na recarga.</li> <li>• Adoção de requisitos de segurança das instalações para a ligação de eletropostos.</li> </ul>

**Fonte:** elaboração própria.

#### 5.3.7.1 *Powertrain*

Recomenda-se concluir as discussões para o desenvolvimento da NBR relativa à padronização da eficiência energética e de consumo para VEs com *Powertrain* dedicado à bateria. A decisão deve ser outorgada pela Comissão da ABNT, e as definições devem ser adequadas à Portaria MDIC nº 74, de 23 de março de 2015<sup>55</sup>. A finalização deste processo é um meio de garantir que as medições de eficiência energética e de consumo de combustível dos veículos com novas tecnologias feitos no Brasil sejam compatíveis com as medições realizadas globalmente.

Acrescentam-se às medidas regulatórias apontadas, medidas complementares de segurança. A característica de baixos níveis de ruído e som emitidos pelo *Powertrain* dos VEs têm possíveis implicações para a segurança de outros usuários das vias, como ciclistas e pedestres. Ao não escutarem e detectarem a aproximação de VEs, estes podem envolver-se em acidentes no trânsito. Neste sentido, é imperativo discutir e definir no âmbito das ações do

<sup>55</sup> O trabalho conduzido pela ABNT, análogo à norma existente para VEs, é baseado na norma SAE J1634 – Battery Electric Vehicle Energy Consumption and Range Test Procedure. A aplicação dessa norma será complementar à da NBR 6601 (Veículos Rodoviários Automotores Leves – Determinação de Hidrocarbonetos, Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrogênio, Dióxido de Carbono e Material Particulado no Gás de Escapamento) e à da NBR 7024 (Veículos Rodoviários Automotores Leves – Medição do Consumo de Combustível – Método de Ensaio).

Conselho Nacional de Trânsito (Contran), principalmente, sistemas de alerta e prevenção a acidentes que se utilizem da conectividade, de sensores e de artefatos sonoros que tenham por meta a prevenção de acidentes relacionados a esse desdobramento da eletrificação veicular.

### 5.3.7.2 Acumuladores

Embora os termos alta e baixa voltagem sejam frequentes nas discussões nacionais e internacionais sobre eletromobilidade, nem sempre há clareza ou consenso em relação a sua definição. Sugere-se utilizar as definições propostas na NBR ISO TR8713 (Veículos Rodoviários Propelidos a Eletricidade) para a Classe de Tensão A (VoltageClass A), equivalente à baixa tensão, e para a Classe de Tensão B (VoltageClass B) equivalente à alta tensão. Estas definições impactam diretamente na especificação dos acumuladores de energia para os VEs.

Por fim, sugere-se o início das discussões acerca das questões regulatórias que norteiam os sistemas a células a combustível, que ainda não contam com regulação específica no Brasil, antecipando-se ao início da difusão desta tecnologia no país.

### 5.3.7.3 Integração e montagem

O regulamento UN-R100, resultado das discussões internacionais sobre segurança veicular, traz normas específicas para veículos eletrificados, tais como segurança elétrica do veículo e do sistema recarregável de armazenamento de energia em relação a choque elétrico, isolamento, impacto e vibração<sup>56</sup>. Alinhado a esta discussão sobre as novas tecnologias, o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) estabeleceu, em 2017, um cronograma de estudos técnicos e regulamentação dos itens de segurança veicular no Brasil, contemplando os VEs e os requisitos globais listados<sup>57</sup>. Sugere-se que esses estudos técnicos sobre a regulamentação dos itens de segurança veicular sejam apresentados ao Contran para serem analisados e outorgados.

Ainda, no Brasil existe um procedimento padronizado para a certificação e homologação do ponto de vista de emissões de gases de escapamento e consumo de

---

<sup>56</sup> Ver, a esse respeito, UNECE (2019).

<sup>57</sup> Este cronograma ocorreu por meio da Resolução nº 717, de 30 de novembro de 2017.

combustível e outro relativo aos itens de segurança veicular. Para os VEs, as certificações ambientais precisam ser adensadas visando atingir metas de tratados internacionais de redução das emissões dos gases poluidores da atmosfera, como ratificado pelo Brasil na COP 21 em 2015 (Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, Paris).

Sugere-se adicionar a licença para uso da configuração de veículo ou motor, concedida pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama), no âmbito do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), referente ao consumo energético dos VEs híbridos e híbridos *plug-in*.

#### 5.3.7.4 Infraestrutura

Propõe-se a coexistência de alternativas de *plugs* de eletropostos: AC ou CC, dos tipos CCS e CHADEMO. A partir dos dados da IEA (2018), não foi possível verificar nenhuma sinalização acerca de uma possível padronização de *plugs* nos principais países em que se encontram volumes maiores de mercado e, deste modo, tampouco se vislumbrar alguma padronização deste tipo no Brasil, que ainda está estruturando este setor e começando a experimentar a comercialização de alguns veículos.

Além disso, para que o usuário obtenha as informações de consumo da energia utilizada e da recarga realizada, devem ser instalados medidores nos eletropostos. Neste quesito, para a interface de acionamento da recarga pelo usuário no eletroposto, a posição dos especialistas aponta que se recomende usar o leitor de Cartão RFID ou um aplicativo no celular.

Faz-se necessário também que a comunicação entre os eletropostos e um sistema de gerenciamento central opere por meio de protocolo aberto, proporcionando maior interoperabilidade, incluindo os sistemas entre países. Sua utilização favorece o usuário final da recarga, que ganha a flexibilidade de utilizar estações de recarga de diferentes provedores. Sua adoção também reduz os custos de desenvolvimento, uma vez que o *software* projetado para fornecer funcionalidade adicional só precisaria ser desenvolvido uma vez, sem necessidade de se adequar a cada sistema operacional individual.

Também, para que haja interoperabilidade no uso dos sistemas de recarga, é necessário desenvolver a capacidade de *eRoaming*, isto é, a possibilidade de os usuários de VEs recarregarem seus veículos em qualquer estação, sem necessidade de firmar contratos com distintos operadores.

Por fim, é necessário considerar os aspectos de segurança nas instalações para a ligação de eletropostos. As instalações elétricas residenciais e comerciais nem sempre estão dentro dos requisitos normativos e legais, ou preparadas para receber novos tipos de carga, tais como acontecem nos eletropostos ou as estações de recarga de VEs do tipo *plug-in*.

Para garantir a segurança das pessoas e das instalações, algumas normas devem ser atendidas como precursoras da ABNT NBR IEC 61851-1, que é específica para os sistemas de recarga de VEs<sup>58</sup>.

#### 5.4 Considerações finais

Este capítulo propôs uma alternativa frente à ausência de uma agenda em nível nacional, que esteja pautada em ações propositivas e oriente os atores no território nacional no campo da eletromobilidade. Lacuna esta que se tornou latente a partir do avanço das ações pró-eletromobilidade no Brasil, e que requer uma governança guiada por uma visão de futuro que oriente essas diversas iniciativas apresentadas ao longo desta tese, e que sejam coordenadas envolvendo os diversos atores vinculados ao tema.

Esta construção de agenda propositiva foi suportada pelo arcabouço teórico dos estudos em governança, que apoiaram analiticamente o entendimento das dimensões em que a governança se apresenta: Quem governa? Como se governa? O que se governa?

A costura desta tese evidenciou que as iniciativas pró-eletromobilidade e os atores que promovem tais ações estruturam um novo ecossistema de inovação, o qual nasce e progride nas interfaces de setores consolidados, tais como a indústria automobilística, o setor eletroeletrônico e o segmento de produção e distribuição de energia elétrica. De tal modo, a situação exige esforço e organização dos atores públicos e privados, atuando de maneira concomitante e em sintonia, para ganhar espaço em um ambiente de intensa concorrência, ora ocupado pelos veículos tradicionais.

Para assegurar a coordenação destas iniciativas e atividades, sugeriu-se que a governança fosse direcionada a um grupo amplo de atores, inspirado na experiência do GT7, com configuração plural e multi-atores, formado em 2017 no âmbito do Programa Rota 2030.

---

<sup>58</sup>A esse respeito, destacam-se: NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão); NBR 14039 (Instalações Elétricas de Alta Tensão); e NR-10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade). Além da NBR IEC 61851-1/2013, ABNT NBR IEC 61851-21/2013 (Sistema de Recarga Condutiva para Veículos Elétricos - Parte 21: Requisitos de Veículos Elétricos para a Conexão Condutiva a uma Alimentação em C.A. e C.C.); e ABNT NBR IEC 61851-22/2013 (Sistema de Recarga Condutiva para Veículos Elétricos - Parte 22: Estação de Recarga em C.A. para Veículos Elétricos).

No âmbito deste grupo, criou-se um espaço de discussões e aprendizagem que resultou nas principais reflexões e entendimentos acerca deste setor no país.

Pois bem, que tipo de estrutura consegue suportar estes atores e por quais mecanismos e meios a governança seria empreendida? Tal questão foi respondida a partir da sugestão da criação da Plataforma Nacional de Eletromobilidade, a ser institucionalizada via portaria ministerial. Nesta, a coordenação geral ficaria a cargo de dois ministérios onde a eletromobilidade tem se colocado dentro de seus debates, conforme constatado: ME e MCTIC, sendo também acompanhada por um comitê de apoio ministerial.

No nível da coordenação direcionada, sugeriu-se a fundamentação de fóruns específicos criados a partir de blocos de competências da eletromobilidade. Cada um com sua diretriz específica de atuação e uma entidade gestora por trás para acompanhar os trabalhos desenvolvidos.

Todas estas frentes seriam suportadas pelo núcleo de pesquisa da eletromobilidade, com informações técnicas e setoriais de apoio à tomada de decisão. No tocante à sociedade, esta ficaria a par das discussões por meio das publicações das plataformas, organizadas pelo núcleo e disseminadas por meio de anuários da eletromobilidade.

A criação desta estrutura possibilita realizar um arranjo concreto entre as instituições formais e informais que tangenciam a temática no território nacional. Esta nova organização setorial permite a criação ou a reorientação de um conjunto amplo de processos, regulamentos, decisões, leis, costumes e ideias que moldam as ações práticas dos atores nesta nova rota tecnológica. Como consequência, promove-se o direcionamento e a administração racional dos projetos de P&D, da alocação dos recursos e dos novos investimentos, tanto dos agentes públicos como privados, ampliando as chances de desenvolvimento e de capilarização da eletromobilidade nas diversas regiões brasileiras.

Todo esse arranjo foi amarrado pela última seção, elaborada a partir da construção de uma agenda estratégica propositiva transversal para todos os componentes da plataforma. Baseou-se, sobretudo, no mapeamento da situação brasileira no contexto da mobilidade elétrica ao longo do ano de 2018.

Como resultado, as agendas estratégicas elaboradas visam atuar na difícil tarefa de orquestração do novo sistema, ou seja, levantando medidas que visam suportar e articular as ações individuais em prol de ações coletivas na trajetória dos veículos elétricos. Foram indicados caminhos a serem seguidos e, principalmente, mencionadas condições objetivas para que as barreiras e oportunidades mapeadas possam ser trabalhadas, impactando na

dinâmica industrial do país, impulsionando um novo mercado de veículos e contribuindo decisivamente para a mobilidade urbana das grandes cidades.

A construção destas agendas, assim como da plataforma, entretanto, não ser interpretadas como um fim em si mesmo. Caberá aos grupos de atores adereçados à eletrificação no Brasil incorporar essas pautas em suas estratégias individuais, por meio da implementação das ações e recomendações discorridas neste capítulo bem como participar ativamente dentro dessa estrutura, observando seus encontros periódicos e trabalhando em torno de suas atividades destacadas dentro dos fóruns permanentes.

A estrutura desenvolvida e apresentada neste capítulo deve ser encarada como um processo de caráter dinâmico e evolutivo, não sendo um produto estático ao longo do tempo. Recomenda-se acompanhar as várias dimensões que afetam a mobilidade elétrica, o que inclui as (novas) rotas tecnológicas; a evolução institucional (novos tipos de políticas e esforços colaborativos internacionais); o avanço de mercado; e outros pontos que afetam o diagnóstico trazido ao longo desta tese. Este acompanhamento é necessário para que se possa realizar, calibrar e aperfeiçoar as ações pontuadas.

Assim, este arranjo como um todo serve como guia, tanto para pensar o posicionamento do Brasil no contexto da mobilidade elétrica, segmento que tem se mostrado promissor no contexto internacional, como para orientar a formulação da política pública brasileira. Afinal, conta-se aqui com um diagnóstico que dá sustentação à elaboração das ações para que o Brasil desenvolva competências ou se aproveite das condições já existentes para alcançar oportunidades perante a eletrificação no país.

