



Relatório: Roadmap tecnológico para veículos elétricos leves no Brasil



Relatório: Roadmap tecnológico para veículos elétricos leves no Brasil

Estudo elaborado pela equipe do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico, do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (LEVE/DPCT/IG/Unicamp) sob demanda da GIZ (Agência Alemã de Cooperação Internacional) e do Ministério da Economia

Coordenação: Profa. Flávia L. Consoni

Autores:

Flávia L. Consoni

Edgar Barassa

Jenyfeer Martínez

Henrique Botin Moraes

ME

Brasília, junho de 2019

República Federativa do Brasil

Presidência da República

Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Economia

Paulo Roberto Nunes Guedes

Secretário Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade

Carlos Alexandre da Costa

Secretário de Desenvolvimento da Indústria, Comércio, Serviços e Inovação

Caio Megale

Apoio técnico

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Diretor Nacional

Michael Rosenauer

Diretor do Projeto

Jens Giersdorf



Equipe coordenação e operação

ME - André Sequeira Tabuquini, Bruno de Almeida Ribeiro, Gustavo Duarte Victer, Igor Calvet, Leonardo Boselli da Motta, Margarete Gandini, Ricardo Zomer, Talita Saito e Thomas Paris Caldellas.

GIZ - Bruno Carvalho, Fernando Fontes, Jens Giersdorf, Marcos Oliveira e Marcus Regis.

Autores

Flávia L. Consoni (LEVE/DPCT/IG/UNICAMP); Edgar Barassa (LEVE/DPCT/IG/UNICAMP); Jenyfeer Martínez (LEVE/DPCT/IG/UNICAMP); Henrique Botin Moraes (LEVE/DPCT/IG/UNICAMP);

Coordenação técnica

Profa. Flávia L. Consoni (LEVE/DPCT/IG/UNICAMP)

Revisão técnica

Marcos Oliveira Costa MSc. Eng. (GIZ); Bruno Carvalho Doberstein de Magalhães Eng. (GIZ);

Coordenação gráfica

Catharina Vale (GIZ)

Revisão texto

Ana Terra

Capa, projeto gráfico

João Neves

Diagramação

Bianca Rondon

Publicado por

Projeto Sistemas de Propulsão Eficiente - PROMOB-e (Projeto de Cooperação Técnica bilateral entre a Secretaria de Desenvolvimento da Indústria, Comércio, Serviços e Inovação - SDIC e a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ)

Contatos

SDCI/Ministério da Economia

Esplanada dos Ministérios BL J - Zona Cívico-Administrativa,
CEP: 70053-900, Brasília - DF, Brasil.
Telefone: +55 (61) 2027 - 7293

www.economia.gov.br

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1501 - 15º andar Ed. Brasília Trade Center,
CEP: 70711-902, Brasília-DF, Brasil.
Telefone: +55 (61) 2101-2170

www.giz.de/brasil

Informações legais

As ideias e opiniões expressas neste livro são dos autores e não refletem necessariamente a posição do Ministério da Economia, ou da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

A duplicação ou reprodução de todo ou partes e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que o projeto PROMOB-e seja citado como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento por escrito do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços e da GIZ.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Blocos de competências para a produção de veículos elétricos desagregados por componentes.....	12
Quadro 2 Principais instrumentos de política alinhados ao tema da mobilidade elétrica no Brasil ...	17
Quadro 3 Empresas estrangeiras e brasileiras que depositaram patentes em VEs no Brasil e suas tecnologias (1995–2016)	20
Quadro 4 Universidades e centros de P&D que depositam patentes relacionadas à mobilidade elétrica (1995–2016).....	22
Quadro 5 Instituições que publicam artigos científicos relacionados à mobilidade elétrica (1995–2016).....	23
Quadro 6 Grupos de pesquisa com atuação em áreas vinculadas à eletromobilidade (2018).....	24
Quadro 7 Visão de futuro para os componentes do <i>powertrain</i> no Brasil	33
Quadro 8 Visão de futuro associada às baterias de alta e baixa tensão.....	34
Quadro 9 Visão de futuro associada à integração e montagem de veículos elétricos no Brasil.....	35
Quadro 10 Visão de futuro para os componentes de infraestrutura no Brasil	36
Quadro 11 Visão de futuro para a formação e capacitação profissional em áreas relativas à eletromobilidade	36
Quadro 12 Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes do <i>powertrain</i>	37
Quadro 13 Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes das baterias de alta e baixa tensão	38
Quadro 14 Iniciativas estratégicas, oportunidades tecnológicas e barreiras ou riscos para a infraestrutura.	40
Quadro 15 Linhas de P&D prioritárias atreladas aos blocos de competências do SPE.....	43
Quadro 16 Pontos focais da regulação e padronização para os blocos de competências	45



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Infraestrutura de recarga no Brasil.....	16
Figura 2 Seleção dos especialistas: instituições e representantes convidados a participar do Delphi ...	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Evolução do estoque de veículos elétricos leves (2013-2017).....	14
Gráfico 2 Evolução da infraestrutura de recarga para veículos elétricos no mundo (2010-2017)	15
Gráfico 3 Evolução do mercado de veículos elétricos leves no Brasil (2012-2017)	16
Gráfico 4 Dinâmica de publicação de patentes de mobilidade elétrica no Brasil (1995-2016).....	20
Gráfico 5 Dinâmica de publicação de artigos científicos relacionados à mobilidade elétrica (1995-2016).....	23
Gráfico 6 Áreas de conhecimento das atividades dos grupos mapeados em eletromobilidade (2018)	26
Gráfico 7 Potencial de transferência das pesquisas dos grupos mapeados por bloco de competência- sem eletromobilidade (2018)	26
Gráfico 8 Barreiras para o desenvolvimento das atividades dos grupos mapeados no Brasil em prol da eletromobilidade (2018)	27
Gráfico 9 Qualificação dos pesquisadores envolvidos dos grupos mapeados em eletromobilidade (2018)	28



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
AEA	Associação Brasileira de Engenharia Automotiva
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
Anfavea	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
BMS	<i>Battery Management System</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BYD	Build Your Dreams
Camex	Câmara de Comércio Exterior
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
CKD	<i>Completely Knock-Down</i>
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CNPEM	Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPqD	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
Fenabrave	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
Finpe	Financiadora de Estudos e Projetos
FV	Fotovoltaica
FUNTEC	Fundo Tecnológico
GM	<i>General Motors</i>
GNV	Gás Natural Veicular
GP	Grupos de Pesquisa
GT7	Grupo de trabalho em Veículos Elétricos e Híbridos no âmbito da Rota 2030
ICT	Instituição de Ciência e Tecnologia
IEA	Agência Internacional de Energia (<i>International Energy Agency</i>)
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
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PEMFC	Célula a combustível de membrana polimérica
Proconve	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOB-e	Projeto de Cooperação Brasil-Alemanha em Sistemas de Propulsão Eficiente
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i>



SKD	<i>Semi Knocked-Down</i>
SAE	Sociedade de Engenheiros da Mobilidade
SPE	Sistema de Propulsão Elétrica
SOFC	Célula a combustível de óxido sólido
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
VE	Veículo Elétrico
VH	Veículo Elétrico Híbrido



SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	11
2. PANORAMA ATUAL DA MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL	14
2.1. A formação de mercado	14
2.2. Arcabouço institucional: ações e instrumentos de política que influenciam o setor	17
2.3. Geração de conhecimento local.....	19
2.3.1. Análise a partir de indicadores científicos e tecnológicos.....	20
2.3.2. Análise a partir da situação atual dos grupos de pesquisa.....	23
2.3.3. Iniciativas em formação, aprendizado e divulgação no Brasil.....	28
2.4. Considerações finais do capítulo	28
3. ABORDAGENS METODOLÓGICAS PARA A CONSTRUÇÃO DA VISÃO DA MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL.....	30
3.1. Etapa 1: Questionário tipo Delphi	30
3.2. Etapa 2: Workshop	31
3.3. Etapa 3: Consulta a especialistas e <i>stakeholders</i>	31
4. VISÃO DA MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL: PARTICIPAÇÃO LOCAL NA PRODUÇÃO DO SPE.....	32
4.1. Tecnologias do <i>powertrain</i>	32
4.2. Tecnologias de acumuladores.....	33
4.3. Integração e montagem de veículos elétricos: tecnologias complementares.....	35
4.4. Tecnologias relativas à infraestrutura de recarga	35
4.5. Visões construídas sobre formação e capacitação profissional.....	36
5. BARREIRAS E OPORTUNIDADES PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL.....	37
5.1. Tecnologias do <i>powertrain</i>	37
5.1.1. Oportunidades	37
5.1.2. Barreiras	38
5.2. Tecnologias dos acumuladores	38
5.2.1. Oportunidades.....	39
5.2.2. Barreiras	39
5.3. Integração e montagem de veículos elétricos.....	40
5.4. Desenvolvimento e ampliação da infraestrutura	40
5.4.1. Oportunidades	41
5.4.2. Barreiras	41
6. RECOMENDAÇÕES PARA O ALCANCE DA VISÃO DE FUTURO	42
6.1. Parcerias entre montadoras e fornecedores locais dos componentes do SPE.....	42
6.2. Criação de programas que incentivem o aprimoramento de capacidades produtivas locais nos componentes do SPE.....	43
6.3. Criação de programas de P&D para dar suporte ao aprimoramento de capacidades produtivas locais nos componentes do SPE	43
6.4. Criação de plataforma para a integração das capacidades locais relativas aos biocombustíveis e ao SPE	44
6.5. Capacitação profissional.....	44
6.6. Aprimoramento do marco regulatório	45
6.6.1. <i>Powertrain</i>	45
6.6.2. <i>Acumuladores</i>	46
6.6.3. <i>Integração e montagem</i>	46
6.6.4. <i>Infraestrutura</i>	46
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
8. REFERÊNCIAS	48



APÊNDICE I.	49
APÊNDICE II.	50
APÊNDICE III.	53
APÊNDICE IV.	54



1. APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta um estudo de *roadmap* elaborado no âmbito do PROMOB-e - Projeto de Cooperação Brasil-Alemanha em Sistemas de Propulsão Eficiente, executado pelo Ministério da Economia em parceria com o Ministério Alemão de Cooperação Econômica e para Desenvolvimento por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.¹

O exercício de *roadmap* corresponde a um plano estratégico que descreve os passos necessários para que uma organização, seja ela o Estado ou empresas, privadas ou não, alcance metas dispostas em um período determinado, norteadas por uma visão consensual de futuro (IEA, 2014). Assim, é possível visualizar as conexões entre estes passos e ponderar o papel da articulação entre os atores envolvidos, estabelecendo prioridades a serem alcançadas. Este é um exercício de caráter prático, pois, a partir da especificação de um futuro desejado, são identificadas as ações e tarefas necessárias para alcançar tal futuro. O *roadmap* difere de outros exercícios de prospecção tecnológica na medida em que não se destina a elaborar e descrever possíveis cenários para um determinado campo tecnológico.

Existem diversos tipos de *roadmap*, cada qual com seu objeto focal de análise e metodologias próprias (Phaal, 2004). O *roadmap* tecnológico, por exemplo, é aquele que busca melhorar e ampliar o comportamento colaborativo entre todos os atores envolvidos em atividades de Pesquisa, Desenvolvimento, Demonstração e Difusão de Tecnologias acerca de um determinado campo tecnológico, de forma a se preparar para as demandas do mercado (IEA, 2014).

Este documento apresenta os resultados de um *roadmap* tecnológico para veículos elétricos (VEs) leves no Brasil, compreendendo as configurações a bateria, elétrico *plug-in*, híbrido *plug-in* e a célula a hidrogênio para o período de quinze anos, e considerando horizontes de futuro de cinco (2023), dez (2028) e quinze anos (2033).² O objetivo do estudo foi identificar as possibilidades de participação brasileira na produção dos componentes dos VEs leves. Como recorte metodológico, definiu-se o Sistema de Propulsão Elétrica (SPE) como artefato central da eletromobilidade, a partir do conceito de bloco de competências, que faz parte da teoria dos Sistemas Tecnológicos de Inovação (Eliasson, 1996). Segundo esse arcabouço teórico, o SPE deve ser entendido como um conjunto de tecnologias que se acoplam para o fim da tração elétrica. A geração, difusão e utilização dessas tecnologias dependerá das interações das redes de atores e instituições nelas interessadas.

Partindo desse conceito, o SPE é definido considerando os seguintes blocos de competências: tecnologias do *powertrain*; tecnologias de acumuladores, abrangendo as baterias de alta (acima de 48v) e baixa tensão (além das convencionais 12v, incluem os sistemas 48v)³ e as tecnologias de células a combustível (PEMFC e SOFC); tecnologias de infraestrutura (carregadores e eletropostos em corrente contínua/alternada); e tecnologias para a integração. O Quadro 1 mostra esses blocos de competências desagregados em termos dos seus componentes.⁴

1. Segundo o artigo 57 do Decreto nº 870/2019, "ficam transformados o Ministério da Fazenda, o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços e o Ministério do Trabalho no Ministério da Economia".

2. O *roadmap* foi realizado entre 2 de maio de 2018 e 7 de dezembro de 2018. Os passos metodológicos da pesquisa são apresentados no Capítulo 3.

3. Estas definições encontram-se detalhadas na seção 4.2.

4. Para definir cada bloco de competência, foram mapeadas as tecnologias e os componentes que integram o veículo elétrico. Para isso, foram consultadas fontes secundárias, como o trabalho de Chan (2007), e fontes primárias, a partir de consultas com especialistas do setor feitas no âmbito do Grupo de Trabalho para Veículos Elétricos e Híbridos do programa Rota 2030.

Quadro 1 | Blocos de competências para a produção de veículos elétricos desagregados por componentes

Bloco de competências	Componentes	Detalhamento
Powertrain	Motores elétricos	Componentes-base, como estatores e rotores Outros componentes, como chapas de aço, fios de cobre e ímãs
	Eletrônica de potência	Conversores CC-CC Inversores CA-CC Controle de potência Sistemas de proteção Frenagem regenerativa Indutores Capacitores Semicondutores
	Cabos e conectores	Chicotes Cabos de alta tensão Conectores
	Hardware de controle	Inclui todas as <i>Electronic Control Units</i>
	Softwares de controle - Vehicle Control Unit	Sistema de controle geral do veículo Algoritmos e estratégias de controle do veículo
	Outros componentes	Sistemas auxiliares e de suporte ao <i>powertrain</i>
Acumuladores	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 (<i>battery management system, BMS</i>) - controle de potência, refrigeração e recarga Integração ao veículo: integração do <i>pack</i> 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
Tecnologias complementares	Infraestrutura de recarga	Estações de recarga Eletropostos
	Integração	Componentes e sistemas para a integração do <i>powertrain</i> e acumuladores no veículo elétrico

Fonte: Elaboração própria (2018).

Este relatório se encontra organizado em cinco capítulos, além desta Apresentação. O capítulo 2 oferece um panorama da mobilidade elétrica no Brasil, caracterizando-a a partir de quatro dimensões: formação de mercado, apoio institucional e regulatório, atividades empreendedoras e geração de conhecimento e competências locais. Ainda que o ponto

focal seja o Brasil, há menções a casos e experiências internacionais quando necessário. Esta caracterização visa situar este campo tecnológico, bem como colocar o ponto de partida para o *roadmap* tecnológico desenvolvido. Foram consultadas fontes primárias e secundárias para cada dimensão:

- **Formação de mercado:** O relatório EV Outlook e o site EV Obsession foram acessados para o levantamento do mercado internacional do VE; para o Brasil, foram compiladas as informações da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea, 2017), Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE, 2017) e Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (Fenabrave, 2018).
- **Apoio institucional e regulatório:** Para o mapeamento do arcabouço de políticas, foram consultados os canais oficiais do governo federal, como o website do Ministério da Economia, e conduzidas entrevistas com os formuladores de políticas. Além disso, contou-se com a experiência acumulada em estudos anteriores (Consoni et al., 2018).
- **Atividades empreendedoras:** Foram coletadas informações por meio de conversas com os atores mapeados (ver Apêndice II) e envolvidos em iniciativas pró-VEs no Brasil, bem como da revisão de fontes secundárias.
- **Geração de conhecimento e competências locais:** Esta análise foi dividida nas seguintes frentes:

Análise bibliométrica e de patentes, usando como principais fontes de informação as plataformas Questel ORBIT e Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), para os dados de patentes, e Scopus e Web of Science, para artigos. Também foram mapeados anais de eventos nacionais. As equações usadas para realizar as buscas podem ser consultadas no Apêndice I.⁵

Análise de grupos de pesquisa (GPs) em território nacional vinculados ao tema da eletromobilidade, usando a base de dados disponibilizada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) como principal fonte de informações. Também

foi elaborado um questionário *on-line*, aplicado aos grupos cadastrados nessa base de dados, sobre as atividades realizadas nesses grupos, bem como sobre as barreiras e oportunidades existentes para a transferência dos conhecimentos produzidos por eles para o setor produtivo.

Iniciativas em formação, aprendizado e divulgação da mobilidade elétrica no Brasil, a partir do mapeamento de eventos realizados no território nacional.

O capítulo seguinte (Capítulo 3) descreve os pressupostos metodológicos considerados neste estudo. Para tal, seguiram-se os passos: (i) execução de um Delphi adaptado⁶, (ii) realização de um workshop e (iii) consulta a especialistas. Esses três passos auxiliaram a definir as visões de futuro construídas para a mobilidade elétrica no Brasil com foco nos veículos leves, abordadas no Capítulo 4. As visões de futuro foram elaboradas considerando os segmentos da cadeia de valor mais promissoras para o desenvolvimento da indústria local, em períodos de cinco, dez e quinze anos. Também foram consideradas visões de futuro referentes à formação e capacitação profissional.

O quinto capítulo discute as barreiras e oportunidades que se colocam no Brasil para concretizar essas visões de futuro. Para a realização dessa análise, foi consultada tanto a experiência internacional (Electric Mobility Canada, 2010; Ertrac; Eposs; Smartgrids, 2010; IEA, 2018; Lewis, 2011; Mohanty; Kotak, 2017) quanto especialistas nesta área no Brasil. No último caso, foram aproveitadas as reuniões dos subgrupos do GT7 - Rota 2030, que reúnem os principais atores vinculados à mobilidade elétrica no país. Os questionários utilizados para conduzir a consulta aos especialistas se encontram disponíveis no Apêndice IV.

Já no Capítulo 6, são oferecidas recomendações para direcionar as ações necessárias para que as ditas visões sejam uma realidade. Por fim, são feitas considerações visando à concretização deste *roadmap*.

5. A busca nestas plataformas ocorreu em 2017, considerando o ano de 2016 como limite, para não haver distorções quanto aos dados encontrados. Para a busca, usou-se uma equação que combinou palavras-chaves e códigos internacionais, para o caso das patentes (vide anexo I).

6. A expressão "Delphi adaptado" refere-se ao exercício de consulta aos especialistas acerca da visão de futuro em termos do desenvolvimento das tecnologias e da produção local de componentes para a eletromobilidade, mas sem rodadas para contrapor os resultados. Os resultados da primeira rodada de observações entre os especialistas, coletados por meio do questionário *on-line*, foram apresentados aos participantes do workshop para que estes validassem as tendências identificadas.

2. PANORAMA ATUAL DA MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

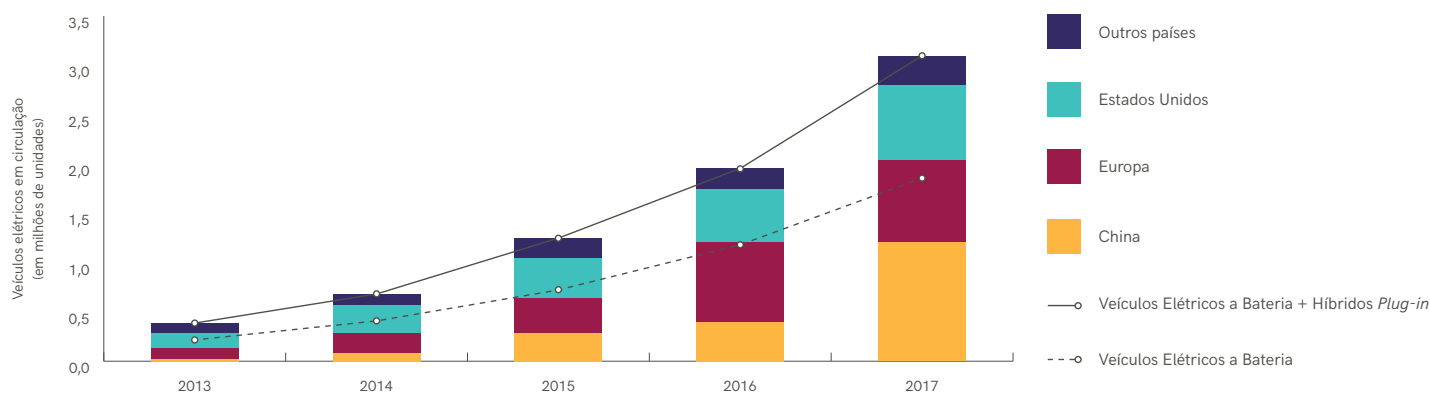
Todo exercício prospectivo precisa de um componente retrospectivo. Ou seja, para conseguir projetar uma visão de futuro desejada, é necessário conhecer as condições atuais do contexto no qual as tecnologias, objeto do estudo, encontram-se inseridas, bem como identificar a trajetória que as mesmas têm percorrido. Neste Capítulo busca-se, justamente, apresentar um panorama atual da mobilidade elétrica no Brasil em termos da evolução do mercado de VEs no território nacional e a infraestrutura de carregamento atrelada, que se soma a uma breve descrição acerca das principais iniciativas adotadas para sua promoção por meio de políticas públicas. O capítulo também faz uma análise preliminar do tipo de capacidades existentes no país no que tange à geração de conhecimento atrelado às tecnologias envolvidas na mobilidade elétrica, valendo-se de uma discussão a partir de indicadores científicos e tecnológicos (análise de patentes e bibliométrica). Na sequência, é apresentado o mapeamento dos grupos de pesquisa existentes no país, com ênfase nas temáticas e iniciativas

até agora conduzidas no âmbito nacional para a formação, o aprendizado e a divulgação no campo da eletromobilidade.

2.1. A FORMAÇÃO DE MERCADO

A mobilidade elétrica vem experimentando uma rápida expansão do mercado e da produção de VEs ao redor do mundo. No que tange ao mercado destes veículos, segundo cifras da Agência Internacional de Energia, em 2017, foi comercializado mais de 1 milhão de VEs do tipo bateria “puros” e híbridos *plug-in*, caracterizando um aumento de 54% em comparação com o ano anterior (IEA, 2018). Este volume se soma a outros 2 milhões de VEs já em circulação e representa um salto significativo com respeito aos 10 mil VEs vendidos em 2010. Ainda que sejam substancialmente menores se comparadas ao montante de veículos a combustão interna vendidos e em circulação, tais cifras evidenciam uma tendência crescente no segmento de VEs no mundo. O Gráfico 1, a seguir, apresenta essa rápida expansão usando como exemplo o período entre 2013 e 2017.

Gráfico 1 | Evolução do estoque de veículos elétricos leves (2013-2017)



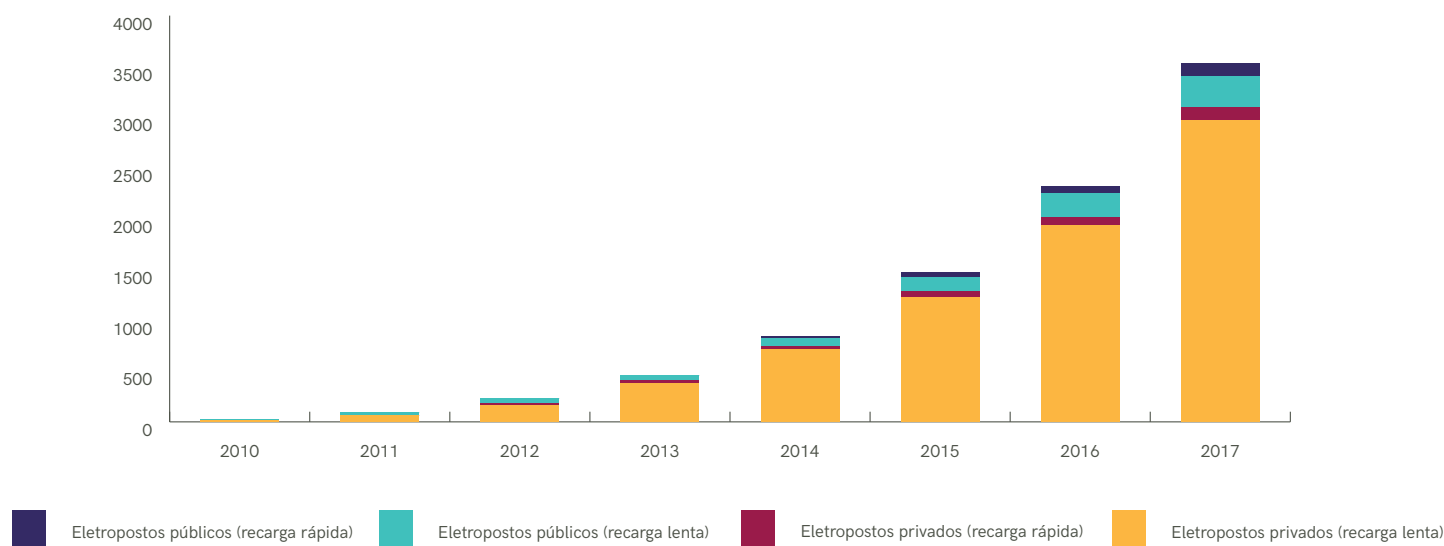
Fonte: Adaptado de IEA (2018).

No tocante à produção, duas características são observadas. De um lado, observa-se uma alta concentração da produção deste tipo de veículos em países como Alemanha, China, Estados Unidos, França e Japão. De outro, verifica-se a inclinação de montadoras tradicionais do setor automotivo em alocar esforços e recursos em prol do desenvolvimento, da produção e comercialização de VEs – tais como Volkswagen, Toyota, General Motors (GM) e Ford, entre outras já consolidadas. Ao mesmo tempo, notam-se também montadoras entrantes, como a americana Tesla e as chinesas Build Your Dreams (BYD) e Cherry, que foram criadas nos últimos vinte anos e já aspiram atuar no segmento dos elétricos.

A reboque da expansão deste mercado, avança a infraestrutura pública e privada de recarga destes veículos.

Esta infraestrutura difere dos postos de abastecimento dos veículos convencionais ao prover energia elétrica em corrente contínua (amplamente referenciada como recarga rápida) e corrente alternada (recarga lenta/semirrápida) em vez de combustíveis líquidos e gasosos (no caso do gás natural veicular, GNV). A maior parte destes carregadores se encontra no âmbito privado, considerando que cada VE incorpora um carregador próprio para uso domiciliar. Porém, a infraestrutura pública desempenha um papel importante de prover uma alternativa aos VEs que não dispõem de lugares privados para realizar essa recarga e, também, diminuir o efeito da ansiedade de recarga (amplamente referido com o termo em inglês *range anxiety*). A evolução deste tipo de infraestrutura no âmbito internacional é apresentada no Gráfico 2.

Gráfico 2 | Evolução da infraestrutura de recarga para veículos elétricos no mundo (2010-2017)



Fonte: Adaptado de IEA (2018).

As cifras apresentadas acima evidenciam que as dúvidas e incertezas outrora existentes sobre a viabilidade dos VEs como alternativa para a mobilidade começam a ser resolvidas graças ao avanço tanto no desenvolvimento e na produção desse tipo de tecnologia quanto na sua aceitação por parte dos consumidores, avançando assim na legitimação deste tipo de mobilidade nos países onde este mercado já é uma realidade, como Estados Unidos, China, Japão e países membros da União Europeia.⁷ Estudos conduzidos pelo Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (Leve), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), apontam que o papel das políticas públicas e de seus instrumentos tem sido fundamental para esse avanço (Consoni et al., 2018). Tais ações continuam

essenciais para abordar algumas das incertezas e pontos críticos que permanecem em aberto, por exemplo, o avanço tecnológico das baterias e a consequente redução no custo dos veículos. Nestes países, nota-se também a prevalência de uma estrutura de governança que compartilha uma visão ordenada em prol da mobilidade elétrica, aglutinando atores pertencentes a várias esferas (empresas, órgãos do governo, sociedade civil, universidades etc.).

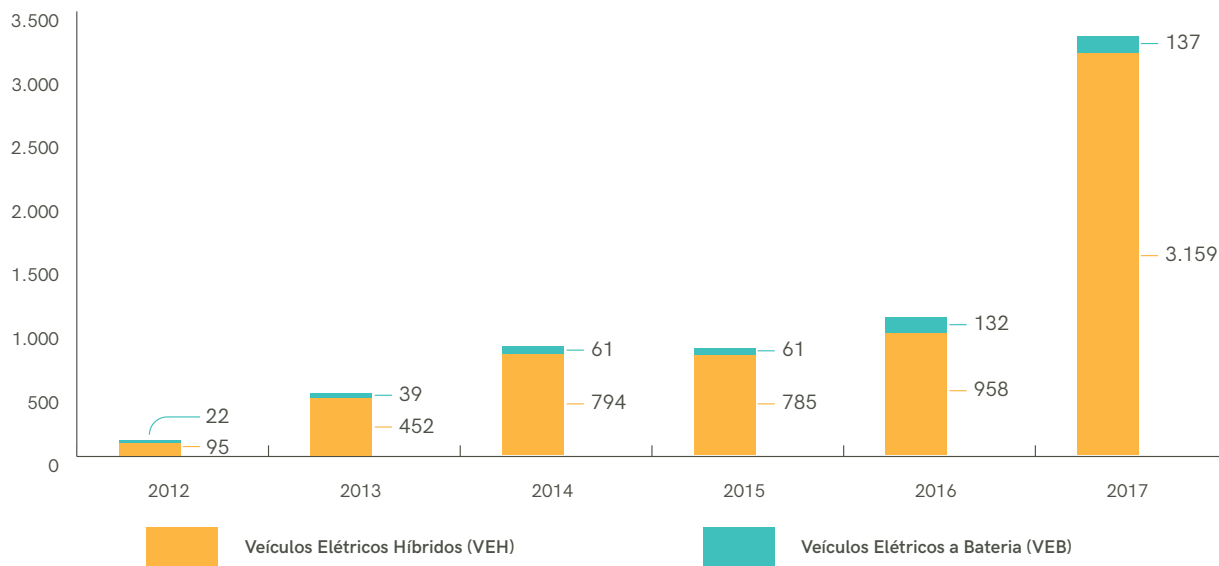
No seio destas estruturas, verifica-se clareza nas metas propostas para o segmento, tanto para o desenvolvimento da tecnologia quanto para a produção e expansão do mercado deste tipo de tecnologia. Em contraste, a situação no Brasil

7. Sobre os malogros históricos do VE e seus preâmbulos de mercado no passado, ver Barassa (2015).

tem sido caracterizada pela ausência de um consenso nacional em relação à mobilidade elétrica, o que se reflete na situação atual do mercado e da indústria brasileira, muito aquém da experiência observada nos mercados mais desenvolvidos no âmbito internacional. Estima-se que existam 5.000 veículos rodando no país entre elétricos e híbridos (Gráfico 3). A maioria (~4.500) remonta à configuração híbrida sem

conexão à rede, representada principalmente pelos modelos Toyota Prius e Ford Fusion Híbrido. Em menor medida, cerca de 370 VEs estão dispersos entre modelos das montadoras BMW (i3), BYD (e6), Mitsubishi (Outlander PHEV), Renault (ZOE, Twizy e Fluence) e Nissan (Leaf). Todos estes veículos são inteiramente importados.

Gráfico 3 | Evolução do mercado de veículos elétricos leves no Brasil (2012-2017)



Fonte: Elaboração própria a partir de ABVE (2018).

Acerca da infraestrutura, o Plug Share – site colaborativo voltado ao mapeamento da infraestrutura internacional de carregamento – estima que haja 150 pontos de recarga públicos/privados instalados no Brasil, concentrados nos eixos sul e sudeste do país. Essa distribuição é representada na Figura 1.

A ausência de um plano estratégico que forneça uma visão de futuro e oriente os atores no território nacional foi um dos principais motivos para a elaboração deste *roadmap*. Essa iniciativa soma-se à dinâmica observada no Brasil desde a segunda metade dos anos 2010, em que incentivos mais direcionados passaram a ser discutidos, políticas públicas começaram a ser implementadas (com perspectivas de ampliação de novos instrumentos) e a promoção deste mercado começou a ser sinalizada. É justamente dessa nova dinâmica que trata a próxima seção.

Figura 1 | Infraestrutura de recarga no Brasil



Fonte: Adaptado de Plug Share (2018).

2.2. ARCABOUÇO INSTITUCIONAL: AÇÕES E INSTRUMENTOS DE POLÍTICA QUE INFLUENCIAM O SETOR

As discussões que tocam às políticas e aos incentivos para a mobilidade elétrica no Brasil são recentes (pós-anos 2000) e caracterizadas pela ausência de um consenso nacional sobre a situação-problema que motiva a adoção desses instrumentos de política pública (Consoni et al., 2018). Este aspecto tem especial importância, pois historicamente os países que iniciaram suas trajetórias no segmento dos VEs foram motivados por problemáticas que os levaram à eletrificação do setor de transporte. Exemplos disso remontam às crises do petróleo dos anos 1970, à questão da

saúde pública e ao enfrentamento das mudanças climáticas ao longo das últimas décadas.

Apesar dessa ausência de uma situação-problema que oriente as ações em prol da eletromobilidade no Brasil, as medidas governamentais brasileiras que têm promovido a eletromobilidade foram incluídas e misturadas com as ações de promoção às tecnologias “limpas” ou “sustentáveis”, resultando em um conjunto de instrumentos de política relacionados com os VEs (caracterizados no Quadro 2). No entanto, essa relação é indireta na maioria desses instrumentos e, de certa forma, desarticulada do arcabouço institucional já estabelecido (Consoni et al., 2018).

Quadro 2 | Principais instrumentos de política alinhados ao tema da mobilidade elétrica no Brasil

Instrumento	Nome do programa, projeto ou política pública
Incentivos à produção local	(1986-): Programa de Controle da Poluição do Ar para Veículos Automotores (PROCONVE) (2008-): Programa de Etiquetagem Veicular (2011-): Programa BNDES Fundo Clima (2013-2017): Inovar Auto (2016): Resolução CAMEX nº 34, de abril de 2016 (2018) Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018 - institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística
Apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico	(2002): Programa Brasileiro de Sistemas de Célula a Combustível (FINEP) (2003-2016): Projetos de Pesquisa (CNPq) relacionados a VEs (2005-2007): Fortalecimento do Centro de Desenvolvimento em Energia e Veículos (FINEP) (2008-2018): Projetos de P&D Aneel relacionados a VEs ⁸ (2010-2016): Financiamentos no âmbito do Fundo Setorial CT-Energia (FINEP) (2011 -2015): Chamada do Sibratec (2011-2013): Programa BNDES de Sustentação do Investimento (2011-): Fundo Tecnológico (FUNTEC) (2012-): Normatizações da ABNT relacionadas a VEs (2018) Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018 - institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística
Apoio à infraestrutura de recarga	(2013-): Inova Energia - Linha de financiamento incluiu projetos-piloto de sistemas de recarga para VEs (2016): Consulta Pública Aneel sobre a necessidade de regulamentação dos aspectos relativos ao fornecimento de energia elétrica a VEs (2018): Regulação Aneel para o fornecimento do serviço de recarga de energia elétrica para VEs (2018) Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018 - institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística (2018) Lançamento da consulta pública nº 19/2018 para contribuições à chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 22/2018: “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”.