## CONCLUSÃO

---

O objetivo desta tese foi identificar e compreender quais são as possibilidades para a estruturação da mobilidade elétrica no Brasil e sua governança necessária a partir das dimensões da formação de competências e atividades de P&D para o Sistema de Propulsão Elétrico (SPE). Como objetivos específicos, buscou-se: (1) Investigar o real estágio de desenvolvimento dos veículos elétricos no país, em termos dos atores e suas iniciativas em curso (atividades empreendedoras) e políticas públicas; (2) Mapear a formação de conhecimento científico e tecnológico local; (3) Identificar as barreiras e oportunidades em prol da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e produção de veículos elétricos; e, (4) Propor um novo arranjo de governança, com articulação entre atores e convergência entre as ações a partir da construção de uma agenda em nível nacional, que oriente os atores do campo da eletromobilidade.

Os objetivos apresentados fundamentaram-se a partir de uma pergunta de pesquisa mais ampla e que orientou toda a condução do trabalho, sendo: que tipo de governança e articulação entre os atores é necessário para coordenar o desenvolvimento de competências tecnológicas na estruturação da eletromobilidade no Brasil?

Esta indagação foi motivada, sobretudo, pela latente lacuna de entendimentos pelos atores do setor, e por parte da literatura que aborda a indústria automotiva brasileira e suas tecnologias, em compreender como o país pode se posicionar frente à eletromobilidade e que tipo de competências e conhecimentos são necessários. Por ser um cenário que cada vez mais se avizinha em escala global, mas que carece de um posicionamento nacional concreto frente este tema, motivou-se também, pelo papel relevante que a indústria automotiva representa para o Brasil em termos de geração de renda, emprego e atividades de pesquisa e desenvolvimento: é imperativo um diagnóstico mais claro de como as atividades produtivas de montagem de veículos e seus componentes poderão ser afetadas com a introdução destas novas tecnologias.

Foi a partir deste olhar, do lado da oferta da eletromobilidade e suas tecnologias, que foi arquitetada a base teórica empregada nesta tese que considera o Sistema de Propulsão Elétrico (SPE) como o artefato central da eletromobilidade, sendo um *framework* desenvolvido a partir do conceito de bloco de competências, discutido na teoria dos Sistemas Tecnológicos de Inovação a partir de Carlsson e Stankiewicz (1991) e Carlsson et al. (2002). Define-se como SPE o arranjo de componentes e tecnologias que trabalham em conjunto para

a tração veicular elétrica, composto por motores elétricos, acumuladores de energia (como, por exemplo, as baterias), carregadores, sistemas híbridos e outros subsistemas de suporte.

O aprofundamento destes conceitos foi adereçado no Capítulo 1. Nele, foram caracterizadas as noções fundamentais para compreender o que é um Sistema de Inovação (SI) e seus elementos (a introdução de novas/aprimoradas tecnologias e sua posterior propagação (difusão), capitaneadas pelos atores, redes e instituições que atravessam e percorrem este sistema).

Estas noções fundamentaram e serviram de base para a apresentação de uma abordagem ulterior deste campo: Sistemas Tecnológicos de Inovação (STI) e sua perspectiva funcional, que interpreta estes componentes do sistema a partir da ótica de funções e atividades-chaves que devem ocorrer dentro de sua estrutura. Foi demonstrada a origem deste campo de estudos nos anos 1990, principais trabalhos nos anos 2000s, e sua evolução que passou a abordar estudos direcionados as tecnologias emergentes verdes e sua interface com a governança. A partir desta caracterização, também justificou-se a escolha por esta abordagem para o presente caso: as contribuições e o diálogo com os blocos de competências de Eliasson (1996), que conseguem capturar e organizar os produtos e artefatos que compõem o sistema de propulsão elétrico.

A partir desta escolha e organização foi possível contribuir com o campo de estudos nos STIs ao propor, de maneira única, uma categorização esquemática do que é a eletromobilidade traduzida em seus componentes em si, onde e em que medida ela é diferente do paradigma anterior, e quais suas implicações nos termos de sua base de conhecimentos e competências. Estas últimas se figuraram como preocupações centrais deste estudo e foi por isso que a escolha por focar em uma função específica foi adotada.

Esta perspectiva pelas funções, cujo corpo teórico foi construído e fundamentado ao longo dos anos 2000, e intensificado com sua utilização a partir de 2010, teve como característica marcante uma lista de funções consideradas essenciais para uma performance adequada de um sistema de inovação para o desenvolvimento, a introdução e a propagação de novas tecnologias. Baseada principalmente nos estudos dos autores neoschumpeterianos<sup>59</sup>, a lista consiste em sete olhares dirigidos onde a pesquisa em STIs deve se apoiar, bem como os indicadores necessários para o alcance correto deste emprego analítico.

Nesta tese, a direção foi diferente: focamos especificamente em uma destas funções, da **formação/geração de conhecimentos e competências**; do ponto de vista dos fundadores

---

<sup>59</sup> (BERGEK ET AL., 2008; CARLSSON ET AL., 2002B; HEKKERT ET AL., 2011; JACOBSSON; JOHNSON, 2000; MARKARD; TRUFFER, 2008; NEGRO, 2007).

do campo, trata-se da principal função e que nos permite alcançar o objetivo desta pesquisa. Ainda que tenham sido feitas menções em outras funções presentes na estrutura original, quando falamos, por exemplo, do mercado da eletromobilidade, houve aqui um fio condutor claro para analisar e ponderar esta função central destacada para o caso brasileiro.

É nesta linha que aportamos uma contribuição ao campo de estudos, sobretudo, seu ineditismo analítico que mitiga uma das principais limitações nas abordagens focadas em STIs, que se dirigem a sua superficialidade com que são tratadas as funções, sem o devido aprofundamento e detalhamento. Nesta pesquisa, ficou claro que um olhar mais direcionado proporciona um entendimento mais conciso sobre o objeto que é trabalhado. E, por fim, este aporte e arranjo mais focado vêm sendo corroborado pelos estudos mais recentes em STIs, que focam, por exemplo, nas atividades empreendedoras, outra função importante dentro do sistema e, neste caso, com contribuições expressivas do criador do campo. Caracterizadas as bases conceituais empregadas, por fim, no Capítulo 1, o arcabouço teórico dos STIs se mostrou pertinente para a pesquisa, pois com ele foi possível demonstrar como e em que medida que as atividades de formação de competências e conhecimentos podem ser diagnosticadas.

Assim, construídos e apresentados estes alicerces da pesquisa, seguiu-se para o Capítulo 2, onde se direcionou o olhar para os elementos que estruturam o STI da eletromobilidade no Brasil. Para introduzir este tema ao leitor, optou-se por uma caracterização em nível internacional a partir das principais motivações e condicionantes que atestam a retomada mais assertiva da eletrificação nos países onde estes mercados e esforços têm mais se avolumado nas projeções dos próximos anos.

Viu-se que existem diferentes variáveis que estimulam o desenvolvimento da indústria automobilística para a eletrificação, dentre eles o problema das emissões dos particulados materiais para a saúde pública, os benefícios do silêncio da operação dos automóveis, os ganhos da não utilização de combustíveis fósseis e, sobretudo, os apelos à redução das emissões de poluentes traduzidos em métricas de emissões cada vez mais agressivas. Notou-se que esta “régua” está forçando as montadoras a incluírem e reconfigurarem seu portfólio de automóveis por meio da experimentação de tecnologias assistivas elétricas, hibridização da propulsão e, até mesmo, com a inserção de uma variável elétrica pura, que reduz a zero tais emissões.

Tratam-se de escolhas estratégicas que estes atores do tecido produtivo, como as montadoras, estão tendo que levar em conta em seus investimentos, pois os aprimoramentos junto à tecnologia paradigmática já dão pistas de seu limite quanto atendimento aos *targets* de

emissão (apresentados no capítulo 2) e que não conseguem mais responder sozinhos por uma mobilidade de baixo carbono.

É a partir deste dilema da indústria de se investir numa tecnologia já consolidada e madura ou prospectar novas soluções tecnológicas, que tem se verificado cada vez mais a escolha por novas tecnologias de propulsão baseadas na eletrificação. Pois, já que serão necessários aprimoramentos tecnológicos para esta mobilidade mais sustentável, implicando em volumosos aportes financeiros em P&D, as montadoras passaram a optar por investir naquilo que é emergente como, por exemplo, os motores elétricos e baterias ao invés da tecnologia do MCI, próxima de seu limite de eficiência e otimização.

Dúvidas e incertezas outrora existentes sobre a viabilidade dos veículos elétricos como uma alternativa para a mobilidade começam a ser resolvidas graças ao avanço tanto do desenvolvimento e produção desse tipo de tecnologia quanto da sua aceitação por parte dos consumidores, avançando assim para a legitimação deste tipo de mobilidade nos países onde este mercado já é uma realidade (como, por exemplo, Estados Unidos, China, Japão e países membros da União Europeia).

Com números expressamente diferentes de veículos elétricos em circulação, vimos que o mercado da eletromobilidade no Brasil ainda caminha a passos lentos. É um setor que ainda está se estruturando e experimentando esta tecnologia localmente, sobretudo no Estado de São Paulo e, com menores participações, em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina, a julgar pela localização dos eletropostos, infraestrutura necessária para o abastecimento dos VEs em circulação.

Podendo argumentar que esta configuração localiza-se na forma regional, ou cluster, é que se apresenta neste eixo São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná. Aliás, um sistema que se encontra em construção, cujos atores ainda estão conhecendo seus papéis e as formas como podem atuar e desenvolver seus negócios, conforme evidenciado pelas entrevistas realizadas. Acrescenta-se a este movimento a introdução de novos atores vindos de outros setores, como o setor elétrico e eletrônico que se juntam à dinâmica e recombina o arranjo automotivo como um todo, trazendo novos componentes para esta cadeia.

Ainda, com papel decisivo que vem sendo desempenhado pelo setor elétrico, na forma das geradoras, promissoras e distribuidoras de energia elétrica que observaram uma oportunidade de novos negócios ligados à mobilidade que até então era inexistente para elas, e que com a mudança da forma de abastecimento veicular para a eletricidade, abrem-se portas para que estas empresas atuem no segmento.

Já da parte das montadoras instaladas no país, verificou-se certa resistência em apostar na eletrificação no Brasil, onde elas se orientam mais a atividades de promoção e divulgação de suas tecnologias, mas sem ações mais concretas na comercialização e produção de elétricos no Brasil.

Quando às autopeças, apresentam-se algumas empresas com mais competências e *know-how* nos blocos de competências dos acumuladores e *powertrain*. São empresas de destaque na área de baterias e motores elétricos, que por acumularem ampla experiência destas aplicações em outros segmentos, como, por exemplo, o segmento industrial, passaram a enxergar a eletromobilidade como uma forma de transbordar seus produtos para este novo mercado, que passa a ser gestado e onde a busca destas empresas por parcerias com as montadoras tem sido latente nos últimos anos de forma a celebrar acordos mais concretos e que permitam criar produtos locais.

Todos estes atores de mercado são lastreados por um arcabouço institucional composto de leis e costumes que moldam e co-evoluem com a trajetória da eletrificação no Brasil. Foi possível constatar avanços recentes no que diz respeito às políticas públicas e de que maneira estas podem estimular este mercado e fomentar o desenvolvimento deste setor no Brasil.

O rol de políticas mapeadas pode vir a adensar as atividades empreendedoras já em andamento no país. Sobretudo, no que se refere à política industrial implementada a partir do final de 2018, o programa Rota 2030. Trata-se de uma importante política pública do setor automotivo que dá abertura para a realização de dispêndios nas atividades de P&D, as quais podem abranger os VEs. Pois, as empresas habilitadas nestas atividades deverão atender a prerrogativa do aumento da eficiência energética dos veículos comercializados no país e a eletrificação da frota (seja nos estágios de hibridização, híbridos e elétricos) é uma das respostas possíveis para este alcance. Estes investimentos são atrativos, pois conforme foi relatado, seu custeio pode ser abatido, via renúncia fiscal governamental, dos impostos oriundos do IRPJ e ex-tarifário. Soma-se a esta iniciativa o edital estratégico (Chamada 022/2019) do programa de P&D Aneel, que irá direcionar aproximadamente meio bilhão de reais em projetos ligados à eletromobilidade. Este programa irá colocar as empresas do setor elétrico definitivamente próximas ao segmento da mobilidade, ao preconizar o desenvolvimento de novas tecnologias e modelos de negócios, conforme edital lançado.