8. Em 2018, foi aberta Consulta Pública ANEEL (até 05/01/19) para o aprimoramento do Edital de Projeto de P&D Estratégico nº 22/2018: “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”. Ou seja, trata-se de um edital específico para a eletromobilidade. Nos Projetos ANEEL de P&D anteriores, esta temática era colocada por parte dos proponentes

Incentivos para o consumo	<p>(2015): Resolução CAMEX nº 97 – redução de imposto de importação VE</p> <p>(2016): Resolução CAMEX de redução de imposto de importação para VE para transporte de mercadorias</p> <p>(2018) Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018 - institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística Estadual/Municipal</p> <p>(2014-): Isenções estaduais de IPVA de VEs (RS, MA, PI, CE, RN, PE, SE) e alíquotas diferenciadas (MS, SP, RJ)</p> <p>(2015): Isenção de rodízio em São Paulo</p>
---------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Adaptado de Consoni et al. (2018).

A caracterização apresentada neste quadro reflete que o principal gargalo no Brasil não se encontra na ausência de políticas públicas que favoreçam a mobilidade elétrica, mas na falta de direcionamento para que essas ações realmente promovam o setor. Em outros termos, o fato de as racionalidades identificadas nas políticas públicas estarem voltadas para outras questões, além do segmento dos VEs, faz com que esse segmento termine não sendo uma prioridade. Esta situação, mais uma vez, constitui uma das motivações para a elaboração deste *roadmap*.

Vale pontuar que movimentos recentes, encaminhados no triênio 2015-16-17, sugerem mudanças neste quadro ao sinalizar para a implementação de políticas e instrumentos específicos para a mobilidade elétrica no Brasil. Destacam-se cinco medidas:

- **Resolução nº 97, de 26 de outubro de 2015, da CAMEX⁹.** 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.¹⁰
- **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).

- **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 ao aumento da eficiência energética dos veículos e à organização das atividades de pesquisa e desenvolvimento atreladas. No âmbito desse programa, foi criado um grupo de trabalho para discutir mobilidade elétrica, chamado de GT7 – Veículos Elétricos e Híbridos. Este se caracteriza como multilateral, ao agregar atores do governo, da indústria e de instituições de ciência e tecnologia (ICTs), configurando um ambiente alinhado e propício à troca de informações, à realização de estudos e à proposição de políticas públicas para estimular os VEs no Brasil. As discussões e recomendações geradas por esse grupo de trabalho servem de orientação para o Plano para a Eletromobilidade, complementar ao Rota 2030.
- **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% a 20% –quanto mais eficiente o VE, menor o percentual.
- **Criação da Frente Parlamentar Mista para a eletromobilidade e debate acerca de 21 projetos de lei sobre mobilidade elétrica no Brasil.** Por fim, tem-se a formação de uma frente parlamentar mista no país, que congrega parlamentares e também

9. 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).

10. 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.

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, a formação de capacidades tecnológicas e o desenvolvimento de suas tecnologias, bem como a infraestrutura necessária. Somam-se a esta frente 21 projetos de lei que tramitam na Câmara dos Deputados sobre mobilidade elétrica, propondo novas medidas de incentivos. 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 o consumo destes veículos e contribuir para uma melhor governança deste segmento.

Paralelamente a esta formação do arcabouço institucional pró-VEs, inicia-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, por fim, associação de classe de suporte a estas atividades. Essas atividades visam, por exemplo, à experimentação e aquisição de conhecimento acerca das tecnologias circunscritas aos VEs, bem como à legitimação do VE ao apresentá-lo à sociedade, entendendo a sua forma de operacionalização, seus impactos e os desafios à sua implantação. Tais iniciativas podem ser consultadas no Apêndice II, que traz as iniciativas em andamento mais relevantes e de maior destaque no cenário da eletromobilidade.

De modo geral, as ações das montadoras alinham-se a projetos demonstrativos e em parcerias para ações conjuntas, sendo uma das principais atividades a realização de estudos com outras empresas. Ações mais consolidadas no âmbito da mobilidade elétrica são observadas por montadoras que possuem planos ou já deram início à comercialização de seus elétricos no Brasil. Verificam-se também novas montadoras entrantes e *startups* direcionadas a ramos específicos de atuação, como o serviço de *car-sharing* na cidade de Recife, em parceria com empresa de energia, ou protótipos de carro elétrico de baixa velocidade para uso urbano.¹¹

É evidente a inclinação das empresas do setor elétrico em prol do desenvolvimento da mobilidade elétrica no país. Seus

projetos de mobilidade são destaque no cenário nacional no bojo das iniciativas mapeadas. Em grande medida, estes esforços alocados para o setor da eletromobilidade encontram justificativa na obrigatoriedade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, de acordo com o programa P&D Aneel (Lei nº 9.991/00). Pode-se argumentar que esta política pública, mesmo que indiretamente ligada à mobilidade, tem afetado consideravelmente as ações advindas do setor elétrico em prol do VE no Brasil, no mínimo indicando a necessidade de maior reflexão sobre este tema.

Sublinha-se o papel relevante ocupado por duas empresas de capital nacional fornecedoras de componentes para VEs. Uma está claramente inclinada à produção de baterias de chumbo ácido avançadas para estágios iniciais de hibridização, mas também com parcerias internacionais em tecnologias de íons de lítio, para VEs a bateria; a outra ocupa a liderança nacional em motores elétricos e apresenta soluções para tração veicular já prontas.

2.3. GERAÇÃO DE CONHECIMENTO LOCAL

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 a manufatura dos veículos e seus componentes, bem como os serviços demandados (manutenção veicular, por exemplo). Excluindo as diferenças entre os sistemas de propulsão elétrico (SPEs) e à combustão, os demais componentes de um veículo, como rodas, chassi, vidros e portas, não requerem mudanças significativas, o que permite inferir o aproveitamento das competências mais consolidadas nestas áreas no país. Contudo, as diferenças trazidas pelo SPE são radicais e demonstram a necessidade de formar um novo corpo de competências, que irão refletir junto aos profissionais 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. Estes eixos analíticos foram escolhidos porque não há cursos de graduação e pós-graduação específicos na temática dos VEs no país. Ademais, muitas das competências técnicas envolvidas nesse segmento são cobertas por esse tipo de cursos em outras áreas da engenharia e das ciências básicas. Serão mencionados também cursos de curta duração e eventos relacionados ao tema, que têm contribuído na divulgação desta temática e na ampliação de seu aprendizado.

11. Ver, a respeito das definições e harmonizações dos VEs de baixa velocidade no Brasil, a Resolução Contran nº 573, de 16 de dezembro de 2015, que estabelece os requisitos de segurança e circulação de veículos automotores denominados quadriciclos e sua variável elétrica.

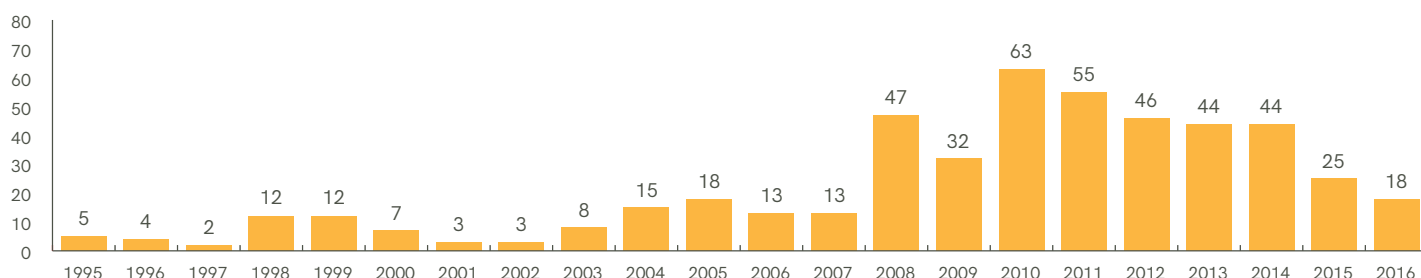
2.3.1. ANÁLISE A PARTIR DE INDICADORES CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

As análises bibliométricas e de dados de patentes são usadas ao longo desta seção como indicadores das capacidades científicas e tecnológicas criadas no Brasil relacionadas ao setor da mobilidade elétrica. Essas análises subsidiam também a compreensão do tipo de estudos, pesquisas e formação de competências desenvolvidas

localmente, bem como o entendimento das possibilidades deste segmento no país.

O Gráfico 4 apresenta a dinâmica de publicação de patentes associadas à eletromobilidade no Brasil entre 1995 e 2016. Foram identificadas 489 patentes depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), sem que isto signifique que a origem dessas invenções seja nacional: apenas 30% apresentam essa característica.

Gráfico 4 | Dinâmica de publicação de patentes de mobilidade elétrica no Brasil (1995-2016)



Fonte: Elaboração própria com base nas informações do Orbit e INPI.

Destaca-se o número de patentes depositadas por empresas japonesas (24% de participação), dos Estados Unidos (15%) e de países europeus, como França, Alemanha, Suécia e Itália. Países asiáticos, como Coreia do Sul e China, também têm depósitos de patentes no território nacional, mas com menor participação. A decisão destes países de depositar

suas patentes no Brasil demonstra um interesse em proteger suas invenções neste território, o que, por sua vez, sinaliza perspectivas em comercializar e desenvolver industrialmente estas invenções no país. No Quadro 3, listam-se as empresas (estrangeiras e brasileiras) titulares destas patentes, bem como as tecnologias envolvidas.

Quadro 3 | Empresas estrangeiras e brasileiras que depositaram patentes em VEs no Brasil e suas tecnologias (1995-2016)

Empresa estrangeira	Nº de patentes	Tecnologias identificadas nas patentes	Empresa brasileira	Nº de patentes	Tecnologias identificadas nas patentes
Toyota (Japão)	56	Veículos híbridos (VHs); Baterias lítio-íon; Motores para VH; Células a combustível; Sistemas de transmissão	ELETRA	3	Ônibus elétricos; Sistemas de operação de VHs
Honda (Japão)	36	VHs; Motores elétricos; Controladores para VHs	Bracar Industry Com Minicarros	3	Carros elétricos em formato: motoca, calhambeque e fórmula
LG Chem (Coreia do Sul)	25	Baterias lítio-íon; Baterias secundárias de lítio; Material de cátodo e ânodo	Sometra Industry	2	Alavanca para ônibus elétrico
Nissan (Japão)	18	VHs; Dispositivos de controle para VHs; Sistemas de transmissão para VEs; Baterias lítio-íon	Companhia Vale do Rio Doce	2	Aperfeiçoamentos em sistemas de transmissão e tração aplicada a caminhões elétricos-diesel
Scania (Suécia)	16	VHs; Sistemas de transmissão para VHs	Levit Comércio de Bicicletas	1	Bicicletas elétricas

General Electric (EU)	14	Estações e sistemas de carregamento para VEs e VHs	Máquinas Elétricas Jacto S.A	1	Conjunto de Chassi e caixa de bateria para VEs
BYD (China)	10	Baterias lítio-íon; Motores elétricos para VEs; Sistemas de direção assistida para VEs	Construções Elétricas Eltec	1	Alavanca para VEs
Umicore (Bélgica)	10	Reciclagem de baterias lítio-íon	Elektro Eletricidade e Serviços	1	Sistema de controle de estação de recarga rápida e estação de recarga rápida para VEs
Volvo (Suécia)	9	VHs; Sistemas de carregamento de bateria para VEs	ISV - International Sports Ventures Ltda.	1	Método para a fabricação de um VE
Valeo (França)	8	Motores elétricos; Baterias para VEs e VHs	BRF Consultoria Projetos	1	Sistema de exploração da energia de veículos em movimento em suas formas de geração de energia
GM Global Tech. Operations (EU)	7	Engrenagens planetárias; Bicycletas elétricas			
Renault (França)	7	Frenagem regenerativa; VHs			
Magneti Marelli (Itália)	5	VHs; Sistemas de armazenamento de energia para VEs			
Man Truck & Bus (Alemanha)	5	VHs			
Mitsubishi Electric (Japão)	4	VHs; Métodos de controle para motor elétrico			
State Grid Corporation of China (China)	2	Dispositivo para a substituição de bateria de VE; Sistema de monitoramento de carga/ troca de baterias baseados na internet das coisas			

Fonte: Elaboração própria com base nas informações do Orbit e INPI

Entre as empresas estrangeiras, têm destaque montadoras japonesas, como Toyota, Honda e Nissan; empresas do setor elétrico-eletrônico, como LG Chem, General Electric e Umicore; empresas montadoras de veículos pesados, como Scania, Volvo e Man Truck & Bus; novos entrantes, como a chinesa BYD; e empresas de autopeças, como Valeo e Magneti Marelli. Também tem destaque a empresa chinesa State Grid Corporation of China, com duas patentes na área de infraestrutura para a mobilidade elétrica depositadas no Brasil.

Os principais interesses destas empresas estão relacionados com arquitetura dos VHs, baterias de lítio, motores

elétricos e sistemas de carregamento para VEs. Estes dados demonstram que o Brasil tende a ser um mercado estratégico para proteger as invenções patenteadas por essas empresas, fato que pode sinalizar o interesse em comercializar os veículos, bem como as tecnologias destacadas no Quadro 3.

O número de empresas nacionais é pequeno em comparação ao de estrangeiras. Tem destaque a Eletra, com invenções em ônibus elétricos e em sistemas de operação de VHs. Aparecem também as empresas Sometra Industry e Construções Elétricas Eltec, que têm invenções em alavancas para ônibus elétricos e VEs.¹² Ou seja, a ênfase da atividade inventiva nacional está no segmento de pesados, cujos atores

12. As alavancas são máquinas simples utilizadas para multiplicar a força aplicada sobre um objeto. Ônibus elétricos ou trólebus têm duas alavancas coletoras, responsáveis pela captação de energia elétrica da rede aérea

têm capital de origem nacional e realizam toda a sua atividade de P&D no Brasil, diferentemente do quadro mostrado pelos veículos leves, escopo deste *roadmap*. Com respeito a este último, observam-se empresas que têm desenvolvido carros elétricos leves e bicicletas elétricas, bem como a empresa Elektro, que tem uma invenção em sistemas de carregamento para VEs; porém, estas iniciativas não têm a relevância observada no setor de pesados.

Além da iniciativa privada, notam-se universidades brasileiras e centros de P&D depositando patentes relacionadas à mobilidade elétrica. São exemplos disto a Universidade

Estadual de Campinas (Unicamp), a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Universidade de São Paulo (USP), a 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 a seguir, estas instituições estão envolvidas na pesquisa, divulgação de estudos e desenvolvimento das tecnologias ligadas ao VE. É interessante notar também a presença de universidades estrangeiras nestas atividades. No Quadro 4, apresenta-se a participação destas universidades e centros de P&D no depósito de patentes relacionadas aos VEs.

Quadro 4 | Universidades e centros de P&D que depositam patentes relacionadas à mobilidade elétrica (1995–2016)

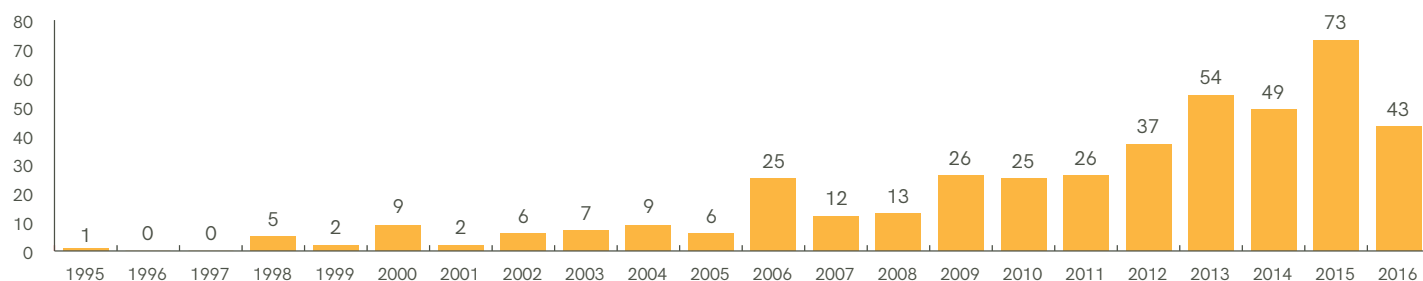
Universidade/centro de P&D	Nº de patentes	Tecnologias identificadas nas patentes
Universidade Federal do Rio de Janeiro	5	Métodos para recuperar energia cinética para VEs; Sistemas de gestão de energia para VEs; Trem de levitação magnética
Universidade Estadual de Campinas	2	Método de controle para sistema de armazenamento híbrido de energia; dispositivo de controle de potência para VEs
Universidade de São Paulo	1	Processo de produção de hidrogênio, processo de produção de energia em VEs, sistema de produção de energia em VEs e VEs
Universidade Federal do Paraná	1	Métodos para incrementar a eficiência energética dos VEs
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	1	Aparato para o reaproveitamento de energia cinética aplicada em VEs
Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM)	1	Método e células para a produção de eletricidade por energia hidroelétrica
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 VE 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	VEs; motos elétricas

Fonte: Elaboração própria.

No entanto, ainda que apresente algumas patentes, a maior parte das instituições de ensino e pesquisa brasileiras se dedica às atividades científicas, sendo a publicação de artigos científicos um dos principais resultados esperados desta atividade. O Gráfico 5 apresenta a dinâmica de publicação de artigos entre 1995 e 2015. Em particular, foram identificados 430 artigos

publicados por autores pertencentes a instituições brasileiras. Observa-se que, a partir de 2009, o número de publicações é crescente, o que demonstra que o tema da mobilidade elétrica tem avançado nas pesquisas das universidades e centros de P&D. Note-se, por exemplo, a publicação de 73 artigos em 2015, quase dobrando a produção dos anos anteriores.

Gráfico 5 | Dinâmica de publicação de artigos científicos relacionados à mobilidade elétrica (1995-2016)



Fonte: Elaboração própria a partir de Scopus.

Em relação às instituições, destaca-se a participação majoritária das universidades estaduais e federais e, em menor proporção, montadoras e empresas do setor elétrico. A USP e a Unicamp, com 70 e 50 artigos, respectivamente, são as líderes em publicação. Esta liderança pode ser explicada pela relevância destas universidades no cenário nacional e pelos importantes programas de pós-graduação em áreas de engenharia elétrica, mecânica e automotiva, entre outros, que têm projetos e linhas de pesquisa sobre VEs. A localização no estado de São Paulo, onde está sediada a maior parte dos atores da mobilidade elétrica, é outro fator que explica estes números. O Quadro 5 apresenta o número de artigos publicados pelas principais instituições nacionais entre 1995 e 2016.

Quadro 5 | Instituições que publicam artigos científicos relacionados à mobilidade elétrica (1995-2016)

Instituição	Nº de artigos científicos
Universidade de São Paulo	70
Universidade Estadual de Campinas	50
Universidade Federal de Minas Gerais	37
Universidade Federal de Santa Catarina	29
Universidade Estadual Paulista	25
Universidade Federal do Paraná	19
Universidade Federal do Rio de Janeiro	18
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	17
Universidade Federal de Santa Maria	17
Universidade Federal do Ceará	12
Instituto Tecnológico da Aeronáutica	11
Universidade do Estado de Rio de Janeiro	11
Universidade Federal de Itajubá	11
Pontifícia Universidade Católica	10
Fiat Brasil	10

Petrobras	10
Universidade Federal de Uberlândia	9
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	8
Universidade de Brasília	8
General Motors	4
Volkswagen	4
CPqD	3
Ford	2
Bosch	2
AES Eletropaulo	1
Eletrabras Cepel	1
CPFL Energia	1
Itaipu Binacional	1
Outras instituições	28

Fonte: Elaboração própria.

2.3.2. ANÁLISE A PARTIR DA SITUAÇÃO ATUAL DOS GRUPOS DE PESQUISA

2.3.2.1. BREVES CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Para esta análise, foi feita a identificação e caracterização dos grupos de pesquisa (GPs) que desenvolvem trabalhos de P&D de VEs no Brasil. Para isso, foi consultado o Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, que se destaca por ser o maior e mais importante banco de dados para este tipo de informações no Brasil. Os 31 GPs resultantes dessa consulta foram contatados posteriormente e convidados a participar de um questionário *on-line*, visando à caracterização das atividades de pesquisa destes grupos em torno dos seguintes blocos de competências: tecnologias do *powertrain*; tecnologias de acumuladores de energia (baterias de alta e baixa tensão e células a combustível); e tecnologias complementares (de infraestrutura e integração). Cabe mencionar que um mesmo grupo poderia responder a mais de um questionário.

Estes grupos também foram consultados sobre outros possíveis GPs que trabalhassem com a temática da eletromobilidade. Assim, os 31 GPs identificados inicialmente foram complementados com outros 34 contatos de pesquisadores sugeridos após a primeira rodada de consulta. No final, 65 formulários *on-line* foram enviados e, destes, 26 GPs atenderam a solicitação, com um total de 37 respostas acumuladas. 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.

A seguir, é apresentada a análise das respostas obtidas ao questionário *on-line*. Ou seja, as observações são feitas sobre uma amostra e, portanto, estão subestimadas, não abrangendo a totalidade dos GPs ligados à eletromobilidade no Brasil. Embora o mapeamento destes GPs tenha sido desenhado visando abranger a maior quantidade de GPs existentes no Brasil, é possível que alguns deles tenham ficado fora do alcance desse desenho metodológico.

2.3.2.2. RESULTADOS

O Quadro 6 apresenta o resultado do mapeamento dos GPs/Fórmula Elétrica com atuação em áreas vinculadas à eletromobilidade no Brasil. Esse quadro agrega os grupos que responderam ao questionário *on-line*.

Quadro 6 | Grupos de pesquisa com atuação em áreas vinculadas à eletromobilidade (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
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
	Universidade Federal do ABC	Optou-se por não identificar seu nome
	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 ¹³
RJ	Universidade Federal Fluminense	Equipe Faraday <i>E-Racing</i>
	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Equipe Minerva <i>E-Racing</i>
SC	Universidade Federal de Santa Catarina	Ampera Racing

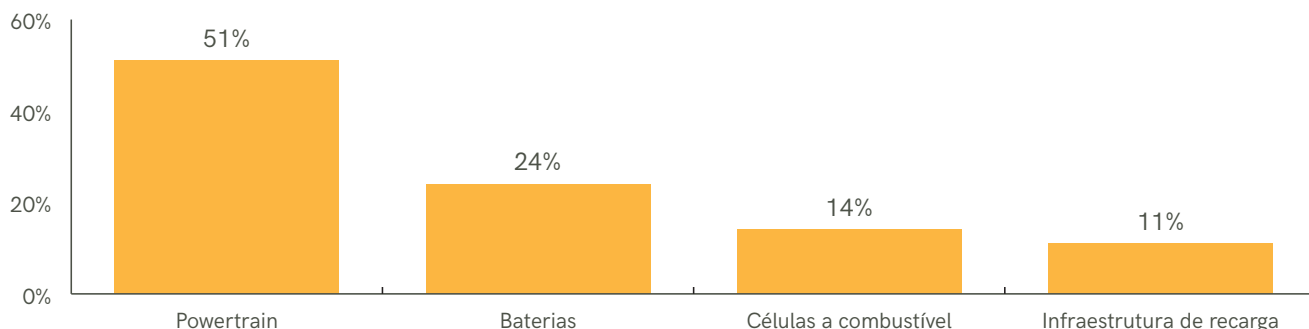
Fonte: Elaboração própria, conforme respostas ao questionário on-line

No que tange aos blocos de competências do SPE aos quais estes grupos dedicam suas atividades de pesquisa, observa-se que o de maior participação foi o das tecnologias do *powertrain*, representando mais de 50% das respostas obtidas. Estas informações conferem com resultados do mapeamento das tecnologias de *powertrain* no Brasil, em

que se constata a existência de capacidades locais para o desenvolvimento e a produção destes componentes localmente no país no curto prazo. As outras áreas, listadas segundo a ordem de participação, são: baterias (24%), células a combustível (14%) e infraestrutura de recarga (11%). Essas cifras são apresentadas no Gráfico 6.

13. 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.

Gráfico 6 | Áreas de conhecimento das atividades dos grupos mapeados em eletromobilidade (2018)

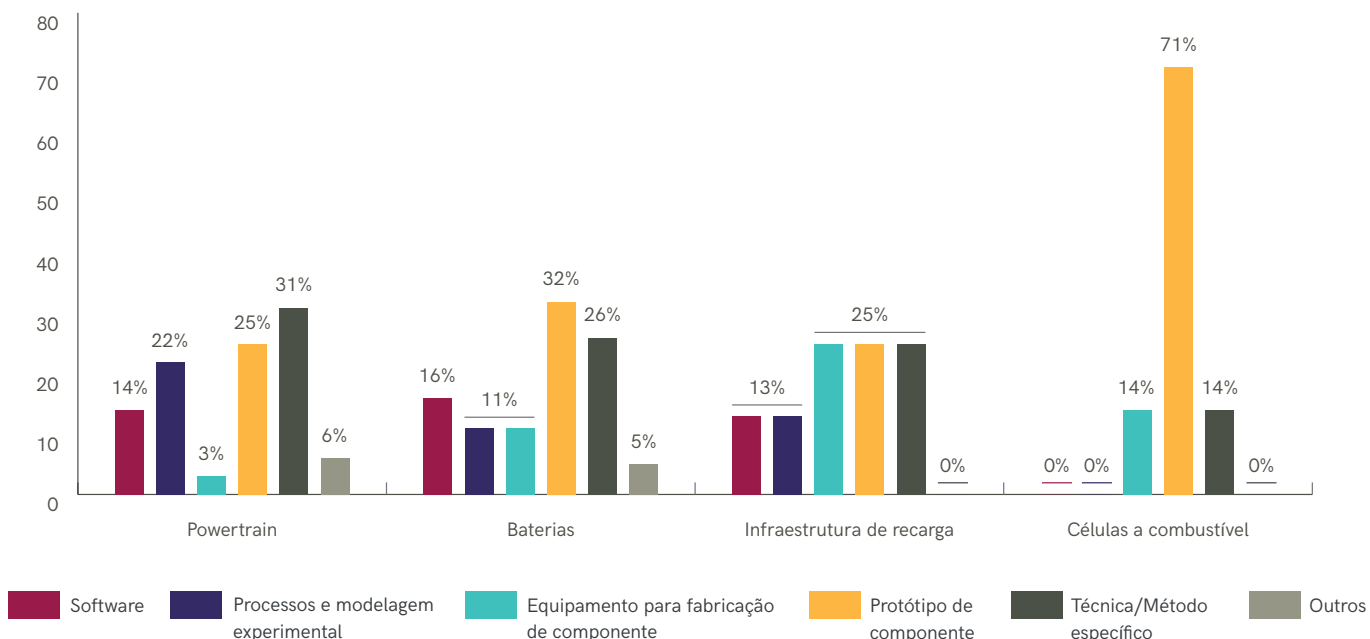


Fonte: Elaboração própria, com base nas 37 respostas de 26 GPs.

Os GPs também foram consultados sobre o nível de maturidade das pesquisas desenvolvidas por eles e as possibilidades de transferência dessas pesquisas para o setor produtivo. Essas possibilidades foram questionadas em função do tipo de conhecimento ou tecnologia, por exemplo: (i) *software*, (ii) processos e modelagem, (iii) técnicas ou métodos específicos, (iv) protótipo de componente e (v) equipamento para fabricação de componentes. Do total das respostas, 86% indicaram que suas pesquisas tinham potencial para ser transferidas para o setor produtivo. O Gráfico 7 apresenta as respostas obtidas e o nível de maturidade das tecnologias

vinculadas ao SPE, mostrando o potencial de transferência das pesquisas realizadas pelos grupos, em porcentagens por tipo de aplicação. Por exemplo, no caso das tecnologias das células a combustível, as possibilidades de transferência estão praticamente limitadas a protótipos de componentes, evidenciando um nível incipiente de desenvolvimento. 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 à indústria.

Gráfico 7 | Potencial de transferência das pesquisas dos grupos mapeados por bloco de competências em eletromobilidade (2018)



Fonte: Elaboração própria, com base nas 37 respostas de 26 GPs.

Um indicador do potencial de transferência dessas atividades são as patentes de invenção resultantes das atividades de pesquisa desses grupos. Dos 37 formulários, 9 apontaram

para grupos que possuem pedidos de patentes na área de eletromobilidade, a maioria associada a baterias. As principais patentes tangenciam as seguintes áreas:

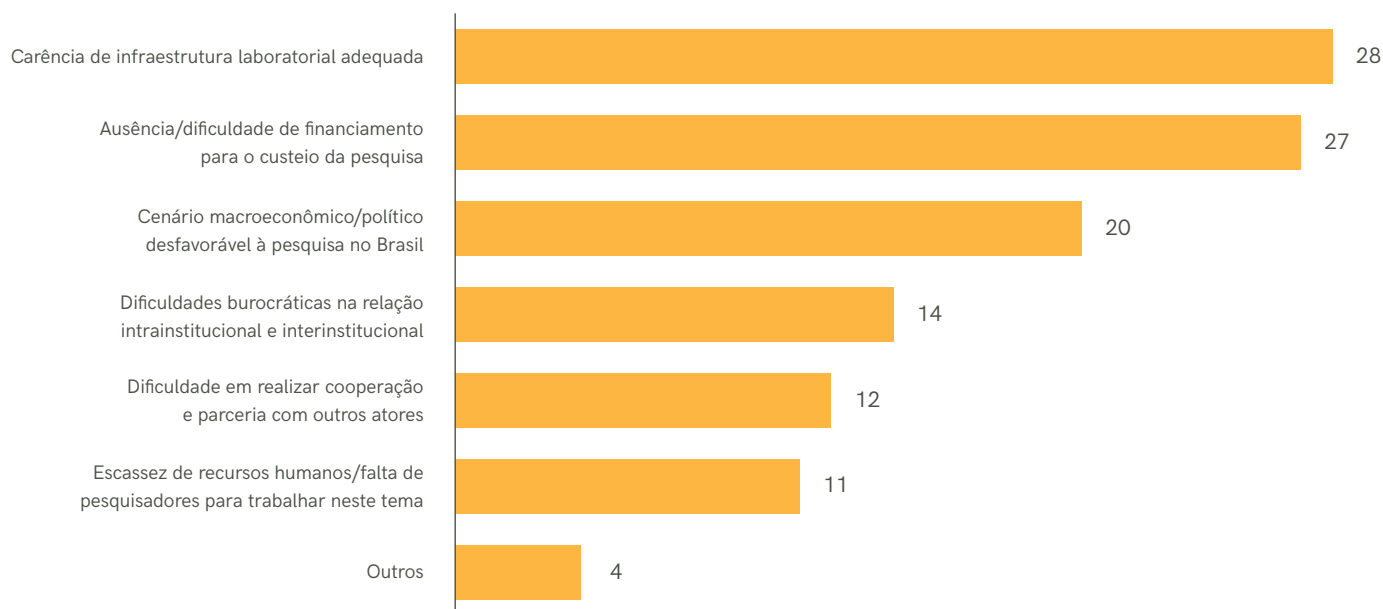
- Controle para armazenamento de energia elétrica;
- Regeneradores de carga;
- Sistema de transmissão de energia;
- Conversores estáticos;
- Processos de obtenção de materiais de cátodo e ânodo de SOFC;
- Processo de obtenção de eletrólito sólido com estrutura Garnet relacionada com óxidos de metais e produto resultante;
- Eletrólito sólido à base de cerato de bário dopado com gadolínio e seu processo de obtenção;
- Catalisador para reação de reforma a vapor de metanol e seu processo de obtenção;
- Algoritmos de determinação de células de lítio-íon; e
- Algoritmos para determinar estado de carga e saúde de baterias.

Embora os grupos manifestem essas possibilidades de transferência e realizem esforços para proteger suas invenções com direitos de propriedade intelectual, uma das

barreiras apontadas por eles para o desenvolvimento das suas atividades de pesquisa é justamente a dificuldade de cooperação e parcerias com outros atores, especialmente do setor produtivo. Reflexo disto é o baixo número de projetos em colaboração reportado pelos GPs (24%), que são realizados majoritariamente em parceria entre GPs, em especial se localizados próximos – por exemplo, o Cefet-MG com a Universidade Federal de Lavras; o Instituto Nacional de Tecnologia com a Universidade Estadual do Rio de Janeiro; ou mesmo a Universidade Federal da Paraíba com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte e a Universidade de Aveiro (Portugal).

As questões associadas ao financiamento são colocadas pelos GPs como barreiras 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, que resultam desfavoráveis à pesquisa no Brasil. Essas dificuldades para o custeio da pesquisa têm reflexo em outras barreiras apontadas pelos grupos, tais como a carência de infraestrutura laboratorial adequada ou a escassez de recursos humanos. Neste último caso, as restrições de financiamento para pagamento dos pesquisadores e outras verbas acabam por limitar as possibilidades de atrair mais pesquisadores para a área da eletromobilidade. O Gráfico 8 congrega as respostas obtidas por parte dos GPs em relação às barreiras para o desenvolvimento de atividades em prol da eletromobilidade no Brasil.

Gráfico 8 | Barreiras para o desenvolvimento das atividades dos grupos mapeados no Brasil em prol da eletromobilidade (2018)

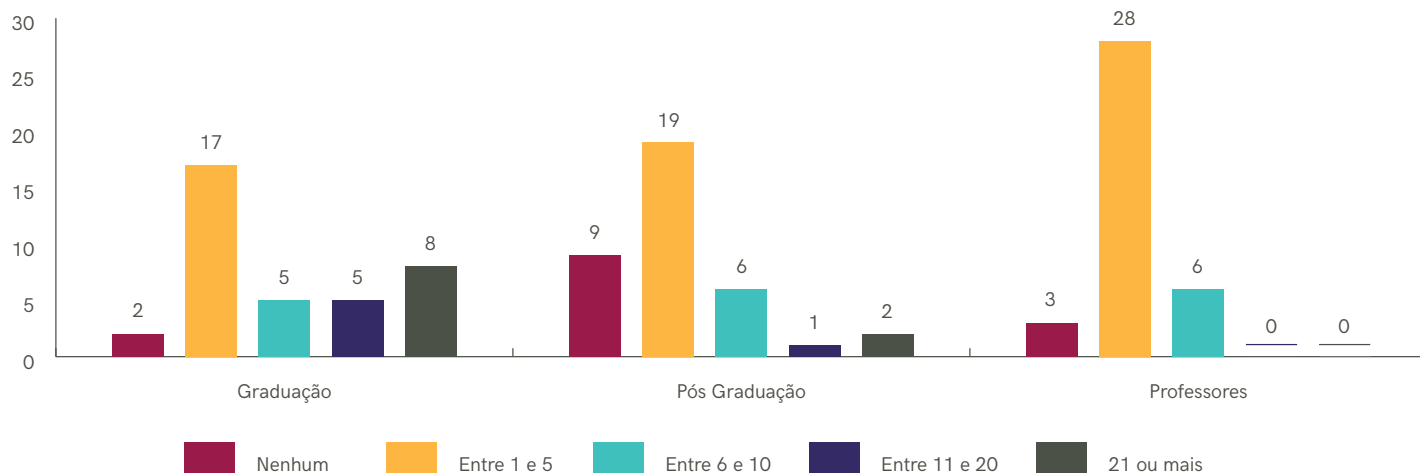


Fonte: Elaboração própria, com base nas 37 respostas de 26 GPs.

Outra informação de destaque é o número de profissionais envolvidos nestes grupos (Gráfico 9). A maior parte dos grupos é liderada por professores que dedicam suas pesquisas à eletromobilidade. Apesar disso, nem todos contam com professores, uma vez que alguns não estão

alocados necessariamente em instituições de ensino, mas 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.¹⁴

Gráfico 9 | Qualificação dos pesquisadores envolvidos dos grupos mapeados em eletromobilidade (2018)



Fonte: Elaboração própria, com base nas 37 respostas de 26 GPs.