De maneira geral, os diferentes aspectos analisados evidenciaram o caráter incipiente da eletromobilidade no Brasil e a diversidade de ações que estão sendo realizadas nas diversas frentes vinculadas ao assunto. Sobretudo, este descompasso entre ações e posicionamentos

encontra justificativas no fato da ausência de uma estratégia nacional definida para este setor, o que reputa o argumento construído nesta tese de que é necessária a coordenação entre os atores e articulação entre suas atividades, sendo orientadas por uma visão estratégica comum para o segmento no Brasil.

Estas transformações foram aprofundadas no Capítulo 3, que buscou analisar a atuação específica destes atores em termos da formação de conhecimento e competências localmente. Os dados apontados se apresentaram de maneira crescente, no que diz respeito ao número de registros de pedidos de patentes e publicações de artigos por ano, no período após o ano 2000.

O levantamento de patentes permitiu demonstrar onde estão ocorrendo os desenvolvimentos das tecnologias e dos empreendimentos investidos nas tecnologias dos VEs, mostrando que uma temática de grande interesse é o diálogo tecnológico entre o paradigma vigente (MCI) e a nova trajetória tecnológica que está se colocando.

A análise de patentes revelou o interesse de empresas multinacionais originárias dos EUA, Alemanha, China e Japão, de defenderem suas tecnologias no Brasil, o que indica o potencial promissor do setor. Estas são, em sua maioria, empresas que possuem transposição relevante de suas atividades produtivas no Brasil e as utilizam como plataforma exportadora para mercados latino-americanos, e que podem posicionar o país como uma referência também no abastecimento de produtos da eletrificação nestes países.

Além disso, mesmo que grande parte das patentes sejam de montadoras e fabricantes do setor eletrônico, nota-se a importante presença também das universidades e institutos de pesquisa, com aumentos significativos em suas publicações.

Os tipos de tecnologias patenteadas evidenciaram uma variedade de tecnologias de produto e processo de fabricação de componentes. De maneira geral, os documentos analisados reivindicaram tecnologias de:

- *POWERTRAIN* (*Powertrain* híbrido baseado no acoplamento de motor elétrico de indução; rotores e estatores; tecnologias de frenagem regenerativa; esforços transversais de melhoramento da eficiência energética dos motores elétricos; desenvolvimento de sistemas avançados em eletrônica de potência e softwares de controle);
- *ACUMULADORES* (desenvolvimento de sistemas BMS; montagem e empacotamento de baterias; desenvolvimento de sistemas de segurança da bateria; específicos para sistemas de baixa tensão: fabricação de células e suas

configurações para aplicações de 12V e 48V; específicos para sistemas de alta tensão: simulações e prototipagem de baterias);

- INTEGRAÇÃO (tecnologia para conversão de veículos propelidos a partir de motores a combustão interna para elétricos; tecnologias para a integração de baterias com sistemas de *Powertrain*; cabos e chicotes de alta tensão; sistemas de transmissão e subcomponentes);
- INFRAESTRUTURA (simulações e desenvolvimento em sistemas de protocolos de recarga e interoperabilidade de eletropostos: comunicação entre os eletropostos e um sistema de gerenciamento central).

Este encadeamento do mapeamento estrutural e identificação de atores, apresentado no Capítulo 2, e da formação de competências locais empreendida (Capítulo 3) deram a base para a análise prospectiva do Capítulo 4, onde foram mapeadas as potencialidades para a montagem de veículos, a manufatura de componentes, além de qualificar quais tipos de competências/atividades de P&D são necessárias para a estruturação da mobilidade elétrica em veículos leves no Brasil.

As informações levantadas e analisadas nas seções correspondentes aos blocos de competências proporcionaram uma ampla perspectiva acerca dos componentes abarcados em um sistema de propulsão elétrico. Assim, foi possível aplicar na prática este *framework* teórico desenvolvido especificamente para o caso da eletromobilidade, sendo um aporte relevante para que outros estudos futuros, engajados em discutir as tecnologias e componentes do veículo elétrico, possam se apoiar.

Ainda, proporcionou também enxergar a visão de futuro para essas tecnologias no Brasil, entendendo esta interpretação como os possíveis pontos de chegada da eletromobilidade no país nos próximos 5, 10 e 15 anos. A partir do desdobramento destas visões, foi possível empreender uma análise baseada nas barreiras e oportunidades que permitem projetar o país, com destaque para o incentivo a essa tecnologia alternativa para que alcance os cenários postulados. Tais achados são resultado das entrevistas, das dinâmicas dentro dos grupos do GT7 e de informações processadas e levantadas ao longo deste trabalho.

As construções das visões e dos caminhos que a eletromobilidade pode trilhar apontam que o país tenderá a seguir uma trajetória própria, baseando-se na recombinação dos motores a combustão interna *flex fuel* com os pacotes das tecnologias relacionadas à eletrificação, por exemplo, em sistemas de partidas assistidas elétricas, como micro híbrido e em alguns casos, sistemas mais avançados, como *full hybrid*, que emprega a tração elétrica dedicada. Assim,

aponta-se para um cenário de maior diversificação onde a eletromobilidade encontrará seu espaço no Brasil a partir de um mix tecnológico com o paradigma vigente, com foco na maior eficiência energética.

A evolução do patenteamento e da publicação de artigos científicos, nas bases de dados analisadas e o exercício das visões, barreiras e oportunidades qualificou o pressuposto adotado nesta tese, de que o Brasil possui parte das competências necessárias para a estruturação da eletromobilidade no Brasil, no âmbito dos blocos de competência do SPE.

Toda a costura iniciada e mapeada para o caso brasileiro (capítulo 2 e 3), amarrada e colocada à prova no Capítulo 4, encontra desfecho no capítulo 5, onde se sugere uma forma de trabalhar e operacionalizar as situações e os problemas encontrados, chamando a atenção para dois aspectos fundamentais para a estruturação das atividades, a saber: (1) que tipo de ações são necessárias para mitigar estas barreiras; e, (2) como aproveitar as oportunidades que a mobilidade elétrica pode oferecer para o Brasil.

Visando atuar nestas direções é que propõe-se a Plataforma Nacional de Eletromobilidade, com o objetivo de ser um instrumento de articulação de atores governamentais, mercado e ICTs, coordenando suas ações em prol de uma estratégia nacional da eletromobilidade em termos da inserção local nas atividades produtivas e criação de competências em P&D no Brasil a partir de um espaço de geração, difusão de conhecimento e aprendizado para todas as frentes participantes e para a sociedade civil em geral. O ponto de chegada desta plataforma é apoiar a construção da Política Nacional de Eletromobilidade e implementá-la por meio da articulação dos órgãos e entidades governamentais e não governamentais, de modo a possibilitar o cumprimento das determinações e das metas previstas.

Este capítulo final qualificou a premissa da tese de que a falta de coordenação (governança) reverbera na desarticulação entre os atores do Governo e da iniciativa privada, sendo os fatores que colocam grandes resistências e obstáculos à consolidação do desenvolvimento, produção e consumo de veículos elétricos no Brasil. Deste modo, se propôs uma agenda com políticas claras em suas propostas, e com metas e parâmetros específicos, e áreas onde a P&D é prioritária.

De forma geral, em nenhum momento da história da indústria automotiva tamanho movimento em prol da reflexão e prospecção de uma solução tecnológica de propulsão foi observada. Sobretudo, ao colocar em cheque um dos principais artefatos tecnológicos voltados ao transporte, que é o motor a combustão interna, tido como um sinônimo de poder industrial e que capitaneou para dentro de seu arcabouço toda uma cadeia de tecnologias

complementares para seu funcionamento. Agora, esta tecnologia experimenta a diminuição gradual de sua influência e se coloca suscetível a recombinações com esta trajetória ascendente da eletrificação.

Todo o diagnóstico da indústria automotiva brasileira e das autopeças e componentes construído e analisado revelaram as capacidades nacionais para que o país se projete como um ator importante, não somente importando e montando VEs localmente, mas realizando atividades de pesquisa e desenvolvimento local e formando competências nas possibilidades mapeadas. Estes encaminhamentos, se adereçados, poderão confirmar se os cenários construídos e analisados irão se concretizar com a participação do Brasil neste circuito global.

Ninguém pode prever se estas previsões se concretizarão ou não, pois dependem de diversas variáveis: caberá aos principais conjuntos de atores envolvidos com a eletrificação (Governo, empresas, ICTs) e às demais partes interessadas incorporar essa visão de futuro em suas estratégias individuais.

Ainda, as várias dimensões que afetam a mobilidade elétrica, o que inclui as (novas) rotas tecnológicas, a evolução institucional (novos tipos de políticas e esforços colaborativos internacionais), o avanço do mercado e outros pontos que afetam o diagnóstico trazido pela tese, evidenciam certa limitação do estudo em confirmar os cenários para o futuro. Por isso, o acompanhamento destes desdobramentos é necessário para que se possa realizar, calibrar e aperfeiçoar as agendas pontuadas.

Por outro lado, podemos afirmar que de fato a indústria automotiva brasileira como a conhecíamos, dedicada estritamente ao MCI com combustíveis fósseis, não será mais a mesma e cada vez mais irá incorporar a eletrificação em seu portfólio. Uma nova fase da mobilidade já começou no Brasil e cada vez mais apelará para uma mobilidade de baixa emissão, onde a eletrificação é um componente fundamental para este alcance.

Este movimento transborda também a outros modais, não contemplados por este estudo, como os ônibus elétricos, veículos pesados e os levíssimos, que se somam aos automóveis e dão robustez para a produção de componentes e produtos tecnológicos semelhantes entre as plataformas, pois vimos que a eletrificação é encarada como uma possibilidade de ampliar a eficiência energética dos veículos e das tecnologias já existentes na indústria automotiva nacional.

Neste sentido, pontuamos a grande aposta nacional acerca de uma rota que inclui os motores *flex* integrados aos motores elétricos, permitindo ao Brasil ser pioneiro nessa tecnologia, desenvolvendo veículos híbridos *flex fuel* a partir do uso do etanol. Se o Brasil irá

captar as janelas de oportunidades pontuadas a partir das possibilidades nacionais ainda é a uma incerteza. Ao menos, o tempo poderá confirmar.

## REFERÊNCIAS

---

ABVE. **ASSOCIADOS**. 2018. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

ALTENBURG, Tilman; SCHAMP, Eike W.; CHAUDHARY, Ankur. The emergence of electromobility: Comparing technological pathways in France, Germany, China and India. **Science and Public Policy**, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 464–475, 2016.

ANFAVEA. Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira 2016. [s. l.], v. 1, 2016.

ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores-. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2018**. [s.l: s.n.].

ARTHUR, W. B. Increasing Returns and Path Dependence in the Economy. Ann Arbor. **University of Michigan Press**, [s. l.], n. Ann Arbor., 1994.

BARASSA, Edgar; CONSONI, Flávia L. Estímulos para o veículo elétrico no Brasil : uma análise a partir das políticas de oferta ( technology-push ) e de mercado ( demand-pull ). [s. l.], p. 1–8, 2015.

BASBERG, Bjørn L. Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature. **Research Policy**, [s. l.], v. 16, n. 2–4, p. 131–141, 1987. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048733387900278>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

BERGEK, A. et al. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. **Research Policy**, [s. l.], v. 37, n. 3, 2008. a.

BERGEK, Anna et al. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. **Research Policy**, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 407–429, 2008. b.

BERMUDEZ, LADY TATIANA. **TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS HACIA UNA MOVILIDAD DE BAJO CARBONO: UN ANÁLISIS DEL NICHO DE LOS BUSES DE BAJA EMISIÓN PARA EL CASO DE BRASIL**. 2018. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, [s. l.], 2018.

BUSH, V. **Science the endless frontier. A report to the president.** 1945. Disponível em: <<https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

CAMEX. **RESOLUÇÃO Nº 97, DE 26 DE OUTUBRO DE 2015.** 2015. Disponível em: <<http://camex.gov.br/uncategorised/62-resolucoes-da-camex/em-vigor/1564-resolucao-n-97-de-26-de-outubro-de-2015>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

CARLSSON, B. et al. Innovation systems: Analytical and methodological issues. **Research Policy**, [s. l.], v. 31, n. 2, 2002. a.