2.3.3. INICIATIVAS EM FORMAÇÃO, APRENDIZADO E DIVULGAÇÃO NO BRASIL

Com vistas a capacitar profissionais desse mercado, 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 com esta iniciativa, o curso tem sido desenhado e discutido desde 2012, contando com o apoio de empresas do setor privado (Bosch, por exemplo). É uma iniciativa inédita no Brasil e dirige-se à formação de profissionais aptos para projetos em elétricos, híbridos e conectividade. Além da pós-graduação na área, o Sistema Fiep está investindo R\$ 4,5 milhões em equipamentos para o primeiro Instituto Tecnológico de Veículos Híbridos e Elétricos do Brasil. O instituto vai funcionar em Curitiba, no Campus da Indústria, tendo sido inaugurado em outubro de 2018.

Na linha de formação, 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, Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (Sendi), Veículo

Elétrico Latino-Americano, Seminário de Propulsões Alternativas, SIMEA da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE) e Workshop: Encontro AEA (Associação Brasileira de Engenharia Automotiva) do Conhecimento Técnico.

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

2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo teve como objetivo geral caracterizar o estado da arte da mobilidade elétrica no Brasil e dividiu-se em quatro objetivos secundários: (i) discutir a formação de mercado da mobilidade elétrica no país; (ii) caracterizar o arcabouço de políticas públicas e o papel institucional que tocam aos VEs

14. Faz-se importante notar a inserção e o protagonismo dos alunos de graduação nos grupos relacionados à Fórmula SAE Elétrica (competição entre equipes de desenvolvimento de VEs), muitas vezes agrupando mais de vinte estudantes.

no Brasil; (iii) mapear as iniciativas empreendedoras pró-mobilidade elétrica; e, por fim, (iv) analisar a formação de conhecimento científico e tecnológico local.

Quanto à formação de mercado, este tem avançado consistentemente em países como China, Estados Unidos e União Europeia, que registram mais de 3 milhões de VEs em circulação. No Brasil, este movimento avança a passos mais curtos e lentos, refletindo a ausência de uma estrutura, uma governança e um arcabouço de políticas pró-VEs para estimular o setor.

A seção 2.2 expõe avanços recentes no que toca a estas políticas, que podem, sim, estimular o mercado e fomentar o desenvolvimento deste setor no Brasil. Este rol das políticas pode vir a adensar atividades empreendedoras já em andamento no país. O Apêndice II apresenta um resumo de quem e onde esse tipo de ação em prol do VE pode ser perceptível.

No que tange à formação de competências, o mapeamento de patentes e artigos nos autoriza afirmar que há em curso no Brasil pesquisas direcionadas à eletromobilidade. Estas têm sido conduzidas principalmente por universidades e institutos de pesquisa e, em menor medida, por empresas do setor automobilístico. O foco dessas pesquisas se encontra no desenvolvimento de competências nas seguintes áreas: arquitetura dos VEs, baterias de lítio, motores elétricos e sistemas de carregamento para VEs.

Quanto à criação de conhecimento, os indicadores usados para a análise evidenciam não só o nível incipiente da eletromobilidade no Brasil, mas também o adensamento das atividades visando à geração de capacidades locais. Por exemplo, observa-se um incremento na quantidade de publicações científicas e no número de GPs no Brasil. Esses grupos, por sua parte, sugerem que existiriam possibilidades de parceria para o desenvolvimento dos componentes dos VEs junto com a indústria, especialmente com os componentes do *powertrain*. No entanto, estes grupos também relatam a existência de barreiras ao desenvolvimento de suas pesquisas, contemplando principalmente a falta de recursos e de parcerias para a realização e manutenção das atividades de pesquisa. A formação de recursos humanos também apresenta esse caráter incipiente, mas com perspectivas de adensamento – o principal exemplo disto é a iniciativa do Senai (Paraná), que oferece um curso específico vinculado aos VEs.

Resumindo, os aspectos analisados ao longo deste capítulo evidenciam o caráter incipiente da eletromobilidade no Brasil e a diversidade de ações que estão sendo tomadas desde as diversas frentes vinculadas ao assunto: mercado, indústria e geração de conhecimentos. No Brasil, tais ações demandam uma visão de futuro que as oriente e que sejam coordenadas envolvendo os diversos atores vinculados ao assunto, como tem sido observado nos países até agora bem-sucedidos no segmento da eletromobilidade. Os capítulos a seguir visam colocar as bases para que este cenário possa vir a ser uma realidade no país.

3. ABORDAGENS METODOLÓGICAS PARA A CONSTRUÇÃO DA VISÃO DA MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

A primeira consideração metodológica para a elaboração do *roadmap* foi a definição da unidade de análise. Nesse sentido, definiu-se que o *roadmap* teria como eixo principal entender as possibilidades de participação local na produção dos componentes de um SPE. Além disto, construiu-se uma visão de futuro considerando as demandas por formação e capacitação profissional, movimentos que passam a ser capitaneados em áreas vinculadas à eletromobilidade.

Em relação à participação local na produção de VEs no Brasil, as visões de futuro foram definidas em função dos blocos de competências do SPE, caracterizados no Quadro 1: tecnologias do *powertrain*; tecnologias de acumuladores de energia (baterias de alta e baixa tensão e células a combustível); e tecnologias complementares (de infraestrutura e integração).

A segunda consideração metodológica a ser destacada está associada aos métodos usados para a construção da visão de futuro. Em particular, combinaram-se três abordagens: um questionário *on-line* do tipo Delphi adaptado, um workshop e consultas a especialistas. A seguir, detalham-se os passos de cada etapa.

3.1. ETAPA 1: QUESTIONÁRIO TIPO DELPHI

Esta etapa envolveu os seguintes passos:

- Seleção dos especialistas¹⁵: buscou-se ter a participação de atores que demonstraram capacidade para discutir o futuro no campo da mobilidade elétrica no Brasil. Para tanto, foram convidados participantes das instituições caracterizadas na Figura 2.

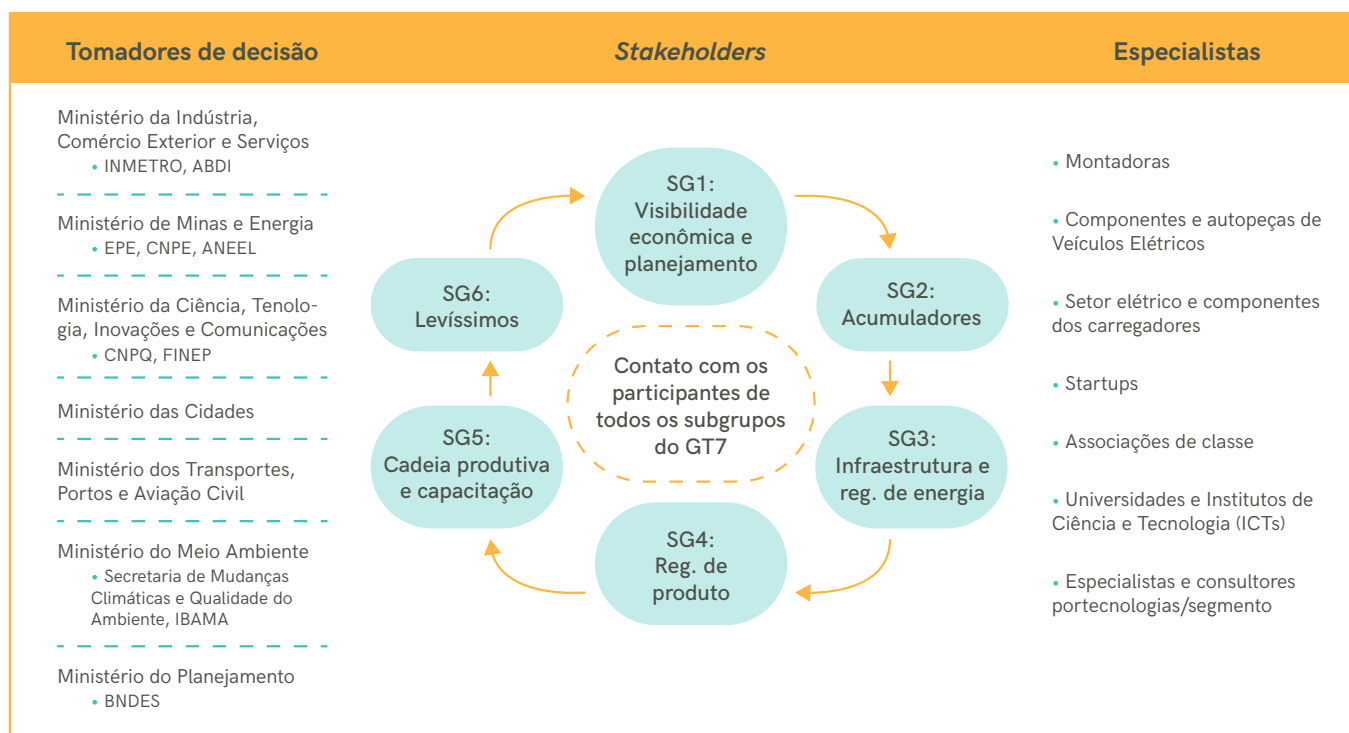
- Elaboração do questionário *on-line* (em formato *google forms*, para fins de amplo acesso). As perguntas foram desenhadas de forma que permitissem discutir em termos quantitativos os tópicos e componentes apresentados nos pressupostos metodológicos para o mercado e a produção local. Quanto ao mercado, na ausência de cenários para a mobilidade elétrica disponíveis para o Brasil, optou-se por discutir as visões de futuro sobre as possíveis taxas de crescimento deste mercado (25%, 40%, 50%, 65%) ao longo do tempo (cinco, dez e quinze anos).

Já no que tange à produção local, foram incluídas perguntas relativas às possibilidades de participação local na manufatura para cada componente do veículo, conforme o Quadro 1. 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, tanto para a visão de mercado, quanto para a participação local na manufatura, podem ser consultadas no Apêndice III.

- Implementação do questionário: o questionário foi enviado a 133 especialistas e obteve 70 respostas, o que representou um número superior a 50% de adesão no período em que esteve disponível para preenchimento (1º de junho de 2018 a 11 de junho de 2018). As respostas foram coletadas em 12 de junho de 2018 pelos pesquisadores do LEVE, que contabilizou as respostas e preparou o material para o workshop (compilação em gráficos e tabelas), foco da segunda etapa da construção da visão.

15. Esses participantes são chamados de especialistas não em referência à *expertise* técnica ou acadêmica numa determinada área, mas em razão da sua trajetória vinculada ao tema.

Figura 2 | Seleção dos especialistas: instituições e representantes convidados a participar do Delphi



Fonte: Elaboração própria.

3.2. ETAPA 2: WORKSHOP

O workshop para a construção da visão de futuro ocorreu no mesmo dia do seminário Pensando a Eletromobilidade no Brasil: um Olhar sob as Diferentes Rotas Tecnológicas, em 14 de junho de 2018. O seminário ocupou o período da manhã, e o workshop, o período da tarde. No workshop, discutiu-se a participação local da manufatura dos componentes do VE, com o objetivo de buscar convergência e consenso acerca dos resultados do questionário *on-line* tipo Delphi. Para participar desta atividade, foram convocados os mesmos especialistas e *stakeholders* que responderam ao Delphi, além de especialistas que foram ao seminário. A dinâmica do workshop compreendeu a formação de seis grupos de trabalho:

- Grupo A: Baterias de Alta Tensão;
- Grupo B: Baterias de Baixa Tensão;
- Grupo C: Chicotes, Cabos e Conectores;
- Grupo D: Motores Elétricos e Eletrônica de Potência;
- Grupo E: Células a Combustível (PEMFC e SOFC);

- Grupo F: Infraestrutura

Essa discussão permitiu identificar os segmentos nos quais já existem capacidades produtivas locais que poderiam atender as demandas das empresas montadoras de VEs, bem como participar da produção de equipamentos de recarga. A discussão entre os grupos de trabalho também evidenciou os componentes nos quais não existem capacidades produtivas locais a serem aproveitadas no curto prazo. Esses segmentos são áreas que ainda estão sendo exploradas em nível de P&D, inclusive nos países que se encontram na fronteira do conhecimento.

3.3. ETAPA 3: CONSULTA A ESPECIALISTAS E STAKEHOLDERS

Foram aproveitadas as reuniões dos subgrupos do GT7 – Rota 2030 para validar as visões de futuro construídas após a implementação das primeiras duas etapas, considerando que esses subgrupos reúnem os principais atores vinculados à mobilidade elétrica no Brasil. Também foram realizadas entrevistas particulares naqueles casos em que ditas visões precisaram de maiores discussões com especialistas e *stakeholders*.

4. VISÃO DA MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL: PARTICIPAÇÃO LOCAL NA PRODUÇÃO DO SPE

As visões foram construídas considerando três horizontes:

- de cinco anos (2023): inclui os componentes acerca dos quais os atores consideram que existem capacidades locais e que a indústria local pode dar respostas no curto prazo, caso exista uma demanda que justifique o direcionamento das atividades produtivas da indústria local para o setor dos VEs;
- de dez anos (2028): inclui os segmentos da cadeia de valor acerca dos quais é necessário o adensamento das capacidades locais em termos, por exemplo, da implantação de unidades de engenharia no país ou criação de centros de pesquisa e desenvolvimento que permitam o aprimoramento das capacidades locais necessárias para a) adaptar as tecnologias geradas no exterior às demandas locais; ou b) criar as tecnologias necessárias para responder às demandas locais;
- de quinze anos (2033): inclui os segmentos da cadeia de valor acerca dos quais não existem capacidades produtivas locais que possam ser aproveitadas ou direcionadas para dar respostas às demandas da indústria dos VEs leves. Neste caso, capacidades científico-tecnológicas locais poderiam vir a ser insumo no longo prazo para o adensamento da indústria brasileira na manufatura de VEs.

4.1. TECNOLOGIAS DO POWERTRAIN

Segundo a descrição do Quadro 1, o *powertrain* abrange os seguintes componentes: motores elétricos, eletrônica de potência, *hardware* e *software* de controle, cabos e conectores. Desses 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 que cinco anos. Até 2028, prevê-se a produção de motores elétricos em parceria

com as montadoras, utilizando-se das tecnologias de ímã permanente com relutância magnética. Deseja-se que, no período total considerado para a visão deste *roadmap*, mais de 60% dos motores elétricos sejam produzidos com capacidades locais, porcentagem que poderia ser atingida ainda nos primeiros cinco anos. Essas projeções são feitas considerando que, entre os componentes do *powertrain*, os motores elétricos são aqueles mais avançados em termos das capacidades para o desenvolvimento e a manufatura no país. Durante o desenvolvimento deste *roadmap*, tem se verificado a existência de um complexo industrial montado, com atores já consolidados, sendo um exemplo disto a empresa brasileira WEG.

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. Desenha-se 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 cinco anos. Atualmente, toda a eletrônica de potência já é fabricada no Brasil, tanto para a parte de tração de pesados como para os sistemas industriais.

Por fim, quanto aos cabos e conectores, enxerga-se um período de importação integral com algumas iniciativas de produção local à medida que o mercado justificar essa produção. Estima-se que, no horizonte de quinze anos, o tamanho do mercado no Brasil pode viabilizar a produção 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 7.

Quadro 7 | 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>	<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).</p>	<p>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.</p>
Eletrônica de potência	<p>Componentes da eletrônica de potência produzidos localmente aproveitando a capacidade instalada. Inclui: conversores CC-CC, inversores CA-CC e controle de potência.</p> <p>Criação de capacidades produtivas locais em componentes como frenagem regenerativa, sistemas de proteção, indutores e capacitores.</p>	<p>Componentes da eletrônica de potência produzidos localmente incluindo capacidades geradas em frenagem regenerativa, sistemas de proteção, indutores e capacitores.</p>	<p>Tecnologia local responsável por mais de 60% dos componentes da eletrônica de potência.</p>
	<p>Criação de capacidades científico-tecnológicas e alianças em P&D para acompanhar a evolução das tecnologias de semicondutores, <i>hardware</i> e <i>software</i> de controle.</p>		
Cabos e conectores	<p>Cabos e conectores importados e homologados localmente.</p>	<p>Produção local em escala e de modo integrado às montadoras para cabos de alta tensão, alcançando uma nacionalização média de 30%.</p>	<p>Nacionalização em níveis iguais ou superiores a 60%.</p>

Fonte: Elaboração própria a partir da visão dos especialistas.

A visão de futuro detalhada no Quadro 7 dialoga com a existência de competências acumuladas no Brasil para a produção dessas tecnologias. Essas tecnologias têm sido aplicadas para atender a outras demandas, distintas da eletromobilidade, mas que conseguiriam ser direcionadas para o segmento dos VEs leves. Segundo os representantes da indústria local que participam da elaboração deste *roadmap*, dita indústria 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 que precisam ser direcionadas, tais como as novas tecnologias de motores de ímãs permanentes e as tecnologias dos semicondutores, *hardware* e *software* de controle. Nesse sentido, o mapeamento dos GPs também identifica capacidades científicas e tecnológicas no Brasil que poderiam dar suporte às necessidades da indústria no que tange aos componentes do *powertrain* e à formação de mão de obra.

Resumindo, a visão de futuro aqui colocada projeta 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 a exportação destes sistemas para outros países da região, como Uruguai, Argentina e Chile.

4.2. TECNOLOGIAS DE ACUMULADORES

A visão de futuro com respeito às tecnologias de acumuladores foi construída considerando os seguintes dispositivos para armazenamento de energia: baterias de baixa tensão, baterias de alta tensão e células a combustível.

- Baterias de baixa tensão. Além das convencionais 12v, incluem os sistemas 48v. Estas últimas são destinadas, principalmente, a aplicações para VHS do tipo *micro-hybrid* (partida *start-stop*), *mild-hybrid* (partida assistida) e, em menor medida, *full-hybrid*. Exemplos dessas tecnologias são as baterias de chumbo-ácido avançadas.