CARLSSON, B. et al. Innovation systems: Analytical and methodological issues. **Research Policy**, [s. l.], v. 31, n. 2, 2002. b.

CARLSSON, B.; STANKIEWICZ, R. On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**, [s. l.], v. 1, n. 2, 1991. a.

CARLSSON, B.; STANKIEWICZ, R. On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 93–118, 1991. b.

CHAN, C. The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles. **Piece**, [s. l.], v. 95, n. 4, p. 704–718, 2007.  
CNPQ. **Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil.** 2018.

COENEN, Lars; DÍAZ LÓPEZ, Fernando J. Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: an explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 18, n. 12, p. 1149–1160, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261000140X>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

CONSONI, Flávia et al. **Roadmap tecnológico para veículos elétricos leves no Brasil.** Brasília. Disponível em: <<http://www.promobe.com.br/library/relatorio-roadmap-tecnologico-para-veiculos-eletricos-leves-no-brasil/>>.

CONSONI, Flávia Luciane et al. Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos. [s. l.], [s.d.].

CONSONI, Flávia Luciane et al. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos.** [s.l: s.n.].

COOKE, P.; URANGA, M. G.; ETXEBARRIA, G. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. **Research Policy**, [s. l.], v. 26, n. 4–5, 1997.

COOMBS, R.; PAVIOTTI, P.; WALSH, W. **Economics and Technological Change**. USA: Rowman & Littlefields, 1987.

COWAN, Robin; HULTÉN, Staffan. Escaping lock-in: The case of the electric vehicle. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 53, n. 1, p. 61–79, 1996.

DENTON, Tom. **Electric and Hybrid Vehicles**. [s.l.] : Routledge; 1 edition (3 July 2017), 2017.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, [s. l.], v. 11, n. 3, 1982.

EDQUIST, Charles. **Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations**. [s.l.: s.n.], v. 31 Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/cpb/discus/138.html>>.

EDQUIST, Charles; JOHNSON, Björn. Institutions and Organizations in Systems of Innovation. In: EDQUIST, Charles (Ed.). **Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations**. London and New York: Pinter A Cassel imprint, 1997. p. 36–63.

ELECTRIC MOBILITY CANADA. Electric Vehicle Technology Roadmap for Canada. [s. l.], p. 1–4, 2010. Disponível em: <<http://www.emc-mec.ca/files/ElectricVehicleTechnologyRoadmapCanada-Feb2010.pdf>>.

ELECTRONICS BELIEVER. **EV Charging Basic Things and Information You Need to Know**. 2019. Disponível em: <<http://electronicsbeliever.com/ev-charging-basic-things-and-information-you-need-to-know/>>. Acesso em: 5 fev. 2019.

ELIASSON, Gunnard; ELIASSON, Asa. The biotechnological competence bloc. **Revue d'économie industrielle**, [s. l.], v. 78, n. 1, p. 7–26, 1996.

EMOTORWERKS. **The Different EV Charging Connector Types**. 2019. Disponível em: <<https://emotorwerks.com/eu/about/news/blog/552-ev-charging-connector-types>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

EV SAFE CHARGE. **DC Fast Charging Explained**. 2019. Disponível em: <<https://evsafecharge.com/dc-fast-charging-explained/>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

FLAMAND, Marina. Studying strategic choices of carmakers in the development of energy storage solutions : a patent analysis. [s. l.], v. 16, n. 2, p. 10–12, 2016.

FREEMAN, Chris. Continental , national and sub-national innovation systems — complementarity and economic growth &. [s. l.], v. 31, p. 191–211, 2002.

FREEMAN, Christopher. **Capítulo 16 - Japan: A New National System of Innovation**, 1988.

FREYSSINET, Michel. Three possible scenarios for cleaner automobiles. **International Journal of Automotive Technology and Management**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 300–311, 2013.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, [s. l.], v. 31, n. 8–9, 2002.

GERMAN, John. Hybrid vehicles: Trends in technology development and cost reduction. [s. l.], n. 1, p. 1–18, 2015.

GOLEMBIEWSKI, Birte et al. Identifying trends in battery technologies with regard to electric mobility: Evidence from patenting activities along and across the battery value chain. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 87, n. C, p. 800–810, 2015.

GRILICHES, Zvi. Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. [s. l.], v. 28, n. 4, p. 1661–1707, 1990. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3301.pdf>>.

HEKKERT, MARKO ; HEIMERIKS, GASTON; HARMSSEN, Roberth. Technological Innovation System Analysis. **Technological Innovation System Analysis**, [s. l.], n. November, p. 16, 2011.

HEKKERT, M. P. et al. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 74, n. 4, p. 413–432, 2007.

HILLMAN, Karl et al. Fostering sustainable technologies: a framework for analysing the governance of innovation systems. **Science and Public Policy**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 403–415, 2011. a. Disponível em: <<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=0302-3427&volume=38&issue=5&spage=403>>.

HILLMAN, Karl et al. Fostering sustainable technologies: A framework for analysing the governance of innovation systems. **Science and Public Policy**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 403–415, 2011. b.

IBGE. **PINTEC Pesquisa de Inovação**. [s.l: s.n.].

ICCT, INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION. **CO2 EMISSION STANDARDS FOR PASSENGER CARS AND LIGHT-COMMERCIAL VEHICLES IN THE EUROPEAN UNION**. [s.l: s.n.].

IEA. **Global EV Outlook 2018**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[http://www.oecd-ilibrary.org/energy/global-ev-outlook-2017\\_9789264278882-en](http://www.oecd-ilibrary.org/energy/global-ev-outlook-2017_9789264278882-en)>.

INPI, Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **O que é uma patente?** 2019. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/servicos/perguntas-frequentes-paginas-internas/perguntas-frequentes-patente#patente>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global EV Outlook 2019**. [s.l: s.n.].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Transport sector CO2 emissions**. 2019b. Disponível em: <<https://www.iea.org/tcep/transport/>>.

JACOBSSON, S.; JOHNSON, A. The diffusion of renewable energy technology: An analytical framework and key issues for research. **Energy Policy**, [s. l.], v. 28, n. 9, 2000.

JORDAN, Andrew. The governance of sustainable development: Taking stock and looking forwards. **Environment and Planning C: Government and Policy**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 17–33, 2008.

KEMP, R.; LOORBACH, D. **Transition management: A reflexive governance approach**. [s.l: s.n.].

KEMP, René; PARTO, Saeed. **Governance for sustainable development : moving from theory to practice** *International Journal for Sustainable Development*, 2005.

LALL, Sanjaya. **Competitiveness, Technology and Skills**. [s.l.] : Edward Elgar, 2001.

LEE, K.; MALERBA, F. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. **Research Policy**, [s. l.], v. 46, n. 2, 2017.

LINDHOLM-DAHLSTRAND, Åsa; ANDERSSON, Martin; CARLSSON, Bo. Entrepreneurial experimentation : a key function in systems of innovation. [s. l.], 2018.

LUNDEVALL, Bengt Åke. National Innovation Systems — Analytical Concept and Development Tool National Innovation Systems — Analytical Concept and Development Tool. [s. l.], n. February 2013, p. 37–41, 2007.

MAGNUSSON, Thomas. Hybrid-electric Vehicle Technology in Sweden. [s. l.], 2011.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, [s. l.], v. 31, n. 2, 2002.

MALERBA, Franco; NELSON, Richard. Learning and catching up in different sectoral systems: Evidence from six industries. **Industrial and Corporate Change**, [s. l.], v. 20, n. 6, p. 1645–1675, 2011.

MARKARD, J.; TRUFFER, B. Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. **Research Policy**, [s. l.], v. 37, n. 4, 2008. a.

MARKARD, Jochen; TRUFFER, Bernhard. Actor-oriented analysis of innovation systems: Exploring micro-meso level linkages in the case of stationary fuel cells. **Technology Analysis and Strategic Management**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 443–464, 2008. b.

ME, Ministério; SERVIÇOS, Economia Indústria Comércio Exterior e. **Rota 2030 - Mobilidade e Logística**. 2019. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota2030>>.

MORRISON, Andrea; PIETROBELLI, Carlo; RABELLOTTI, Roberta. Global Value Chains and Technological Capabilities: A Framework to Study Learning and Innovation in Developing Countries. **Oxford Development Studies**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 39–58, 2008. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13600810701848144>>.

MOULAERT, F.; SEKIA, F. Territorial innovation models: A critical survey. **Regional Studies**, [s. l.], v. 37, n. 3, 2003.

MUSIOLIK, J.; MARKARD, J.; HEKKERT, M. Networks and network resources in technological innovation systems: Towards a conceptual framework for system building. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 79, n. 6, 2012.

MUSIOLIK, Jörg; MARKARD, Jochen. Creating and shaping innovation systems: Formal networks in the innovation system for stationary fuel cells in Germany. **Energy Policy**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 1909–1922, 2011.

MYEV. **EV Terminology**. 2019. Disponível em: <<https://www.myev.com/research/ev-101/ev-terminology>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

NEGRO, Simona O. Dynamics of Technological Innovation Systems. **Energy**, [s. l.], v. 356, p. 168, 2007. Disponível em: <[http://www.narcis.info/publication/RecordID/oaidspacelibraryuun1187419778/repository\\_id/uudare](http://www.narcis.info/publication/RecordID/oaidspacelibraryuun1187419778/repository_id/uudare)>.

NELSON, Richard. Co-Evolution of industry structure, technology and supporting institutions, and the making of comparative advantage. **International Journal of the Economics of Business**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 171–184, 1995.

NILSSON, Måns; HILLMAN, Karl; MAGNUSSON, Thomas. How do we govern sustainable innovations? Mapping patterns of governance for biofuels and hybrid-electric vehicle technologies. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s. l.], v. 3, p. 50–66, 2012. a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2012.04.002>>.

NILSSON, Måns; HILLMAN, Karl; MAGNUSSON, Thomas. Environmental Innovation and Societal Transitions How do we govern sustainable innovations ? Mapping patterns of governance for biofuels and hybrid-electric vehicle technologies. [s. l.], v. 3, p. 50–66, 2012. b.

NYGAARD, Stian. **Co-Evolution of Technology , Markets and Institutions - the Case of Fuel Cells and Hydrogen Technology in Europe The Case of Fuel Cells and Hydrogen Technology in Europe Centre for Innovation , Research and Competence in the Learning Economy** Lund Institut. 2008. [s. l.], 2008.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. Manual de Oslo. **Innovación**, [s. l.], v. 30, n. 5, p. 88–94, 2005. Disponível em: <[http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo\\_9789264065659-es](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo_9789264065659-es)>.

\_\_\_\_\_. Proposed standard practice for surveys of research and experimental development: Frascati manual. Paris, 2002.

OLTRA, V.; SAINT JEAN, M. Variety of technological trajectories in low emission vehicles (LEVs): A patent data analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 17, n. 2, 2009. a.

OLTRA, Vanessa; SAINT JEAN, Ma??der. Variety of technological trajectories in low emission vehicles (LEVs): A patent data analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 201–213, 2009. b.

PAES, Vinícius J. C. et al. **Avaliação do potencial do lítio no Brasil: área do Médio Rio Jequitinhonha, nordeste de Minas Gerais**. [s.l: s.n.].

PAVITT, Keith. Uses and Abuses of Patent Statistics. In: VAN RAAN, A. F. J. (Ed.). **Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology**. [s.l.] : Elsevier, 1988. p. 509–536.

PILKINGTON, Alan; DYERSON, Romano. Innovation in disruptive regulatory environments: A patent study of electric vehicle technology development. **European Journal of Innovation Management**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 79–91, 2006.

PLUGSHARE. **EV Charging Station Map**. 2018.

PODPOINT. **Electric Vehicle Dictionary**. 2019. Disponível em: <<https://podpoint.com/guides/driver/ev-dictionary>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

QUATRO RODAS. **Primeiro híbrido flex do mundo será feito pela Toyota no Brasil em 2019**. 2018. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/primeiro-hibrido-flex-do-mundo-sera-feito-pela-toyota-no-brasil-em-2019/>>.

QUATRO RODAS. Este é o novo Toyota Corolla híbrido que chegará ao Brasil ainda em 2019. [s. l.], 2019. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/este-e-o-novo-toyota-corolla-hibrido-que-chegara-ao-brasil-ainda-em-2019/>>.

RHODES, R. A. W. **the New Governance\_Governing Without Government.Pdf** **Political Studies**, 1996.

ROGERS, Everett M. **Diffusion of Innovations**. 5th. ed. New York: Free Press, 2003.