- Baterias de alta tensão. Definidas como as baterias que operam em sistemas acima de 48V, são destinadas, principalmente, a aplicações para VEs a bateria (elétricos “puros”) e VEs 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 1): componentes elementares (produção de ânodos, cátodos, materiais ativos, eletrólitos e separadores); células (produção e montagem de células individuais); módulos (agrupamento das células em módulos) e *packing* (agrupamento dos módulos e integração ao BMS); controle de potência, refrigeração e recarga; e integração ao veículo (integração do *pack* de bateria no SPE).

- Células a combustível. São capazes de transformar energia química em energia elétrica a partir de combustíveis, sendo o hidrogênio o mais utilizado. Outros combustíveis usados neste tipo de acumulador são gás natural, hidrocarbonetos, metanol e biogás, uma vez que é possível gerar hidrogênio a partir dessas substâncias. As células a combustível são classificadas pelo eletrólito empregado para fazer a reação eletroquímica ou pela temperatura de operação. Segundo esse segundo critério, é possível encontrar células a combustível de baixa temperatura

($T < 250\text{ }^{\circ}\text{C}$), entre as quais se encontram as alcalinas (AFC), a de membrana polimérica (PEMFC), a de metanol direto (DMFC) e a de ácido fosfórico (PAFC); e as que funcionam a temperaturas intermediárias e altas (T entre $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$), que incluem a célula a combustível de carbonato fundido (MCFC) e a célula a combustível de óxido sólido (SOFC) (AMADO et al., 2007). Dessas opções, as células PEMFC e SOFC são as tecnologias que os atores envolvidos neste *roadmap* apontam como promissoras para aplicação nos VEs, 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: pilha de combustível; sistema de armazenamento do combustível; sistema de balanceamento; e integração ao veículo.

Destas tecnologias, a visão de futuro elaborada pelos participantes deste *roadmap* se limita às baterias de baixa tensão (sistemas 48V, além dos convencionais 12v), bem como aos módulos (agrupamento das células) e ao *packing*. Ou seja, a visão de futuro se concentra nos últimos segmentos da cadeia de valor das baterias, nos quais se verificam competências já consolidadas no Brasil e que poderiam atender, sobretudo, os VEs e estágios iniciais de hibridização (*mild* e *micro-hybrid*). O Quadro 8 apresenta a visão de futuro consolidada para a inserção da indústria brasileira na manufatura dos componentes associados às tecnologias de acumuladores.

Quadro 8 | 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	Criação de 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		Participação local no agrupamento das células com atuação da indústria local em porcentagens maiores que 60%.	
<i>Packing</i>	Direcionamento das capacidades locais para a indústria dos VEs	<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: Elaboração própria

Diferentemente do primeiro bloco de competências, relativo a *powertrain*, a indústria de baterias de alta e baixa tensão é ainda embrionária, com incertezas tecnológicas ainda no âmbito internacional. Observam-se no Brasil experiências pontuais para o caso dos veículos leves fazendo uso de baterias de chumbo-ácido de baixa tensão, sem que isto signifique a existência de capacidades locais para o desenvolvimento

dessas tecnologias segundo os requerimentos colocados pela indústria no âmbito internacional. No entanto, a existência de capacidades relativas às baterias de chumbo-ácido avançadas permite considerar um engajamento nos próximos dez anos que poderia fornecer as bases para o país produzir baterias deste tipo no horizonte de dez a quinze anos.

Não se observam iniciativas para o segmento das baterias de íon-lítio para alta tensão. 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 (vide análise de barreiras e oportunidades, seção 5.2) 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 GPs revela a tendência para a conformação de uma massa crítica em torno do 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 chegar a exceder o horizonte deste *roadmap* de 2033. Esse cenário aplica-se também às células a combustíveis, que 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 a necessidade de investimentos e direcionamento de ações para promover sua maior capacitação e desenvolvimento local.

4.3. INTEGRAÇÃO E MONTAGEM DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: TECNOLOGIAS COMPLEMENTARES

Entre as tecnologias complementares, estão aquelas necessárias à integração do sistema do *powertrain* ao de acumuladores e, por fim, à inserção deste conjunto completo de tecnologias, incluindo o chassi do automóvel e sua orquestração. 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. O Quadro 9 reflete esta visão.

Quadro 9 | 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 (flex/etanol otimizado); início da produção local em menor escala de VHS	Ampliação das atividades de montagem de VHS 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 VEs em grande parte das montadoras instaladas no Brasil

Fonte: Elaboração própria.

4.4. TECNOLOGIAS RELATIVAS À INFRAESTRUTURA DE RECARGA

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.

Essas três opções 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 que os sistemas de abastecimento em corrente contínua requerem maior 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, requer reformadores de hidrogênio, sistemas de balanceamento e gestão da carga de hidrogênio e segurança ante a pressão exigida na operação.

A visão de futuro dos atores envolvidos na produção destes componentes aponta para uma indústria com capacidade suficiente para atender a uma demanda local e ainda internacional no curto prazo, especialmente no que tange à infraestrutura de recarga lenta, semirrápida e rápida. Assim, projeta-se o nível mínimo de 60% de nacionalização dos componentes para estas tecnologias já no horizonte de cinco anos. Destaca-se que os conectores não são incluídos neste

cenário. Sobre este assunto, serão desenvolvidas maiores análises na seção de barreiras e oportunidades para os componentes de infraestrutura (vide seção 5.4).

Já no caso da infraestrutura de recarga para células a combustível, a indústria estabelece que é 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 10 apresenta a visão de futuro consolidada para a inserção da indústria brasileira na manufatura dos componentes de infraestrutura.

Quadro 10 | Visão de futuro para os componentes de infraestrutura no Brasil

Infraestrutura	Cinco anos (2023)
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
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
Células a combustível	Reformadores de hidrogênio com mais de 60% de nacionalização Alianças em P&D para a transferência tecnológica e o acompanhamento da evolução das tecnologias ligadas aos compressores.

Fonte: Elaboração própria

4.5. VISÕES CONSTRUÍDAS SOBRE FORMAÇÃO E CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

A visão de futuro construída com respeito à formação e capacitação profissional toma em consideração três eixos, em escala de complexidade: (i) capacitação técnica/tecnológica e treinamento *in-company*; (ii) formação no nível da graduação; e (iii) formação no nível da pós-graduação e formação continuada.

Na visão de curto prazo (cinco anos), considera-se que o primeiro nível a ser direcionado é o da capacitação técnica/tecnológica e treinamento *in-company*, pois este tipo de aprendizado é pensado para atender demandas imediatas do mercado. É necessária a capacitação de pessoal que

tenha um entendimento básico sobre as tecnologias do SPE. Parte-se das iniciativas já existentes no país, com iniciativas desempenhadas pela AEA e SAE, assim como por especialistas e consultores individuais.

A visão de meio prazo (até dez anos) é a estruturação de cursos de graduação com conteúdo específico vinculado às tecnologias dos VEs (sistemas híbridos e elétricos e sistemas embarcados). Já a visão de longo prazo (quinze anos) completa o processo com a consolidação de cursos de pós-graduação e formação continuada. Cabe mencionar que esse sentido de progressão não significa que ações de formação no nível de pós-graduação, por exemplo, não sejam encaminhadas já no curto prazo. Essa visão é consolidada no Quadro 11.

Quadro 11 | Visão de futuro para a formação e capacitação profissional em áreas relativas à eletromobilidade

Formação	Cinco anos (2023)	Dez anos (2028)	Quinze anos (2033)
Técnica/tecnológica e treinamento <i>in-company</i>	Ampliação da oferta de cursos de curta duração (até 160h) contemplando as áreas de: introdução aos VEs e VEs, manutenção veicular e interconectividade		
Graduação	Definição das disciplinas a ser incluídas em cursos de engenharia automotiva e similares	Incorporação das disciplinas ligadas à eletrificação veicular em cursos de engenharia automotiva no país	
Pós-graduação e formação continuada	Fortalecimento das disciplinas ligadas aos blocos de competências específicos de SPE e infraestrutura Criação de cursos de especialização, pós-graduação e formação continuada para VEs e VEs	Ampliação de disciplinas e cursos de pós-graduação no Brasil focados em áreas dos blocos de competências que circundam a mobilidade elétrica	

Fonte: Elaboração própria.

5. BARREIRAS E OPORTUNIDADES PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

Attingir as visões de futuro, conforme as descritas no Capítulo 4, requer ações que permitam tanto aproveitar as oportunidades como direcionar as barreiras que poderiam dificultar o caminho para chegar ao futuro projetado. Neste capítulo, busca-se a identificação das barreiras e oportunidades associadas ao segmento da mobilidade elétrica no Brasil. A análise dessas barreiras e oportunidades será feita segundo o mesmo esquema adotado para a elaboração da visão de futuro: tecnologias do *powertrain*, tecnologias

dos acumuladores, integração e montagem de veículos elétricos, e desenvolvimento e ampliação da infraestrutura.

5.1. TECNOLOGIAS DO POWERTRAIN

O Quadro 12 aponta as principais barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes do *powertrain*, com potenciais impactos sobre a visão de futuro descrita na seção 4.1.

Quadro 12 | Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes do *powertrain*

Oportunidades	Barreiras
<ul style="list-style-type: none">• Indústria local com capacidade produtiva nas tecnologias do <i>powertrain</i>/capacidade dos fornecedores locais de dar respostas às demandas específicas das montadoras• 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)	<ul style="list-style-type: none">• Montadoras locais pouco abertas a estabelecer parcerias com a cadeia produtiva local• Indústria local dependente da importação de tecnologias complementares

Fonte: Elaboração própria.

5.1.1. 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 - e, embora o foco deste *roadmap* tenha sido a categoria de leves, vale destacar que esta competência se aplicaria também para o caso de pesados, complementando-se mutuamente. Nesse sentido, estima-se que uma das oportunidades

para a indústria local é a possibilidade de direcionar essas capacidades para atender as demandas das montadoras interessadas na produção de VEs 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 desenvolvimento de sistemas de propulsão híbrido flex/etanol. Neste sistema, apontado como um tipo híbrido paralelo e otimizado para ser operado com etanol,¹⁶ é possível aproveitar capacidades tecnológicas e

16. O SPE assume, com o motor a combustão interna, o papel de fornecer tração veicular, além de auxiliar no recarregamento das baterias, como já é feito nos híbridos em série.

produtivas existentes no país, no que diz respeito tanto às tecnologias dos motores *flex*, movidos com biocombustíveis, quanto às 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 (o RenovaBio, por exemplo). Ademais, trata-se de mais uma alternativa de energia para a mobilidade que se mantém alinhada às demandas internacionais de baixa emissão.

Ainda, a entrada da produção “eletrificada” pelas mãos dos híbridos pode viabilizar a produção de elétricos *plug-in* (com conexão à rede) no horizonte de cinco a dez anos. A partir do incentivo a estas tecnologias, a indústria tende a avançar em novos meios de aprendizagem ao adaptar e incrementar seus modelos, a ponto de consolidar competências que permitam, por exemplo, lançar híbridos *flex* na variável *plug-in*. Exemplo de iniciativa nesta frente foi a apresentação em 2018, pela Toyota no Brasil, do modelo *Prius Flex*, que demonstra a operação de tal tecnologia e figura como uma rota tecnológica que pode ser seguida por outras empresas que desejem inserir-se na eletrificação da mobilidade no Brasil, aproveitando os ativos locais.

5.1.2. 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. Ainda que haja 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 como 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 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,¹⁷ tais cabos deverão apresentar resistência a choques e outras emergências, bem como medidas em caso de instabilidade de tensão e outros problemas elétricos. Segundo estimativas do SubGrupo5, estes componentes, atualmente importados e homologados localmente, representam 5% do valor adicionado na cadeia relativa ao *powertrain*. No entanto, ainda que o aporte ao valor total do sistema seja menor quando comparado com outros componentes (como os motores elétricos), a dependência na importação destes componentes 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.

5.2. TECNOLOGIAS DOS ACUMULADORES

O Quadro 13 aponta as principais barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes relacionados às baterias de alta e baixa tensão, com potenciais impactos sobre a visão de futuro descrita na seção 4.2.

Quadro 13 | Barreiras e oportunidades para a inserção da indústria local na produção dos componentes das baterias de alta e baixa tensão

Oportunidades	Barreiras
<p>Baterias de baixa tensão</p> <ul style="list-style-type: none"> Existência de capacidades locais em baterias de baixa tensão aplicadas ao setor automotivo Base de conhecimento para a produção das baterias industriais e estacionárias, que pode ser aplicada também à produção de baterias destinadas à tração elétrica e vice-versa. Transição internacional que visa que todos os veículos convencionais deixem de usar baterias de 12v e passem a usar as de 48V. 	<ul style="list-style-type: none"> Visão dominante entre os atores de que o Brasil continuará sendo dependente da importação dos componentes elementares das baterias Pouca vinculação entre as ICTs e o setor produtivo Alta concentração da indústria em empresas estrangeiras, colocando altas barreiras à entrada tanto em termos de conhecimentos científico-tecnológicos quanto em termos de capital necessário para instalar plantas de produção locais

17. Exemplos de tensão de carga destes cabos apontam para uma utilização na faixa de 300v-700v, de acordo com a Electric Mobility Canada (2010); para os veículos convencionais, a faixa de tensão de carga é de 12v.

<p>Baterias de alta tensão</p> <ul style="list-style-type: none"> Experiência acumulada no setor de pesados que poderia ser aproveitada no setor dos veículos leves (know-how relativo às baterias de chumbo-ácido, sódio, bem como lítio e suas configurações) Existência de reservas de lítio no Brasil 	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Fonte: Elaboração própria.

5.2.1. OPORTUNIDADES

O primeiro conjunto de oportunidades colocadas no Quadro 13 está diretamente associado às baterias de baixa tensão. A primeira destas oportunidades é a existência de capacidades locais nestas baterias, que já são aplicadas em sistemas 12v no setor automotivo, especificamente com baterias de chumbo-ácido. O Brasil possui um parque avançado de produção de baterias chumbo-ácido, que poderia migrar para sistemas de 48v. Esse tipo de bateria, por apresentar maior densidade energética e capacidade de carga, pode ser utilizado 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 e certificação e encontram-se em conformidade com as normas e os padrões internacionais. Essa indústria poderia se aproveitar da transição projetada internacionalmente, segundo a qual todos os veículos convencionais deverão incorporar baterias automotivas do tipo 48V, em vez das baterias de 12V usadas até agora.

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 para atender outros tipos de demandas, além das do setor automotivo. O principal exemplo nesta linha é a dos sistemas de armazenamento requeridos para compensar os períodos em que as fontes de geração de energia elétrica intermitentes não são capazes de produzir energia, como é o caso da tecnologia solar fotovoltaica (FV). Nesse sentido, 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 outros elementos propulsores do desenvolvimento de baterias avançadas no Brasil. Ainda, acrescenta-se o setor de telecomunicações, intensivo na P&D e na produção de baterias.

O segundo grupo de oportunidades está associado às baterias de alta tensão, que compartilham a base de conhecimento

com as baterias usadas no setor de pesados. Nesse setor, observa-se o adensamento da eletrificação de veículos pesados em algumas das principais cidades brasileiras.¹⁸ Exemplo desta iniciativa refere-se à licitação em curso na cidade de São Paulo, que visa à implementação de ônibus elétricos pelos operadores de transporte público. Portanto, esse movimento é também uma oportunidade para os veículos leves, pois o *know-how* e aprendizado envolvidos na produção das baterias de alta tensão para veículos pesados podem ser apropriados pelo segmento dos veículos leves.

Finalmente, uma oportunidade para o Brasil é o fato de ser responsável por 8% das reservas mundiais de lítio (CPRM, 2016), 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 a bateria e híbridos *plug-in*. Depreendem-se também as recombinações possíveis que o lítio apresenta com outros elementos, como ferro fosfato e manganês, apontando para a oportunidade em pesquisa e aprimoramento nestas frentes.

Para 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 as tecnologias das células a combustível em estágios de laboratório ou protótipo. Um exemplo desse tipo de iniciativa é o protótipo desenvolvido pela montadora japonesa Nissan, que inclusive já foi testado no Brasil. Esta rota tecnológica acopla-se diretamente à experiência da indústria brasileira nas tecnologias dos biocombustíveis, que ao privilegiar o uso do etanol se coloca, mais uma vez, como uma oportunidade para a indústria local.

5.2.2. BARREIRAS

A primeira barreira colocada no Quadro 13 faz referência à visão pessimista de alguns dos atores envolvidos no setor da mobilidade elétrica segundo a qual o Brasil continuará dependente da importação dos componentes elementares das baterias. Uma visão desse tipo limita o engajamento dos

18. Algumas cidades brasileiras já experimentam, em menor escala, a utilização de ônibus elétricos (híbridos, trólebus, elétricos a bateria) ao longo dos últimos vinte anos.

atores diretamente ligados à indústria de baterias, que acabam por não acreditar nas possibilidades de produção local destes componentes. Isto, por seu turno, limita 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 em vez de apostar na aplicação de conhecimentos geradas nas ICTs nacionais. De fato, uma tendência nesse sentido já é observada, sendo que uma das barreiras colocadas pelos GPs consultados ao longo deste *roadmap* foi justamente a pouca vinculação entre as ICTs e o setor produtivo.

Esse tipo de visão também pode ser observado, por exemplo, no que tange às incertezas tecnológicas vinculadas a aspectos 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 incêndio no veículo ou dano permanente à bateria. O Brasil apresenta diversos institutos de pesquisa que têm conduzido trabalhos neste sentido, e aproveitar este conhecimento em consolidação no Brasil é de suma importância. Exemplos de instituições desta envergadura são o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), que tem atuado fortemente na parte de segurança de baterias e BMS na cidade de Campinas (SP), e o Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura (ITEMM), com foco em P&D nas áreas de eletrificação veicular e armazenamento de energia com sede em Belo Jardim (PE). Assim, torna-se imperativo mitigar estes riscos ao aproveitar as 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 observada para a produção, especialmente no caso das baterias de alta tensão

de íons de lítio. Nesse caso, por exemplo, verifica-se uma alta concentração na produção em empresas estrangeiras tais como LG Chem, Panasonic ou BYD. Essa concentração impacta tanto o conhecimento gerado e acumulado como o montante dos investimentos de capital que teria que ser alocado para instalar plantas de produção com a escala requerida para serem competitivas.

5.3. INTEGRAÇÃO E MONTAGEM DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Segundo os atores, 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, que diferem substancialmente daqueles utilizados pelos veículos tradicionais, conforme foi discutido ao abordar as barreiras para o *powertrain* (seção 5.1.2).

Questões de *design* e disposição das baterias no interior do veículo também devem ser contempladas pelas montadoras localmente. 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 responsáveis pela 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 VEs montados no país nos próximos cinco anos.

5.4. DESENVOLVIMENTO E AMPLIAÇÃO DA INFRAESTRUTURA

O Quadro 14 aponta as principais barreiras e oportunidades vinculadas à indústria instalada no Brasil, com potenciais impactos sobre a visão de futuro desenhada para essas tecnologias no país.

Quadro 14 | Iniciativas estratégicas, oportunidades tecnológicas e barreiras ou riscos para a infraestrutura

Oportunidades	Riscos e barreiras
<ul style="list-style-type: none"> • VEs leves aproveitando-se da infraestrutura de recarga para os veículos pesados • Possibilidade de os mesmos atores que estão fornecendo eletropostos públicos proverem soluções individuais e domiciliares • Posicionamento junto ao estado da arte de infraestrutura • Possibilidade de liderança latino-americana em fornecimento de infraestrutura 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependência de importação na parte de controladores eletrônicos e dos <i>plugs</i> e seus protocolos de recarga • Obsolescência dos padrões de acesso dos usuários nos eletropostos

Fonte: *Elaboração própria.*

5.4.1. 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: iniciou, em 2018, a oferta de carregadores em corrente alternada e, em 2019, carregadores de corrente contínua.¹⁹

Neste sentido, figura-se como uma grande oportunidade para o Brasil aproveitar essas competências para o provimento de uma infraestrutura tanto pública quanto privada de recarga de VEs. 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 potenciais de VEs no Brasil.

Outra oportunidade para os VEs leves no país é beneficiar-se da infraestrutura de recarga para os veículos pesados, que avança consistentemente nas principais capitais. Para os especialistas, a infraestrutura para veículos leves pode instalar-se próximo ou junto à dos pesados, pois a base tecnológica e de componentes é a mesma para ambas e existe interoperabilidade quanto à utilização do eletroposto. Segundo essa avaliação, seria necessária a abertura de mais uma porta de saída de energia em uma estação de veículos pesados, com 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 de estes mesmos atores que estão fornecendo eletropostos públicos oferecerem soluções individuais e domiciliares, como *wallboxes*, por exemplo. Ainda que todos os VEs comercializados tragam um *plug*, este não possibilita realizar recargas mais rápidas nem controlar o processo com programação da recarga, por exemplo. Investir em soluções privadas é uma alternativa para ampliar a área de atuação destas empresas de infraestrutura e 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.

Além disso, 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 se apresente de forma tímida e avance a passos curtos nestes países, a mobilidade elétrica pode ser uma opção para as empresas brasileiras de infraestrutura alcançarem destaque neste segmento.

5.4.2. BARREIRAS

Em grande parte da cadeia de componentes da infraestrutura de recarga, o país possui competências; a ausência de domínio tecnológico refere-se aos controladores eletrônicos e aos *plugs* e seus protocolos de recarga. Caberá aos atores instalados no Brasil participar do desenvolvimento das tecnologias de controladores no horizonte de cinco anos e, em dez anos, passar a prover esta tecnologia localmente. Se ocorrer o adensamento do mercado, os atores poderão responder positivamente, implementando eletropostos. Quanto aos *plugs*, é preciso acompanhar as evoluções destas tecnologias, e talvez não seja o caso de fabricá-las localmente, dada a vasta cadeia de fornecedores a nível global.

Outro risco que deverá ser mitigado refere-se aos padrões de acesso dos usuários nos eletropostos. O padrão em vigência no país é o RFID, do inglês *Radio-Frequency IDentification*, que permite a identificação, através de sinais de rádio, de dispositivos habilitados para RFID. Assim, nos eletropostos existentes no Brasil, utilizam-se cartões magnéticos que apresentam esta tecnologia e fazem a comunicação com o eletroposto, possibilitando a recarga.

Contudo, está previsto que nos próximos dez anos tal padrão será descontinuado e dará lugar a aplicativos instalados em *smartphones*. 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 RFID.

19. Isso tende a ocorrer por iniciativa de um dos principais atores nacionais no fornecimento de motores elétricos.

6. RECOMENDAÇÕES PARA O ALCANCE DA VISÃO DE FUTURO

Nos capítulos anteriores, foram detalhadas as visões de futuro esperadas para a eletromobilidade no Brasil num horizonte de quinze anos, com foco na inserção da indústria local na manufatura dos VEs leves. Também foram mapeadas as principais barreiras e oportunidades que poderiam travar ou favorecer essas visões, respectivamente. Neste capítulo, parte-se desses resultados para propor recomendações para que as visões desenhadas se tornem realidade. As seções a seguir tratam de detalhar essas recomendações na forma de ações, desde aquelas em que é possível aproveitar e direcionar as capacidades existentes (curto prazo) até aquelas em que é necessário desenvolver competências ainda inexistentes ou incipientes no país (longo prazo). Essas ações também estão organizadas em torno de suas dimensões, partindo do nível mais macro para o nível específico da regulação do setor.

6.1. PARCERIAS ENTRE MONTADORAS E FORNECEDORES LOCAIS DOS COMPONENTES DO SPE

Como foi detalhado na visão de futuro (Capítulo 4) e na análise de barreiras e oportunidades (Capítulo 5), 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 neste *roadmap* 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 Uruguai, Argentina e Chile.

Também há 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 visão de futuro considerada nesse *roadmap* considera o aproveitamento de tais capacidades.

No entanto, é necessário promover o diálogo entre montadoras e produtores locais, pois esse vínculo ainda precisa ser desenvolvido e fortalecido. 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 ditas demandas. As montadoras, por sua vez, teriam acesso ao conhecimento local com potencial para ajudar ou aprimorar tecnologias e processos. A incorporação de conhecimento local nos processos produtivos também abriria oportunidades para que as montadoras aproveitassem instrumentos de promoção à indústria já existentes no país, incluindo tanto instrumentos específicos para o setor (Rota 2030) quanto instrumentos transversais colocados à disposição pelo governo local - Credenciamento de Fornecedores Informatizado (CFI), do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

No primeiro caso, a política industrial vigente do setor, o programa Rota 2030, pode auxiliar na construção destas pontes. No programa demonstra-se o apoio, via incentivos fiscais, ao adensamento produtivo local de peças e componentes. Sugere-se que, com a expansão da eletrificação, as peças do SPE vão seguir este movimento de nacionalização e de conteúdo local.

Já no caso de CFI, o BNDES coloca à disposição condições especiais de financiamento para a aquisição de equipamento ou componentes oferecidos pelos fornecedores que façam parte de dito 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.

6.2. CRIAÇÃO DE PROGRAMAS QUE INCENTIVEM O APRIMORAMENTO DE CAPACIDADES PRODUTIVAS LOCAIS NOS COMPONENTES DO SPE

Além de direcionar as capacidades existentes para dar resposta às demandas das montadoras, é necessário aprimorar as capacidades locais naqueles componentes nos quais existe potencial. No caso dos componentes do *powertrain*, exemplos deste tipo de esforço incluem: a passagem de motores de ímãs permanentes para motores com ímãs de relutância magnética; e a manufatura de componentes da eletrônica de potência, tais como frenagem regenerativa, sistemas de proteção, e indutores e capacitores.

No caso dos acumuladores, a necessidade de criar e aprimorar capacidades locais é ainda mais expressiva. Nesta perspectiva, a visão de futuro considerada neste *roadmap* focaliza a necessidade de realizar investimentos e direcionar 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. Exemplo desse tipo de instrumentos no contexto nacional é a criação de metodologias para a habilitação de empresas no CFI do BNDES. Esse tipo de metodologia busca condicionar o financiamento oferecido pelo banco ao aumento nos níveis de conteúdo local. Por exemplo, no caso da tecnologia solar FV, a montagem de módulos solares FV de silício cristalino (incluindo o *frame*) tem um valor de 60% até 2019. Dessa forma, as empresas voltadas a essa atividade conseguem atingir a porcentagem mínima para fazer parte do CFI. No entanto, essa porcentagem diminui para 50% em 2022 e 30% em 2023, fazendo com que as empresas interessadas em se manter nesse registro precisem incorporar conhecimento local em outros componentes do sistema com maior valor agregado, como as células. Acredita-se que iniciativas do tipo podem ser consideradas para os componentes do SPE.

6.3. CRIAÇÃO DE PROGRAMAS DE P&D PARA DAR SUPORTE AO APRIMORAMENTO DE CAPACIDADES PRODUTIVAS LOCAIS NOS COMPONENTES 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 mais 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 já lançou para consulta pública um chamado específico 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 as atividades de P&D nos blocos de competências vinculados ao SPE. No Quadro 15, são detalhadas as linhas de P&D que poderiam ser priorizadas por essas instituições.

Quadro 15 | Linhas de P&D prioritárias atreladas aos blocos de competências do SPE

Bloco de competência	Pontos focais da P&D
<i>Powertrain</i>	<p>Motores de ímãs permanentes e sua variável, relutância magnética</p> <p><i>Powertrain</i> híbrido a etanol baseado no acoplamento de motor elétrico de indução</p> <p>Tecnologias de frenagem regenerativa</p> <p>Esforços transversais de melhoramento da eficiência energética dos motores elétricos</p> <p>Desenvolvimento de sistemas avançados em eletrônica de potência e <i>softwares</i> de controle</p>

Acumuladores	Desenvolvimento de sistemas BMS Montagem de <i>pack</i> de baterias Desenvolvimento de sistemas de segurança da bateria Específicos para sistemas de baixa tensão: fabricação de células de chumbo-carbono avançadas e suas configurações para aplicações de 12V e 48V 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
Integração e montagem	Tecnologia para conversão de veículos propélidos a partir de motores a combustão interna para elétricos Aperfeiçoamento das plantas produtivas nacionais para montagem de VHS Engenharia para a integração de baterias com sistemas de <i>powertrain</i>
Infraestrutura	Novos padrões de acesso dos usuários nos eletropostos e aprimoramento do padrão RFID Simulações e desenvolvimento em sistemas de protocolos de recarga Interoperabilidade de eletropostos: comunicação entre os eletropostos e um sistema de gerenciamento central Desenvolvimento de infraestrutura para sistemas a células a combustível na categoria PEMFC e SOFC

Fonte: Elaboração própria.

6.4. CRIAÇÃO DE PLATAFORMA PARA A INTEGRAÇÃO DAS CAPACIDADES LOCAIS RELATIVAS AOS BIOCOMBUSTÍVEIS E AO SPE

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 neste plano 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 aquelas do setor dos biocombustíveis, em conjunto com ICTs trabalhando em pesquisas relacionadas, possam considerar rotas tecnológicas a ser 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 dos 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.

6.5. CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

Para o alcance das visões do *roadmap* tecnológico, faz-se necessário ter capital humano com competências adequadas para fazer frente às novas demandas que se colocam nos blocos de competência da eletromobilidade. Nestes cenários, todos os níveis educacionais passam a ser demandados, incluindo programas de pós-graduação e graduação que suportam atividades de P&D e cursos de formação técnica e continuada que preparam os profissionais que atuam diretamente na expansão deste segmento. Aos 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.

É fundamental o papel a ser desempenhado pelo número expressivo de institutos de pesquisa e universidades, identificados e discutidos na seção 2.3.2, e exemplificados 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 academia, montadoras, autopeças e afins.

Há que ponderar também o papel educacional de formação técnica, continuada e *in-company*, que tem 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 a executar a manutenção, o diagnóstico e a reparação, seguindo os procedimentos técnicos e de segurança adequados.

6.6. APRIMORAMENTO DO MARCO REGULATÓRIO

As regulações e certificações são importantes para guiar a produção do setor automotivo, homologando componentes, estabelecendo regras de segurança e de emissões de materiais particulados e, conseqüentemente, contribuindo para o desenvolvimento da indústria no Brasil.

O rol das tecnologias incluídas nos blocos de competência do *roadmap* acoplam-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, especificados na NBR 16567.²⁰

Neste contexto, o objetivo desta seção é discutir medidas de regulação e padronização que habilitem e facilitem a ampla produção e difusão dos blocos de competência mapeados. Defende-se a manutenção de ações que estão em curso na eletromobilidade brasileira; o encaminhamento acerca de discussões já iniciadas; e a delimitação de novas padronizações que ajudem a organizar o setor nos anos cobertos por este *roadmap*. Os pontos focais da regulação e padronização a ser considerados para cada bloco de competências são apresentados no Quadro 16 e detalhados na sequência.

Quadro 16 | Pontos focais da regulação e padronização para os blocos de competências

Bloco	Pontos focais
Powertrain	Conclusão e publicação de normativas relativas aos VEs, padronizando as medições de eficiência e consumo dos VEs a bateria Medidas de segurança complementares
Acumuladores	Adoção de uma definição para os termos alta e baixa voltagem Discussão das normativas aplicadas a células a combustível
Integração e montagem	Definição do regulamento de segurança veicular para VEs Ampliação das certificações ambientais para VEs
Infraestrutura	Coexistência de <i>plugs</i> Promoção da interoperabilidade na recarga Adoção de requisitos de segurança das instalações para a ligação de eletropostos

Fonte: Elaboração própria.

6.6.1. POWERTRAIN

Deve-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 Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços nº 74, de 23 de março de 2015.²¹ 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 de segurança complementares. A característica de baixos níveis de ruído e som emitidos pelo *powertrain* dos VEs tem 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 Conselho Nacional de Trânsito (Contran),

20. 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 baseada 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.

21. 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).

principalmente, sistemas de alerta e prevenção a acidentes que utilizem da conectividade, de sensores e de artefatos sonoros que tenham por meta a prevenção de acidentes relacionados a esse desdobramento da eletrificação veicular.

6.6.2. 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 (Voltage Class A), equivalente a Baixa Tensão; e para a Classe de Tensão B (Voltage Class B), equivalente a Alta Tensão. Estas definições impactam diretamente a 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.

6.6.3. 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.²² 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.²³ Sugere-se que sejam apresentados ao Contran esses estudos técnicos sobre a regulamentação dos itens de segurança veicular, para serem analisados e outorgados.

Ainda, no Brasil existe um procedimento padronizado para a certificação e homologação dos veículos. Basicamente são necessárias duas aprovações, uma do ponto de vista de emissões de gases de escapamento e consumo de combustível e outra relativa 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*.

6.6.4. INFRAESTRUTURA

Propõe-se, por todo o período coberto pelo *roadmap* (15 anos), a coexistência de alternativas de *plugs* de eletropostos: AC ou CC, dos tipos CCS e CHAdeMO. Com vistas a otimizar investimentos na infraestrutura de recarga pública, recomenda-se que os eletropostos públicos sejam fornecidos com duas saídas. Desta forma, um eletroposto poderá ser utilizado para alimentar dois veículos simultaneamente.

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, recomenda-se usar o leitor de Cartão RFID ou aplicativo no celular.

Além disso, é necessário que a comunicação entre os eletropostos e um sistema de gerenciamento central opere por meio de protocolo aberto, proporcionando maior interoperabilidade, incluindo com 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, há que 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 se coloca com os eletropostos ou as estações de recarga de VEs do tipo *plug-in*. Para garantir a segurança das pessoas e instalações, algumas normas devem ser atendidas como precursoras da ABNT NBR IEC 61851-1, que é específica para os sistemas de recarga de VEs.²⁴

22. Ver, a esse respeito, UNECE (2019).

23. Este cronograma ocorreu por meio da Resolução nº717, de 30 de novembro de 2017.

24. 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 de 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).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este *roadmap* tecnológico respondeu às demandas do Ministério da Economia e da Agência de Cooperação Internacional GIZ por uma análise mais detalhada das possibilidades de desenvolvimento da indústria brasileira no tema da mobilidade elétrica, o que implicou conhecer as possibilidades da inserção brasileira na montagem de VEs leves e seus componentes.

Ao mapear a situação brasileira no contexto da mobilidade elétrica ao longo de 2018, este exercício permitiu identificar as visões de futuro que se projetam para o país, assim como as barreiras e oportunidades para alcançar estas visões. Como resultado, este estudo se traduz 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 estratégicas 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.

A existência deste documento, entretanto, não deve ser vista como um fim em si mesmo. Caberá aos *stakeholders* envolvidos com a eletrificação e às demais partes interessadas incorporar essa visão de futuro em suas estratégias individuais, por meio da implementação das ações e recomendações

discorridas no Capítulo 6. Ainda, este *roadmap* deve ser encarado como um processo de caráter dinâmico, não sendo um produto estático ao longo do ciclo que ele abrange. 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 por este *roadmap*. Este acompanhamento é necessário para que se possa realizar, calibrar e aperfeiçoar as ações pontuadas.

Para assegurar a coordenação das atividades, sugere-se que esta governança seja direcionada ao grupo técnico de eletromobilidade, com configuração plural e multiatores, formado em 2017 no âmbito do Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística e institucionalizado via Medida Provisória nº 843, de 2018. No âmbito deste grupo, criou-se um espaço de discussões e aprendizagem que resultou nas principais reflexões e entendimentos acerca deste *roadmap*.

A continuidade desta equipe de trabalho visa manter aberto o diálogo e as reflexões acerca da eletromobilidade, a partir do acompanhamento das ações e estratégias pontuadas pelo *roadmap*. Caberá ao grupo acompanhar e revisar as diretrizes acordadas, de modo que a governança e o alinhamento dos atores deste sistema sejam resguardados ao longo de sua execução.