SCHMITT, Gilles et al. Patents and progress; intellectual property showing the future of electric vehicles. In: 2016, Montréal, Québec, Canada,. **Anais...** Montréal, Québec, Canada,: EVS29 Symposium, 2016.

SCHMOOKLER, Jacob. **Invention and Economic Growth**. 1. ed. Cambridge: Harvard University Press, 1966.

SMITH, A.; STIRLING, A.; BERKHOUT, F. The governance of sustainable socio-technical transitions. **Research Policy**, [s. l.], v. 34, n. 10, 2005.

STOKER, G. **Governance as theory: five propositions** **International social science journal**, 1998.

TREIB, Oliver; BÄHR, Holger; FALKNER, Gerda. Modes of governance: towards a conceptual clarification. **Journal of European Public Policy**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1–20, 2007.

TWOMEY, Paul; GAZIULUSOY, A. Idil. Review of System Innovation and Transitions Theories. [s. l.], p. 1–26, 2014. Disponível em: <[http://www.visionsandpathways.com/wp-content/uploads/2014/06/Twokey\\_Gaziulusoy\\_Innovation-and-Transition-Theory.pdf](http://www.visionsandpathways.com/wp-content/uploads/2014/06/Twokey_Gaziulusoy_Innovation-and-Transition-Theory.pdf)>.

UNICAMP. **Unicamp, Nissan e o carro movido com eletricidade gerada por etanol**. 2019. Disponível em: <<https://www.unicamp.br/unicamp/index.php/noticias/2019/04/26/unicamp-nissan-e-o-carro-movido-com-eletricidade-gerada-por-etanol>>.

UNRUH, Gregory C. Escaping carbon lock-in. **Energy Policy**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 317–325, 2002.

WHO, World Healthy; ORGANIZATION. **Air Pollution Statistics**. [s.d.].

WIECZOREK, Anna J.; HEKKERT, Marko P. Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. **Science and Public Policy**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 74–87, 2012.

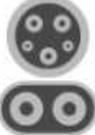
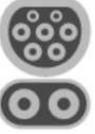
YARIME, M. Public coordination for escaping from technological lock-in: its possibilities and limits in replacing diesel vehicles with compressed natural gas vehicles in Tokyo. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 17, n. 14, 2009.

## GLOSSÁRIO

<b>ARQUITETURAS VEICULARES</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<p><i>Micro hybrid</i></p> <p><b>Micro híbrido</b></p> <p>(Tradução nossa)</p>	<p>Veículos que realizam a frenagem regenerativa e o recurso start-stop para eficiência energética e redução de consumo de combustível. Não são estritamente veículos elétricos híbridos, pois não há tração elétrica.</p>
<p><i>Mild hybrid</i></p> <p><b>Híbrido médio</b></p> <p>(Tradução nossa)</p>	<p>Veículo que apresenta, além do sistema de propulsão à combustão, um motor elétrico e uma bateria de tração para realização das funções: frenagem regenerativa, start-stop, partida assistida e assistência elétrica do motor à combustão.</p>
<p>Veículo elétrico (VE)</p>	<p>Termo genérico para BEVs, PHEVs e REX, mas frequentemente usado para se referir a veículos elétricos puros, ou seja, BEVs.</p>
<p>Veículo elétrico a Bateria (VEB) ou puramente elétrico</p>	<p>Veículo com propulsão elétrica dedicada, cuja fonte energética provém da eletricidade, armazenada em uma bateria interna.</p>
<p>Veículo elétrico com <i>range extender</i> (REX)</p>	<p>Um VEH que tem tração dedicada elétrica, mas demonstra um pequeno MCI para carregar a bateria quando sua carga aproxima-se do esgotamento. Na prática, os REX são híbridos com arquitetura em série.</p>
<p>Veículo elétrico de célula de combustível (VECC)</p>	<p>VE que usa célula de combustível de hidrogênio para carregar a bateria de tração e assim alimentar seu motor elétrico. As células de combustível criam a eletricidade para alimentar o carro a partir de combustíveis, através de reações eletroquímicas.</p>

<b>ARQUITETURAS VEICULARES</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
Veículo elétrico híbrido (HEV)	Veículos que apresentam em paralelo um motor elétrico, cuja energia é suprida por uma bateria e um motor à combustão convencional, abastecido por combustíveis líquidos ou gasosos (fósseis ou renováveis). Possuem uma pequena bateria de tração, carregada através de frenagem regenerativa por meio do motor à combustão.
Veículo elétrico híbrido plug-in (VEHPs)	Veículo com a combinação de motor a combustão interna e motor elétrico para tração, permitindo a condução elétrica pura ou alcance estendido de uma combinação do motor a gasolina e motor elétrico. Sua bateria tanto pode ser alimentada por uma fonte interna com um motor-gerador situado a bordo do veículo, quanto por fonte externa junto à rede elétrica.
Veículo <i>plug-in</i>	Um termo geral para qualquer veículo com tomada de corrente, incluindo VEBs e VEHPs.
<b>TECNOLOGIAS ESPECÍFICAS DOS VES</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
Bateria	Dispositivo que acumula energia e por meio de reações eletroquímicas entre seus elementos (oxidoredução) produz corrente elétrica.
Frenagem regenerativa	Processo no qual a energia cinética do veículo, que seria dissipada na forma de calor através do sistema de freio mecânico, é capturada e convertida em energia elétrica através do motor de tração, atuando como gerador, por fim sendo armazenada na bateria.
Inversor	Circuito eletrônico que converte corrente contínua para corrente alternada.

<b>TECNOLOGIAS ESPECÍFICAS DOS VES</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
Motor elétrico	Dispositivo que transforma energia elétrica em mecânica.
Sistema de gerenciamento de bateria (BMS)	Sistema eletrônico (hardware + software) que gerencia os parâmetros de funcionamento de conjuntos de baterias, como estado de carga, “saúde” da bateria, limites máximo e mínimo de energia, e temperatura, controlando o fluxo de corrente elétrica que entra e sai das baterias.
Start/stop	Tecnologia na qual o MCI é desligado sempre que o veículo encontra-se parado (alguns segundos após a frenagem total) e acionado imediatamente após a detecção da necessidade de tração do veículo (pedal de aceleração ou de embreagem pressionado).
Supercapacitor	Armazenador de cargas elétricas que possui altos valores de capacitância, mas menores limites de tensão.
<b>TIPOS DE CONECTORES DE RECARGA</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
CHAdeMO 	Tem o nome oriundo da abreviação de “CHArge de Move”, equivalente a “carga em movimento”. Conector redondo de quatro pinos usado, predominantemente, para pontos de carregamento rápidos e é compatível com VE fabricados por marcas japonesas, como a Mitsubishi e a Nissan. Pode operar em sistemas com funcionalidade Vehicle-to-Grid (V2G), mas tem menor capacidade de transferência de energia se comparado ao CCS e requer dois soquetes separados.

<b>TIPOS DE CONECTORES DE RECARGA</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
GB/T (AC) 	Padrão de conector chinês, similar ao Tipo 2 (europeu), utilizado para recargas nível 1 e 2 (CA).
GB/T (CC) 	Padrão de conector chinês, destinado a recargas em CC.
Sistema de carregamento combinado Tipo 1 (CCS) 	Padronizado pela SAE, este conector combina dois pinos DC dispostos abaixo do conector CA Tipo 1, o qual usa 3 pinos.
Sistema de carregamento combinado Tipo 2 (CCS2) 	Padronizado pela UE, este conector combina dois pinos DC dispostos abaixo do conector CA Tipo 2, o qual usa 3 pinos.
Tesla 	Padrão proprietário de conector, homônimo ao fabricante, com 5 pinos, único para todos os veículos comercializados pela Tesla, exceto no mercado europeu, e que possibilita todas as modalidades de recarga (nível 1, 2 e CC).

<b>TIPOS DE CONECTORES DE RECARGA</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
Tipo 1 (SAE ou J1772) 	Um conector de cinco pinos que também possui um <i>clip</i> , este conector é comum nos EUA e é normalmente encontrado em VE fabricados por marcas asiáticas e americanas (por exemplo, Nissan, Mitsubishi e GM / Vauxhall / Opel). No entanto, sua proeminência está desaparecendo conforme a Nissan se mudou para o Tipo 2.
Tipo 2 (ou Mennekes) 	Um conector de sete pinos com uma borda plana. Originalmente preferido por marcas europeias, por exemplo, BMW, grupo VW, tem se tornado o mais popular na maioria dos VEs. Pode transportar energia trifásica e apresenta trava de segurança no soquete de carregamento.
<b>CONCEITOS-CHAVES</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
AC (alternated current) <b>Corrente alternada (CA)</b> (Tradução nossa)	Tipo de corrente elétrica que tem sua polaridade invertida em intervalos regulares.
Carregamento em rota	Normalmente, o carregamento em trânsito requer carregadores rápidos de alta potência, que proporcionam mais de 100 quilômetros de autonomia no VE abastecidos no tempo dispendido para tomar um café e um lanche por exemplo.
Carregamento fora de casa	A prática de carregar seu veículo elétrico sempre que estacionar enquanto estiver fora, fazendo uso do tempo que seu carro não está em uso para adicionar carga à sua bateria. Isso ajuda a evitar ‘ansiedade de recarga’.

<b>CONCEITOS-CHAVES</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
DC (direct current) <b>Corrente contínua (CC)</b> (Tradução nossa)	Tipo de corrente elétrica que tem sua polaridade definida, com fluxo de energia de sentido constante.
Eletroposto	Artefato tecnológico responsável por fazer a conexão do VE à rede elétrica para recarga e fornecer energia nas condições necessárias ao sistema do veículo.
Estação de recarga	Infraestrutura física que fornece eletroposto para carregar um veículo elétrico (VEB e VEHP). Também chamado de <i>electric vehicle supply equipment</i> (EVSE).
<i>Home charging</i> <b>Recarga doméstica</b> (Tradução nossa)	Ato de carregar o carro elétrico enquanto ele está estacionado em casa, normalmente durante a noite. Pode ser realizada com o carregador que acompanha o veículo em tomada convencional residencial (aprox. 2,2 kW) ou através de carregador doméstico instalado em casa (até 22 kW).
Padrão aplicativo	Recarregar o VE sem os cartões RFID, usando um aplicativo de celular no seu lugar para encontrar um ponto de carregamento e iniciar a cobrança.
Padrão RFID	Usando a mesma tecnologia usada em cartões de viagem de transporte público, esses cartões são usados por muitos pontos de carregamento a para permitir o acesso ao carregamento de EV.
Pagamento sem contato	Disponível em alguns carregadores rápidos é possível iniciar e pagar a sua sessão de cobrança com o toque do seu cartão de crédito / débito sem contato com o eletroposto.

<b>CONCEITOS-CHAVES</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
Quilowatt-hora (kWh)	Unidade de energia elétrica equivalente a mil watts de potência transferidos em uma hora. Normalmente, a densidade energética das baterias dos VEs é medida em quilowatts-hora.
<i>Range anxiety</i> <b>Ansiedade por recarga</b> (Tradução nossa)	Refere-se à sensação de medo/receio, por parte do usuário, ao estar dirigindo um veículo elétrico e ficar sem energia na bateria no decorrer de seu traslado. Esse medo pode ser mitigado com disponibilidade de pontos de recarga em estacionamentos, em condomínios, empresas, de supermercados, shoppings centers, postos de combustível, etc.
Recarga lenta ou nível 1 (doméstica)	Situada na faixa de 2.2 a 3.7 kW por meio de CA, sem comunicação entre o sistema do veículo e a rede.
Recarga rápida CA ou Fast Charge CA	Recarga situada a partir da potência de 43 kW por meio de CA, estabelece comunicação entre a rede e o veículo por meio de protocolo CAN ou PLC.
Recarga rápida CC ou Fast Charge DC ou Ultra Fast Charge DC	Recarga realizada a partir de 50 kW por meio de CC, podendo chegar até 250 kW e realizando comunicação entre a rede e o veículo por meio de protocolo CAN ou PLC.
Recarga semirrápida ou nível 2	Situada na faixa de 7 a 22 kW por meio de CA, estabelece comunicação entre a rede e o veículo por meio de protocolo CAN ou PLC.

<b>CONCEITOS-CHAVES</b>	
<b>TERMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<i>Smart charge</i> <b>Recarga inteligente</b> (Tradução nossa)	Termo genérico para uma série de funções que um eletroposto conectado à rede Wi-Fi pode executar. Normalmente, isso se refere ao desempenho de funções relacionadas ao balanceamento de carga e monitoramento/gerenciamento de energia, otimizando a recarga do VE em períodos de menor cobrança e demanda energética da rede.
<i>Vehicle to Grid (V2G)</i> <b>Veículo à rede</b> (Tradução nossa)	Tecnologia na qual o Veículo Elétrico a Bateria ou o Veículo Elétrico Híbrido Plug-in é conectado à rede elétrica para fornecer ou obter eletricidade, levando em consideração a demanda energética local e o horário do dia (pico).
<i>Vehicle to home (V2H)</i> <b>Veículo para casa</b> (Tradução nossa)	Sistema no qual o veículo elétrico está sendo usado para atender a demanda de eletricidade de uma casa, a qual pode demandar eletricidade a partir da bateria instalada no VE.
<i>Vehicle to vehicle (V2V)</i> <b>Veículo para Veículo</b> (Tradução nossa)	Uma tecnologia na qual um veículo elétrico é conectado a outro veículo elétrico para transferir ou receber eletricidade, ou fornecer informações relacionadas a condições diversas de tráfego e trânsito.

**Fonte:** elaborado pelo autor a partir de Denton (2017); Electronics Believer (2019); Emotorwerks (2019); Ev Safe Charge (2019); Myev (2019); Podpoint (2019).

## APÊNDICES

**APÊNDICE A — Relação das instituições entrevistadas na etapa de mapeamento e caracterização no Projeto CPFL**

<b>CATEGORIA</b>	<b>DATA DA ENTREVISTA</b>	<b>MÉTODO DE COLETA DE INFORMAÇÕES</b>	<b>DURAÇÃO APROXIMADA</b>
Associação de Classe	24/02/2016	Anotações no momento da entrevista	2 horas
Setor Elétrico	07/04/2016	Gravação	1 hora
Montadora	17/05/2016	Gravação	1 hora e meia
Montadora	02/08/2016	Gravação	1 hora
Montadora	18/08/2016	Gravação	1 hora
Montadora	19/08/2016	Gravação	1 hora
Montadora	14/09/2016	Gravação	30 minutos
Fornecedora de Componentes da indústria nacional de motores elétricos	20/04/2016	Anotações no momento da entrevista	2 horas
Fornecedora de Componentes da indústria nacional de baterias	23/06/2016	Gravação	1 hora
Governo	16/05/2016	Gravação	2 horas
Associação de Classe	17/05/2016	Anotações no momento da entrevista	30 minutos
Startup (montadora de veículo elétrico de alta potência)	17/05/2016	Anotações no momento da entrevista	20 minutos
Startup (montadora de veículo elétrico levíssimo)	17/05/2016	Anotações no momento da entrevista	20 minutos
Startup (montadora de veículo elétrico levíssimo)	17/05/2016	Anotações no momento da entrevista	30 minutos
Startup (montadora de veículo elétrico levíssimo)	27/05/2016	Gravação	1 hora

**Fonte:** elaboração própria a partir de Consoni et al. (2017).

## APÊNDICE B — Questionários para a etapa de mapeamento e caracterização

---

Roteiro de entrevista com **MONTADORAS**

Data da aplicação:

Local:

### **BLOCO 1- Caracterização da empresa entrevistada**

1. Caracterização da Empresa
  - 1.1.Nome da Empresa: \_\_\_\_\_
  - 1.2.Origem do Capital: \_\_\_\_\_
  - 1.3.Ano de Instalação no Brasil: \_\_\_\_\_
  - 1.4.Número de plantas industriais no Brasil: \_\_\_\_\_
  - 1.5.Número de funcionários no Brasil: \_\_\_\_\_
2. Caracterização do Entrevistado
  - 2.1.Nome: \_\_\_\_\_
  - 2.2.Função: \_\_\_\_\_

### **BLOCO 2- Experiência do entrevistado**

2. Relatar a experiência e a atuação no campo dos veículos elétricos no Brasil e no exterior.

### **BLOCO 3- Aspectos de mercado**

- 3.1.Mencionar os produtos na linha da mobilidade elétrica que a empresa comercializa no Brasil.
- 3.2.Há expectativas de novos lançamentos?
- 3.3.Existem perspectivas para a produção de VEs no Brasil? (Se estrangeira, pretende transpor alguma atividade global no Brasil?)
- 3.4.Se sim, como se daria a inserção dos VEs no Brasil: (1) importações de veículos completos? (2) importação dos pacotes de montagem nacionalmente (CKD)? (3) produção local de uma gama de componentes e (4) plena produção de veículos no país? Haverá etapas sobrepostas?
- 3.5.Se não – explicitar quais as razões e quais as decisões que poderiam reverter esta posição.
- 3.6.Quais as barreiras para a formação de um mercado de veículos elétricos no Brasil?
- 3.7.Quais os gargalos para estruturar uma cadeia do VE no Brasil?
- 3.8.Como enxergam o papel das *start-ups* (empresas de pequeno porte que produzem e comercializam VEs) frente ao cenário dos VEs no Brasil? Elas podem vir à ocupar um papel de relevância? Poderiam ser fortes concorrentes das montadoras no segmento?

### **BLOCO 4- Aspectos referentes às tecnologias e componentes do VE**

- 4.1.A montadora tem apostado em alguma versão de VE (a bateria, híbrido, híbrido *plug-in*)? Em qual mercado? Por quais razões?
- 4.2.Em qual localidade da corporação está concentrada a atividade de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) de VEs?
- 4.3.Quais competências a empresa possui no Brasil, que poderiam ser alocadas para a P&D do segmento do VE? Quais poderiam ser desenvolvidas? Seria algo viável?

- 4.4. Como a empresa visualiza a difusão da tecnologia para o VE: no mundo? No Brasil?
- 4.5. Qual seria o futuro da mobilidade – veículos elétricos? Híbridos? Biocombustíveis? Célula de combustível?
- 4.6. Como o tema da reciclagem de componentes tem sido conduzido dentro da empresa?
- 4.7. A organização participa de redes de colaboração no tema do VE? Se sim, quais são os parceiros e quais são os objetivos?
- 4.8. Acerca das conexões e *plugs* dos veículos à rede, enxergam sua padronização no futuro? Seria do tipo 1 ou tipo 2? Existe outras rotas em aberto? Qual é a aposta atual da empresa? [Explicar, se necessário, o tipo de plug-in]

### **BLOCO 5- Percepções sobre Políticas Públicas e Incentivos Governamentais**

- 5.1. Qual a avaliação acerca das políticas públicas e incentivos governamentais vigentes para a promoção do mercado VEs no Brasil?
- 5.2. Participa de alguma linha de financiamento governamental para operações e projetos? Possui algum tipo de isenção fiscal/ tributária devido aos veículos elétricos?
- 5.3. Qual a avaliação acerca da política do inovar auto, que passou a contemplar a esfera dos elétricos?
- 5.4. Quais são as perspectivas (curto, médio e longo prazo) para a formulação e implementação de políticas para os veículos elétricos?
- 5.5. A montadora participa de algum tipo de lobby ou coalização para promover a mobilidade elétrica no Brasil?
- 5.6. Acredita que as associações de classe (ABVE, ABEIFA, ANFAVEA, etc...) te representa? Existem pontos deste diálogo que precisam ser melhorados?

Frente 3 de Trabalho - Cadeia Produtiva do Veículo Elétrico no Brasil  
Roteiro de entrevista com **FORNECEDORES DE COMPONENTES**.

Data da aplicação:

Local:

### **BLOCO 1- Caracterização da empresa entrevistada**

1. Caracterização da Empresa
  - 1.1. Nome da Empresa: \_\_\_\_\_
  - 1.2. Origem do Capital: \_\_\_\_\_
  - 1.3. Ano de Instalação no Brasil: \_\_\_\_\_
  - 1.4. Número de plantas industriais no Brasil: \_\_\_\_\_
  - 1.5. Número de funcionários no Brasil: \_\_\_\_\_
2. Caracterização do Entrevistado
  - 2.1. Nome: \_\_\_\_\_
  - 2.2. Função: \_\_\_\_\_

### **BLOCO 2- Experiência do entrevistado**

2. Relatar a experiência e a atuação no campo dos veículos elétricos no Brasil e no exterior.

### **BLOCO 3- Aspectos de mercado**

- 3.1. Quais os componentes de veículos elétricos que a empresa comercializa no Brasil? Direciona-se à aplicação para quais tipos de veículos? (VEB/ VEH).
- 3.2. Há possibilidade de diversificação? Planos neste sentido?
- 3.3. Como se dá a rede de relacionamentos entre a empresa e outras que integram a cadeia do veículo elétrico no Brasil?

- 3.4. Quais as barreiras para a formação de um mercado de veículos elétricos no Brasil?
- 3.5. Quais os gargalos para estruturar uma cadeia do VE no Brasil?
- 3.6. Como está se preparando para o mercado de veículos elétricos no Brasil? Qual a projeção (curto, médio e longo prazo) de seus produtos no mercado?

#### **BLOCO 4- Aspectos referentes às tecnologias e componentes do VE**

- 4.1. O que a empresa faz atualmente em termos de Veículo Elétrico? (motores, baterias, eletropostos, etc...)
- 4.2. O que a empresa teria competência para fazer para ampliar esta atividade?
- 4.3. A empresa está dispensando esforços para Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) de VEs no Brasil? Se sim, em quais áreas e como está sendo estruturada? Quais os desafios?
- 4.4. Como o segmento da mobilidade elétrica é visto em relação ao Brasil? Mundo?
- 4.5. Qual seria o futuro da mobilidade – veículos elétricos? Híbridos? Biocombustíveis? Célula de combustível?
- 4.6. Quais são as apostas tecnológicas (VEB/ VEH) da empresa no atual contexto de indefinições acerca da tecnologia?
- 4.7. Como o tema da reciclagem de componentes tem sido conduzido?
- 4.8. A sua organização participa de redes de colaboração no tema do VE? Quais redes e quais são os objetivos?
- 4.9. (Se ligada à eletropostos e recarregamento de VEs) Acerca das conexões e *plugs* dos veículos à rede, enxergam sua padronização no futuro? Seria do tipo 1 ou tipo 2? Existe outras rotas em aberto? Qual é a aposta atual da empresa?

#### **BLOCO 5- Percepções sobre Políticas Públicas e Incentivos Governamentais**

- 5.1. Qual a avaliação acerca das políticas públicas e incentivos governamentais vigentes para a promoção do mercado VEs no Brasil?
- 5.2. Participa de alguma linha de financiamento governamental para operações e projetos? Possui algum tipo de isenção fiscal/ tributária devido aos veículos elétricos
- 5.3. Qual a avaliação acerca da política do inovar auto, que passou a contemplar a esfera dos elétricos?
- 5.4. Quais são as perspectivas (curto, médio e longo prazo) para a formulação e implementação de políticas para os veículos elétricos?
- 5.5. A empresa participa de algum tipo de lobby ou coalização para promover a mobilidade elétrica no Brasil?
- 5.6. Acredita que as associações de classe ( ABVE, ABEIFA, ANFAVEA, etc...) te representa? Existem pontos deste diálogo que precisam ser melhorados?

#### Roteiro de entrevista com **ASSOCIAÇÕES DE CLASSE**

Data da aplicação:

Local:

#### **BLOCO 1- Caracterização da empresa entrevistada**

1. Caracterização da Associação
  - 1.1. Nome da Associação: \_\_\_\_\_
  - 1.2. Origem do Capital: \_\_\_\_\_
  - 1.3. Ano de fundação no Brasil: \_\_\_\_\_
2. Caracterização do Entrevistado
  - 2.1. Nome: \_\_\_\_\_
  - 2.2. Função: \_\_\_\_\_

**BLOCO 2- Experiência do entrevistado**

2. Relatar a experiência e a atuação no campo dos veículos elétricos no Brasil e no exterior.

**BLOCO 3- Aspectos gerais**

- 3.1. Qual a visão acerca da consolidação de um cluster de mobilidade elétrica no Brasil
- 3.2. Quais as principais barreiras?
- 3.3. Quais as principais oportunidades?
- 3.4. Quais os atores mais relevantes neste mercado que poderiam mudar o curso desta tecnologia no Brasil?
- 3.5. Como se dá a relação entre a associação com o poder público? E com as empresas do setor? Existem pontos deste diálogo que precisam ser melhorados?
- 3.6. Qual a avaliação acerca das políticas públicas e incentivos governamentais vigentes para a promoção do mercado VEs no Brasil?
- 3.7. Quais são as perspectivas (curto, médio e longo prazo) para a formulação e implementação de políticas para os veículos elétricos?
- 3.8. Como deveria ser a intervenção do Estado para criar este mercado?
  - Fornecer subsídios para a compra de veículos? Quais?
  - Fornecer subsídios para o estímulo à produção? Quais?
  - Fornecer subsídios para o estímulo à atividade de P&D? Para quais componentes?
- 3.9. Quais as experiências internacionais que são dignas de destaque no que se refere ao estímulo ao mercado de VE? Por quais razões?
- 3.10. Se pudesse falar acerca de uma aposta ou posicionamento do Brasil face a trajetória elétrica, o que diria?

Frente 3 de Trabalho - Cadeia Produtiva do Veículo Elétrico no Brasil

Roteiro de entrevista com o **SETOR ELÉTRICO**

Data da aplicação:

Local:

**BLOCO 1- Caracterização da empresa entrevistada**

1. Caracterização da Empresa
  - 1.1. Nome da Empresa: \_\_\_\_\_
  - 1.2. Origem do Capital: \_\_\_\_\_
  - 1.3. Ano de Instalação no Brasil: \_\_\_\_\_
  - 1.4. Número de plantas / estações no Brasil: \_\_\_\_\_
  - 1.5. Número de funcionários no Brasil: \_\_\_\_\_
2. Caracterização do Entrevistado
  - 2.1. Nome: \_\_\_\_\_
  - 2.2. Função: \_\_\_\_\_

**BLOCO 2- Experiência do entrevistado**

2. Relatar a experiência e a atuação no campo dos veículos elétricos no Brasil e no exterior.

**BLOCO 3- Aspectos de mercado**

3.1. Com quais iniciativas a empresa tem atuado neste mercado? Quais estratégias e posicionamentos a empresa está adotando neste contexto?

- 3.2. Quais as barreiras para a formação de um mercado de veículos elétricos no Brasil?
- 3.3. Como a empresa visualiza a cadeia do VE no Brasil? Qual seria o maior gargalo para que possa ser estruturada?

#### **BLOCO 4- Aspectos referentes às tecnologias e componentes do VE**

- 4.2. Quais são as expectativas da empresa sobre o veículo elétrico? Como é observada a difusão desta tecnologia?
- 4.3. A empresa está dispensando esforços para Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) de VEs no Brasil? Se sim, em quais áreas e como está sendo estruturada? Há desafios?
- 4.4. Como foi/está sendo/ ou será feito o processo de aquisição de competências e adaptação frente ao desenvolvimento e produção de tecnologias relacionadas ao VE?
- 4.5. A sua organização participa de redes de colaboração no tema do VE? Quais redes e quais são os objetivos?
- 4.6. Existe uma cadeia produtiva para o VE no Brasil? Como ela se configura? Qual o maior gargalo para sua estruturação?
- 4.7. Quais competências a empresa possui no Brasil para o segmento? Quais poderiam ser desenvolvidas?
- 4.8. A empresa acredita na mobilidade elétrica no Brasil?

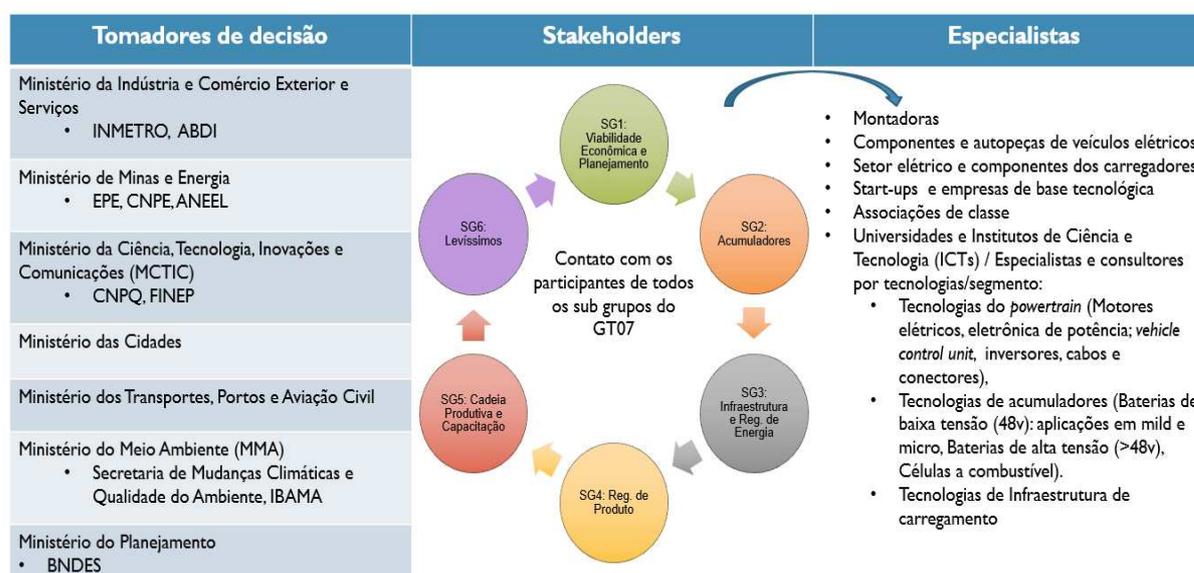
#### **BLOCO 5- Percepções sobre Políticas Públicas e Incentivos Governamentais**

- 5.1. Qual a avaliação acerca das políticas públicas e incentivos governamentais vigentes para a promoção do mercado VEs no Brasil?
- 5.2. Participa de alguma linha de financiamento governamental para operações e projetos? Possui algum tipo de isenção fiscal/ tributária devido aos veículos elétricos?
- 5.3. Qual a avaliação acerca da política do inovar auto, que passou a contemplar a esfera dos elétricos?
- 5.4. Quais são as perspectivas (curto, médio e longo prazo) para a formulação e implementação de políticas para os veículos elétricos?
- 5.5. A empresa participa de algum tipo de lobby ou coalização para promover a mobilidade elétrica no Brasil?
- 5.6. Acredita que as associações de classe (ABVE, ABEIFA, ANFAVEA, etc...) te representa? Existem pontos deste diálogo que precisam ser melhorados?

## APÊNDICE C — Procedimentos para a realização das dinâmicas e painéis com especialistas

- (1) **Seleção dos especialistas**<sup>60</sup>: buscou-se ter a participação de atores que demonstraram capacidade para discutir as perspectivas para a mobilidade elétrica no Brasil. Para tanto, foram consultados os participantes das instituições caracterizadas abaixo.

Seleção dos especialistas – instituições e representantes.



Fonte: elaboração própria.

- (2) **Elaboração do questionário online** (em formato *Google Forms*, para fins de amplo acesso). As perguntas foram desenhadas de forma que permitissem indagar em termos quantitativos, às possibilidades de participação local na manufatura para cada componente do veículo.

Neste questionário, também houve espaço para apontamentos de cunho qualitativo, caso o participante julgasse necessário. As respostas foram coletadas de forma anônima. As perguntas incluídas no questionário podem ser consultadas no Apêndice D desta qualificação.

- (3) **Implementação do questionário**: o questionário foi enviado a 133 especialistas e obteve 70 respostas, o que representou um número superior a 50% de adesão, nas duas

<sup>60</sup> Esses participantes são chamados de especialistas, não em referência à expertise técnica ou acadêmica numa determinada área, mas em função da sua trajetória vinculada ao tema específico.

semanas em que esteve disponível para seu preenchimento (1º. de junho/2018 a 11 de junho/2018). As respostas foram coletadas pelos pesquisadores do LEVE no dia 12 de junho/2018, que contabilizou as respostas e preparou o material para o workshop (compilação em gráficos e tabelas), foco da segunda etapa da construção da visão.

- (4) **Realização de Workshop.** Realizado no dia 14 de junho de 2018, em Brasília, foram convocados os mesmos especialistas e *stakeholders* que responderam ao questionário, além de especialistas que atenderam ao Seminário. Essa discussão permitiu identificar os segmentos nos quais já existem capacidades produtivas locais que poderiam atender as demandas das empresas montadoras de veículos elétricos, bem como participar da produção de equipamentos de recarga. A discussão entre os grupos de trabalho também permitiu identificar aqueles componentes nos quais não existem capacidades produtivas locais a serem aproveitadas no curto prazo. Segmentos estes que se apresentam como áreas que ainda estão sendo exploradas em nível de pesquisa e desenvolvimento, inclusive nos países que se encontram na fronteira do conhecimento, como Estados Unidos, China, Japão, Alemanha e França.
- (5) **Identificação das barreiras e oportunidades** para as visões construídas. Para isso, aproveitou-se das reuniões dos subgrupos do GT7 – Rota 2030, considerando que esses reúnem os principais atores vinculados à mobilidade elétrica no Brasil. O objetivo foi (1) validar as visões de futuro que foram construídas e (2) mapear as barreiras e oportunidades que se colocam para o alcance dessas visões. Também foram realizadas entrevistas particulares nos casos que demandaram maiores discussões junto aos especialistas e *stakeholders*. Os questionários utilizados para conduzir a consulta aos especialistas se encontram disponíveis na sequência.

## **APÊNDICE D — Questionários para as dinâmicas com *stakeholders* e especialistas dos blocos de competência do SPE**

---

### **Roteiro de entrevista para os especialistas em *POWERTRAIN***

Componentes cobertos:

- Motores elétricos (estatores, rotores, chapas de aço, fios de cobre, imãs, etc.)
- Eletrônica de Potência (conversores CC-CC, inversores CA-CC, controle de potência, sistemas de proteção, indutores, capacitores e semicondutores)
- Software de controle (Sistema de controle geral do veículo. Algoritmos e estratégias de controle do veículo)
- Cabos e conectores (Chicotes, cabos de alta tensão, conectores)

#### **BLOCO 1- Mercado necessário para investimento de capital em atividades locais de produção**

1. Que volume de mercado (demanda) de veículos leves elétricos (VEB/VHPL + VEH) é necessário para viabilizar investimentos na produção local dos componentes do *Powertrain*?

#### **BLOCO 2- Capacidade industrial instalada e Transferência Tecnológica (5 a 10 anos)**

1. Quais empresas localizadas no Brasil apresentam as capacidades necessárias a produção destes componentes?
1. Seria necessário recorrer a algum mecanismo de transferência tecnológica? Quais são as oportunidades?

Guia: Tipos de instrumentos de transferência tecnológica para guiar a entrevista  
Intra firma (matrizes e suas subsidiárias brasileiras)

- Investimento das matrizes nas subsidiárias brasileiras e joint-ventures? (hardware, software e know-how)?
- Aquisição, por parte de empresas estrangeiras, de ativos e participações em empresas nacionais de componentes?

Inter firmas

- Compra de bens de capital/ máquinas e equipamentos para produção local?
- Licenciamento de projetos/conhecimento em produtos?
- Licenciamento de projetos/conhecimento em processos produtivos?

#### **1.1. Recursos humanos**

- Absorção de mão de obra com experiência internacional (seja estrangeiro ou brasileiro)

Quais seriam as barreiras para estas atividades de transferência tecnológica? Há desafios neste processo

#### **BLOCO 3- Desenvolvimento de competências, atividades de P&D e recursos humanos capacitados (mais de 10 anos)**

- 3.1. Quais as condições para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento no Brasil? De quais tipos?
- 3.2. Que tipo de profissionais seriam demandados e qual tipo de qualificação é requerida?

- 3.3. Quais seriam os obstáculos/ empecilhos para o desenvolvimento destas atividades no Brasil:
- Volume de recursos e investimentos necessários?
  - Ausência de profissionais qualificados?
  - Falta de direcionamento e estratégia para a empresa se envolver em P&D no Brasil?
- 3.4. Sobre a criação de **competências nacionais**, quais deles apresentam maior potencial de inserção local?:
- Pesquisa em materiais e componentes elementares de motores elétricos?
  - Quais são as competências requeridas para os motores elétricos acoplados a um sistema híbrido?
  - Hardware e eletrônica de potência
  - Desenvolvimento local de softwares
  - Projetos em hardware e eletrônica de potência? Quais são as possibilidades para o desenvolvimento local de softwares para estes veículos?
  - Competências para montagem nacional de *Powertrains*, podendo ser feito juntamente com montadoras?
- 3.5. Onde há oportunidades para a criação de redes de colaboração em P&D (seja com atores locais ou multinacionais)

### **Roteiro de entrevista para os especialistas em BATERIAS (baixa e alta tensão)**

#### Componentes cobertos

- Componentes elementares (ânodos, cátodos, materiais ativos, blinder, eletrólitos e separadores)
- Células (produção e montagem de células individuais)
- Módulo (agrupamento das células)
- Packing e montagem (agrupamento dos módulos e integração ao sistema de gestão e controle da bateria (BMS) – controle de potência, refrigeração e recarga)

#### **BLOCO 1- Mercado necessário para investimento de capital em atividades locais de produção**

1. Que volume de mercado (demanda) é necessário para viabilizar investimentos na produção local dos componentes da bateria?

#### **BLOCO 2- Capacidade industrial instalada e Transferência Tecnológica (5 a 10 anos)**

2. Quais empresas localizadas no Brasil apresentam as capacidades necessárias a produção destes componentes?
2. Seria necessário recorrer a algum mecanismo de transferência tecnológica? Quais são as oportunidades?

Guia: Tipos de instrumentos de transferência tecnológica para guiar a entrevista  
Intra firma (matrizes e suas subsidiárias brasileiras)

- Investimento das matrizes nas subsidiárias brasileiras e joint-ventures? (hardware, software e know-how)?
- Aquisição, por parte de empresas estrangeiras, de ativos e participações em empresas nacionais de componentes?

Inter firmas

- Compra de bens de capital/ máquinas e equipamentos para produção local?
- Licenciamento de projetos/conhecimento em produtos?
- Licenciamento de projetos/conhecimento em processos produtivos?

### 2.1. Recursos humanos

- Absorção de mão de obra com experiência internacional (seja estrangeiro ou brasileiro)

Quais seriam as barreiras para estas atividades de transferência tecnológica? Há desafios neste processo

## BLOCO 3- Desenvolvimento de competências, atividades de P&D e recursos humanos capacitados (mais de 10 anos)

3.6. Quais as condições para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento no Brasil? De quais tipos?

3.7. Que tipo de profissionais seriam demandados e qual tipo de qualificação é requerida?

3.8. Quais seriam os obstáculos/ empecilhos para o desenvolvimento destas atividades no Brasil:

- Volume de recursos e investimentos necessários?
- Ausência de profissionais qualificados?
- Falta de direcionamento e estratégia para a empresa se envolver em P&D no Brasil?

3.9. Sobre a criação de **competências nacionais**, quais deles apresentam maior potencial de inserção local?:

- Pesquisa em materiais e componentes elementares (ânodos, cátodos, eletrólitos e separadores)? Haveria algum interesse em produzir células para baterias no Brasil?
- Projetos em módulos e packing de baterias? Ainda, iniciativas na integração ao sistema de gestão e controle da bateria (BMS)?
- Competências para montagem nacional de *baterias*, podendo ser feito juntamente com montadoras?

3.1. Onde há oportunidades para a criação de redes de colaboração em P&D (seja com atores locais ou multinacionais)?

## Roteiro de entrevista para os especialistas em CELULAS A COMBUSTÍVEL (PEMFC e SOFC)

### Componentes cobertos

- Pilha de combustível (gas diffusion layer, catalisador e membrana)
- Sistema de armazenamento de hidrogênio (carbon fiber composite, balance of plant)
- Sistema de balanceamento (CEM: Compressor/Expander/motor)
- Integração ao veículo (integração do sistema fuel cell dentro do sistema de propulsão elétrico)

Preciso questionar também a parte de infra para células a combustível

## BLOCO 1- Mercado necessário para investimento de capital em atividades locais de produção

- Que volume de mercado é necessário para viabilizar investimentos na produção local dos componentes das células a combustível?

### BLOCO 2- Capacidade industrial instalada e Transferência Tecnológica (5 a 10 anos)

3. Quais empresas localizadas no Brasil apresentam as capacidades necessárias a produção destes componentes?
3. Seria necessário recorrer a algum mecanismo de transferência tecnológica? Quais são as oportunidades?

Guia: Tipos de instrumentos de transferência tecnológica para guiar a entrevista  
Intra firma (matrizes e suas subsidiárias brasileiras)

- Investimento das matrizes nas subsidiárias brasileiras e joint-ventures? (hardware, software e know-how)?
- Aquisição, por parte de empresas estrangeiras, de ativos e participações em empresas nacionais de componentes?

Inter firmas

- Compra de bens de capital/ máquinas e equipamentos para produção local?
- Licenciamento de projetos/conhecimento em produtos?
- Licenciamento de projetos/conhecimento em processos produtivos?

#### 3.1. Recursos humanos

- Absorção de mão de obra com experiência internacional (seja estrangeiro ou brasileiro)

Quais seriam as barreiras para estas atividades de transferência tecnológica? Há desafios neste processo

### BLOCO 3- Desenvolvimento de competências, atividades de P&D e recursos humanos capacitados (mais de 10 anos)

3.10. Quais as condições para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento no Brasil?  
De quais tipos?

3.11. Que tipo de profissionais seriam demandados e qual tipo de qualificação é requerida?

3.12. Quais seriam os obstáculos/ empecilhos para o desenvolvimento destas atividades no Brasil:

- Volume de recursos e investimentos necessários?
- Ausência de profissionais qualificados?
- Falta de direcionamento e estratégia para a empresa se envolver em P&D no Brasil?

3.13. Sobre a criação de **competências nacionais**, quais deles apresentam maior potencial de inserção local?:

- Pesquisas em pilha de combustível (gas diffusion layer, catalisador e membrana)
- Sistema de armazenamento de hidrogênio (PEMFC) ou etanol (SOFC)?
- Sistema de balanceamento (CEM: Compressor/Expander/motor)
- Integração ao veículo (integração do sistema fuel cell dentro do sistema de propulsão elétrico)

3.1. Onde há oportunidades para a criação de redes de colaboração em P&D (seja com atores locais ou multinacionais)?

### Roteiro de entrevista para os especialistas em INFRAESTRUTURA

Componentes cobertos

- Eletropostos, classificados pelo tipo de carga (lenta, semi-rápida, rápida, ultra-rápida e wireless)

### BLOCO 1- Mercado necessário para investimento de capital em atividades locais de produção

1. Que volume de mercado (demanda) é necessário para viabilizar investimentos na produção local de eletropostos?

### BLOCO 2- Capacidade industrial instalada e Transferência Tecnológica (5 a 10 anos)

4. Quais empresas localizadas no Brasil apresentam as capacidades necessárias a produção destes componentes?
4. Seria necessário recorrer a algum mecanismo de transferência tecnológica? Quais são as oportunidades?

Guia: Tipos de instrumentos de transferência tecnológica para guiar a entrevista  
Intra firma (matrizes e suas subsidiárias brasileiras)

- Investimento das matrizes nas subsidiárias brasileiras e joint-ventures? (hardware, software e know-how)?
- Aquisição, por parte de empresas estrangeiras, de ativos e participações em empresas nacionais de componentes?

Inter firmas

- Compra de bens de capital/ máquinas e equipamentos para produção local?
- Licenciamento de projetos/conhecimento em produtos?
- Licenciamento de projetos/conhecimento em processos produtivos?

#### 4.1. Recursos humanos

- Absorção de mão de obra com experiência internacional (seja estrangeiro ou brasileiro)

Quais seriam as barreiras para estas atividades de transferência tecnológica? Há desafios neste processo

### BLOCO 3- Desenvolvimento de competências, atividades de P&D e recursos humanos capacitados (mais de 10 anos)

- 3.14. Quais as condições para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento no Brasil?  
De quais tipos?
- 3.15. Que tipo de profissionais seriam demandados e qual tipo de qualificação é requerida?
- 3.16. Quais seriam os obstáculos/ empecilhos para o desenvolvimento destas atividades no Brasil:
  - Volume de recursos e investimentos necessários?
  - Ausência de profissionais qualificados?
  - Falta de direcionamento e estratégia para a empresa se envolver em P&D no Brasil?
- 3.17. Sobre a criação de **competências nacionais**, quais deles apresentam maior potencial de inserção local?:
  - 3.1. Em que medida poderíamos criar **competências nacionais** em:
    - Em eletropostos de carga lenta (considera-se carga lenta os eletropostos que fornecem potências de 3,7kVA e 7,4kVA, indicados para uso residencial)
    - Em eletropostos de carga semi rápida lenta (carregadores de carga AC com potência de 22kVA e carregadores DC com potências de 25kW, direcionados a instalação nos centros urbanos)
    - Em eletropostos de carga rápida (definida como a potência de 43kVA em alimentação AC e potência de 50kW em alimentação DC, com uso sugerido em rodovias).
    - Em carga ultra-rápida (potências em alimentação DC de 175 até 350kW, com uso sugerido em rodovias)

- Em carga wireless (não há a necessidade de plugar o veículo à tomada)
- Onde há oportunidades para a criação de redes de colaboração em P&D (seja com atores locais).

**APÊNDICE E — Lista de projetos relacionados a eletromobilidade no âmbito do programa de P&D ANEEL (2000 – 2018)**

<b>EMPRESA</b>	<b>TÍTULO DO PROJETO</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
<b>BANDEIRANTE</b>	Avaliação dos possíveis cenários, experimentação e mensuração dos impactos dos veículos elétricos nos sistemas de distribuição da Bandeirante e da Escelsa	2.138.614,00
<b>CEB-DIS</b>	Eletroposto Solar - Microgeração fotovoltaica distribuída integrada à arquitetura predial e sua aplicação para carregamento de veículos elétricos	1.247.554,88
<b>CEB-DIS</b>	Metodologia, projeto demonstrativo e ferramenta computacional para a avaliação e gestão operacional de arranjos técnicos e comerciais de inserção de veículo elétrico no sistema de distribuição da CEB	1.586.717,46
<b>CELESC-DIS</b>	Sistema de Recarga Rápida com Armazenamento Híbrido-Estacionário de Energia para Abastecimento de Veículos Elétricos no Conceito de Redes Inteligentes	3.595.196,33
<b>CEMIG-D</b>	D425 - PA - Desenvolvimento de Metodologia Para Análise dos Impactos da Integração de Veículo Elétricos à Rede de Distribuição	4.452.443,76
<b>CEMIG-D</b>	Desenvolvimento de supercapacitor para utilização como buffer de bateria em carros elétricos	617.343,49
<b>COELCE</b>	Desenvolvimento de Sistema de Gestão de Recarga para Veículos Elétricos em Regime de Car Sharing	6.322.900,00
<b>COELCE</b>	Sistema Inteligente de Armazenamento de Energia e Gerenciamento de Demanda para Aplicações de Pequeno Porte com Integração de Geração Distribuída e Conexão para Veículos Elétricos	5.209.200,00
<b>CPFL-Paulista</b>	PA0060 - Mobilidade Elétrica - Inserção Técnica e Comercial De Veículos Elétricos em Frotas Empresariais da Região Metropolitana de Campinas	24.800.000,00
<b>CPFL-Paulista</b>	Desenvolvimento de um sistema de motorização auxiliar modular e regenerativo para veículos	3.803.057,00
<b>ELEKTRO</b>	Desenvolvimento de um sistema de propulsão para veículos elétricos de transporte de passageiros sem uso de rede aérea para recarga	1.617.467,08

<b>EMPRESA</b>	<b>TÍTULO DO PROJETO</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
<b>ELEKTRO</b>	Desenvolvimento de Sistema de Recarga rápida para veículos de transporte de passageiros com propulsão elétrica dotados de ultracapacitores	1.547.400,00
<b>ENERPEIXE</b>	Desenvolvimento e aplicação de carros elétricos autossuficientes através de sistemas fotovoltaicos integrados para utilização na otimização energética e logística de uma UHE	1.494.000,00
<b>FURNAS</b>	Desenvolvimento e Testes de Ônibus Urbanos com Tração Elétrica	11.511.238,61
<b>FURNAS</b>	Desenvolvimento e Testes de Embarcação com Tração Elétrica	51.926.541,55
<b>LIGHT</b>	Metodologia de Planejamento e Análise para a Implantação de Veículos Elétricos em Atividades de Transporte	731.296,00
<b>LIGHT</b>	L5: Desenvolvimento de um sistema inteligente de gestão de fontes renováveis, armazenamento distribuído e veículos elétricos recarregáveis integrados ao conceito e plataforma Smart Grid	3.132.401,96
<b>Petrobrás</b>	Sistema de abastecimento de veículos com hidrogênio gerado a partir de eletricidade	6.010.000,00
	<b>TOTAL</b>	<b>131.743.372,12</b>

Fonte: elaboração própria a partir de Aneel (2019).