8. REFERÊNCIAS

ABVE. Apresentação Institucional ABVE. In: COMISSÃO DE VIAÇÃO E TRANSPORTES. *Evolução dos emplacements de híbridos e elétricos no Brasil*. Brasília, 2018.

AMADO, Roberto Salgado et al. *Pilhas a combustível de óxido sólido: materiais, componentes e configurações*. Química Nova, v. 30, n. 1, p. 189-197, 2007.

CAMEX. *Resolução no 97, de 26 de outubro de 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.

CONSONI, Flávia L. et al. *Estudo de governança e políticas públicas para veículos elétricos*. Brasília: Projeto Sistemas de Propulsão Eficiente - PROMOB-e, 2018. Disponível em: <<http://www.promobe.com.br/library/estudo-de-governanca-e-politicas-publicas-para-veiculos-eletricos/>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

CPRM. Serviço Geológico Brasileiro. *Projeto de Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil - Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais*. Informe de Recursos Minerais, série Minerais Estratégicos, n°3, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17451>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

ELECTRIC MOBILITY CANADA. *Electric Vehicle Technology Roadmap for Canada*. [s. l.], 2010. Disponível em: <<http://www.emc-mec.ca/files/ElectricVehicleTechnologyRoadmapCanada-Feb2010.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

ELIASSON, Gunnard; ELIASSON, Asa. *The biotechnological competence bloc*. Revue d'Économie Industrielle, v. 78, n. 1, p. 7-26, 1996.

ERTRAC; EPOSS; SMARTGRIDS. *European Roadmap Electrification of Road Transport*. [s. l.], 2010.

IEA. *Technology Roadmap. Electric and plug-in hybrid electric vehicles*. Paris, 2014. Disponível em: <http://www.ieahev.org/assets/1/7/EV_IIEHV_Poadmap.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2018.

IEA. *Global EV Outlook 2017*. Paris, 2018. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/energy/global-ev-outlook-2017_9789264278882-en>. Acesso em: 5 mar. 2018.

LEWIS, J. Owen. *Electric Vehicles Roadmap*. [s. l.], 2011. Disponível em: <http://www.seai.ie/Publications/Statistics_Publications/SEAI_2050_Energy_Poadmaps/Electric_vehicle_Poadmap.pdf%5Cn>. Acesso em: 5 mar. 2018.

MOHANTY, Parimita; KOTAK, Yash. *Electric vehicles: status and roadmap for India: Elsevier, 2017*. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803021-9.00011-2>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

SCR/SRD. *Aprovada regulamentação sobre recarga de veículos elétricos*. Aneel, 19 jun 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aprovada-regulamentacao-sobre-recarga-de-veiculos-eletricos/656877>. Acesso em: 5 mar. 2018.

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). *UN Vehicle Regulations - UN Regulation no. 100 - Rev.2 - Electric power trained vehicle*. Disponível em: <<https://www.unece.org/?id=39145>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

APÊNDICE I.

EQUAÇÕES DE BUSCA PARA PATENTES DE VEÍCULOS ELÉTRICOS DEPOSITADAS NO BRASIL

Equações de busca para patentes de VEs depositadas no Brasil

Data	Base de dados	Equação de busca	Número de resultados
05/01/17	Orbit	<i>((Electric) 1W (Vehicle OR Vehicles OR Car OR Cars OR Automotive OR Automobile OR Bus OR Bicycle OR Scooter OR Motorcycle))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) NOT ((Rail OR Boat OR Ship OR Airplane OR Locomotive OR Toy OR Aircraft OR Railway) OR (B61 OR B63 OR B64 OR B66 OR A24 OR A63))</i>	207
01/03/17	INPI	Veículo Elétrico OR Ônibus Elétrico OR Veículo Híbrido OR Bicicleta Elétrica OR Baterias de Lítio	628
13/03/17	Revisão das patentes através da análise do título e resumo e eliminação de duplicidades		Total: 489

Fonte: Elaboração própria.

Equações de busca para artigos científicos de VEs no Brasil (1995-2016)

Data	Base de dados	Equação de busca	Número de resultados
09/03/17	Scopus	<i>(Electric vehicle OR Electric car OR Battery Electric Vehicles OR Hybrid Electric Vehicles OR Plug-in Hybrid Electric Vehicles OR Ranger Extender) NOT (Fuel Cell Vehicles)</i>	430

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE II.

INICIATIVAS EMPREENDEDORAS DE DESTAQUE DA ELETROMOBILIDADE EM VEÍCULOS ELÉTRICOS LEVES NO BRASIL

Iniciativas empreendedoras de destaque da eletromobilidade em veículos leves no Brasil – promoção, projetos, venda de veículos elétricos, campanhas de marketing e/ou outras atividades (2018)

Ator	Instituição	Origem do capital	Local das atividades no Brasil	Principais programas/ações/iniciativas
Automóveis (passeio, comercial e frotista)	Nissan	Japão	Rio de Janeiro (sede comercial) e Resende (RJ) (planta produtiva de veículos a combustão interna)	<p>Programa de Táxi Piloto no Rio de Janeiro, que começou em 2013, como a principal ação da marca em curso no país. Foram emprestados em contrato de comodato cerca de 50 veículos, com o objetivo de divulgar a marca e a tecnologia elétrica na cidade do Rio de Janeiro</p> <p>Desenvolvimento do protótipo da tecnologia de <i>powertrain</i> baseada em VEs a células a combustível a partir da tecnologia SOFC, que permite o uso de etanol como fonte energética para tração veicular</p> <p>Nova geração do Nissan Leaf planejada para comercialização no Brasil em 2019</p>
	BMW	Alemanha	São Paulo (sede comercial), Araquari (SC) (planta produtiva de veículos a combustão interna)	Ações em duas frentes de trabalho: a venda de veículos para pessoas físicas e jurídicas, bem como a realização de parcerias para a instalação de infraestrutura de recarga em concessionárias de veículo e estabelecimentos comerciais, com vistas à promoção e propaganda de seus automóveis elétricos. As motivações referem-se ao alinhamento à estratégia global da marca, voltada à difusão de seus modelos, bem como à expectativa de design e implementação de políticas públicas para VEs no Brasil.
	Fiat	Itália	Betim (MG)	Desenvolvimento de tecnologias de hibridização de veículos, como as tecnologias micro e mild-hybrid, exemplificadas pelos produtos belt starter generator e sistema start-stop (duas patentes estão registradas no Brasil). No Brasil, existe discussão, estudos e desenvolvimento destas tecnologias, mas nenhuma aplicação prática. Nos anos 2000, foram desenvolvidos protótipos de automóveis Palio eletrificados com a Itaipu, com fins de realização de projetos demonstrativos.
	Ford	EUA	São Bernardo do Campo (SP) e Camaçari (BA) com plantas produtivas de veículos a combustão interna	Importação e comercialização de VEs no Brasil, tais como o Ford Fusion.
	Renault	França	São José dos Pinhais (PR) com planta produtiva de veículos a combustão interna	VE é utilizado para ações menores, projetos em parcerias e pequenas frotas orientadas para um público específico. A Renault tem emprestado e vendido seus modelos de elétricos para empresas, para a realização de testes e estudos da tecnologia. Até 2018, não comercializava VEs para consumidores brasileiros de forma geral, embora já tenha sinalizado para uma alteração desta estratégia. Participou ativamente da classificação e regulação para quadriciclos com o modelo Twizy, que permitiu outras homologações no país.

Automóveis (passeio, comercial e frotista)	Toyota	Japão	São Bernardo do Campo (SP) e Indaiatuba (SP) com planta produtiva de veículos a combustão interna	Possui meta de hibridização global total de seus modelos até 2050. Para o caso brasileiro, importa um de seus modelos híbridos, o Prius, mas possui conversas avançadas para a produção de um modelo híbrido no Brasil. No primeiro semestre de 2018, realizou testes com o Prius Flex, primeiro carro híbrido que pode ser abastecido com etanol no lugar da gasolina e combina-se com o motor elétrico. Trata-se de uma tecnologia desenvolvida em parceria Toyota Brasil e Japão, que pode ser aplicada a outros modelos de veículos da companhia.
	GM (Chevrolet)	Estados Unidos	São Caetano do Sul (SP) e Gravataí (RS) com planta produtiva de veículos a combustão interna	A empresa confirmou a venda de seu modelo elétrico, Bolt, a partir de 2019 no Brasil para pessoa física e jurídica. Fez experiências e avaliações locais com o VOLT ao longo dos anos 2010.
	BYD	China	Campinas (SP) com planta de montagem de ônibus elétricos	A primeira ação da empresa ocorreu no Brasil em 2014 - e encontra-se em vigência -, com a importação de VEs prontos para comercialização no país. A BYD dispõe de três modelos de VE a bateria no país: dois automóveis (um hatchback e outro sedan) e um utilitário. A maior ação da empresa consistiu na instalação de uma fábrica no Brasil para a produção do chassi do ônibus elétrico, que entrou em operação em 2017 em Campinas, mas não está descartada a possibilidade de montar automóveis elétricos nos próximos anos no país.
Startups e empresas de base tecnológica (EBTs)	Serttel	Brasil	Recife (PE)	Elaboração de um protótipo de VE com parte de sua tecnologia (motor e baterias) desenvolvida e produzida no Brasil; e compartilhamento de VEs, importando-os, até o momento, da China, ou adquirindo de revendas locais.
	Electric Dreams	Brasil	São José dos Campos (SP)	Produção de um VE de alto desempenho (automóvel esportivo). Trata-se de uma empresa que está apostando em um mercado de nicho. Possui parcerias com o CPqD para o desenvolvimento das baterias e conta com recursos da Fapesp e do CNPq. Depositou patente relativa a uma nova tecnologia de bateria.
	Ekatu	Brasil	São Paulo (SP)	Estudo e desenvolvimento de <i>softwares</i> para a gestão operacional de estações (públicas e privadas) de recarregamento de VEs.
	HITECH	Brasil	São José dos Pinhais (PR)	Importação e adaptação de dois modelos de elétricos de baixa velocidade para uso urbano, sendo um para dois lugares e o outro para quatro. Também importa um utilitário chinês para transporte de cargas. Dedicar-se principalmente à venda para empresas, visando atender as demandas de frotas corporativas e o transporte de carga. Não obstante, tem ampliado suas vendas para pessoa física.
	VEZ	Brasil	São Paulo (SP)	Desenvolvimento de um modelo de VE de baixo custo para dois passageiros e voltado ao uso urbano (LSEV). Depende do recebimento de recursos públicos não reembolsáveis, já pleiteados por parte da empresa, para lançamento de protótipos de seu veículo.
Componentes (motor elétrico e bateria)	WEG	Brasil	Jaraguá do Sul (SC)	Empresa nacional que desenvolve, produz e comercializa dois tipos de componentes ligados à eletromobilidade: motores elétricos e inversores de potência. Encontra-se apta e preparada para fornecer motores e inversores em uma eventual formação de cadeia produtiva potencial de automóveis e ônibus elétricos. Atualmente, o foco e a estratégia da empresa consistem em atuar no segmento pesado, área em que tem concentrado grande parte do portfólio devido ao posicionamento estratégico da empresa junto à mobilidade elétrica.
	Moura	Brasil	Belo Jardim (PE)	Desenvolvimento e produção de baterias tracionárias para o segmento automotivo (carros pequenos) e ônibus elétricos. Inclui baterias de chumbo-ácido feitas por encomenda e de acordo com as especificações.

Setor elétrico	CPFL	Brasil	Estado de São Paulo (SP)	Criação em 2007/08 de um laboratório real de estudos para o tema, projeto no qual a empresa mantém os investimentos, possibilitando o contato e o acesso a essa tecnologia. Em 2013, lançou o projeto EMOTIVE com fundos de P&D Aneel (projeto finalizado em 2018). Trata-se de um projeto demonstrativo que buscou investigar e compreender a tecnologia dos VEs, suas aplicações e implicações; sobretudo, identificar possibilidades de atuação da empresa nos termos da provisão de energia elétrica e infraestrutura de recarga.
	Itaipu	Brasil	Foz do Iguaçu (PR)	Empresa binacional de energia Brasil-Paraguai, promove um dos projetos demonstrativos mais robustos do Brasil, utilizando-se de recursos financeiros próprios. Esta iniciativa começou com a assinatura de um acordo internacional de cooperação técnica entre Itaipu e a Kraftwerke Oberhasti (KWO), controlador das usinas hidrelétricas suíças, ainda em 2004. Desde então, já foram montados vários protótipos de VE a partir de parcerias com empresas como Fiat e Renault. Com apoio da Finep, a Itaipu está envolvida no desenvolvimento de um ônibus híbrido a partir do etanol. Também apresenta projetos em aviões elétricos, minibus, utilitários e outros.
	ENEL	Itália	Niterói (RJ)	Plataforma de medição e acompanhamento do processo de carga do projeto de carsharing VAMO, implementado pela Serttel, em Fortaleza.
Infraestrutura de recarga e carregadores	Electric Mobility Brasil	São Paulo	São Paulo (SP)	Fornecimento de soluções de infraestrutura de recarga (equipamentos de recarga da Efacec) para veículos elétricos e híbridos <i>plug-in</i> . Foi a responsável pela instalação de eletropostos no trajeto Rio-São Paulo, possibilitando a viagem de elétricos neste trecho.
	ABB	Suíça	São Paulo (SP)	Fornecimento do carregador rápido de veículos universal para o posto Graal 67, da Rodovia Anhanguera, por meio de uma parceria da CPFL Energia, da Rede Graal e da CCR Auto BAn. Trata-se do primeiro corredor intermunicipal para VEs do país, ligando Campinas e São Paulo.
Associação de classe	ABVE	Brasil	São Paulo (SP)	Atuação junto às autoridades e entidades empresariais relacionadas ao setor automotivo visando à tomada de decisões que incentivem o desenvolvimento e a utilização de VEs. Cadastramento das empresas do segmento dos VEs, abrangendo o segmento dos pesados, leves, levíssimos e infraestrutura, com a proposta de formar uma rede integrada de parcerias de negócio entre as empresas.
	Anfavea	Brasil	São Paulo (SP)	Representação do segmento das montadoras com o Estado no Brasil. Possui um grupo específico para conduzir os debates acerca da mobilidade elétrica.
	Sindipeças	Brasil	São Paulo (SP)	Representação dos atores pertencentes ao segmento das autopeças e componentes no Brasil. Realiza anualmente o Seminário Eletrificação Veicular, que discute temas ligados à mobilidade elétrica.

Fonte: Elaboração própria, Projeto Leve/DPCT/ Unicamp e GIZ (2017).

APÊNDICE III.

PERGUNTAS DO QUESTIONÁRIO *ON-LINE*

As perguntas podem ser acessadas no link <https://goo.gl/WjDYJB>

APÊNDICE IV.

QUESTIONÁRIOS PARA AS DINÂMICAS COM *STAKEHOLDERS* E ESPECIALISTAS DOS BLOCOS DE COMPETÊNCIA DO SPE

ROADMAP TECNOLÓGICO PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

Data da aplicação:

Local:

ROTEIRO DE ENTREVISTA PARA OS ESPECIALISTAS EM *POWERTRAIN*

Componentes cobertos

- Motores elétricos (estatores, rotores, chapas de aço, fios de cobre, ímas 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)

2. Quais empresas localizadas no Brasil apresentam as capacidades necessárias à 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

Intrafirma (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?

Interfirmas

- 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. Recursos humanos

- Absorção de mão de obra com experiência internacional (seja estrangeira ou brasileira)
- 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)

5. Quais seriam as condições para realizar atividades de P&D no Brasil? De quais tipos são elas?

6. Que tipo de profissionais seriam demandados e qual tipo de qualificação é requerida?

7. Quais seriam os obstáculos/empecilhos ao 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?

8. Sobre a criação de competências nacionais, quais 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 a montagem nacional de *powertrains*, podendo ser feito juntamente com montadoras?

9. Discuta as oportunidades para a criação de redes de colaboração em P&D (seja com atores locais ou multinacionais).

ROADMAP TECNOLÓGICO PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

Data da aplicação:

Local:

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 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 à 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

Intrafirma (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?

Interfirmas

- 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. Recursos humanos

- Absorção de mão de obra com experiência internacional (seja estrangeira ou brasileira)
- 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)

5. Quais seriam as condições para realizar atividades de P&D no Brasil? De quais tipos são elas?
6. Que tipo de profissionais seriam demandados e qual tipo de qualificação é requerida?
7. 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?
8. Sobre a criação de competências nacionais, quais 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? Iniciativas na integração ao BMS?
 - Competências para a montagem nacional de baterias, podendo ser feito juntamente com montadoras?
9. Discuta as oportunidades para a criação de redes de colaboração em P&D (seja com atores locais ou multinacionais).

ROADMAP TECNOLÓGICO PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

Data da aplicação:

Local:

ROTEIRO DE ENTREVISTA PARA OS ESPECIALISTAS EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL (PEMFC E SOFC)

Componentes cobertos

- Pilha de combustível (*gas diffusion layer*, catalisador e membrana)
- Sistema de armazenamento de hidrogênio (*carbono 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)

É preciso questionar também a parte de infraestrutura para células a combustível.

BLOCO 1 - MERCADO NECESSÁRIO PARA INVESTIMENTO DE CAPITAL EM ATIVIDADES LOCAIS DE PRODUÇÃO

1. 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)

2. Quais empresas localizadas no Brasil apresentam as capacidades necessárias à 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

Intrafirma (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?

Interfirmas

- 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. Recursos humanos

- Absorção de mão de obra com experiência internacional (seja estrangeira ou brasileira)
- Quais seriam as barreiras para estas atividades de transferência tecnológica e os desafios neste processo?

BLOCO 3 – DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS, ATIVIDADES DE P&D E RECURSOS HUMANOS CAPACITADOS (MAIS DE 10 ANOS)

5. Quais seriam as condições para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento no Brasil? De quais tipos são elas?
6. Que tipo de profissionais seriam demandados e qual tipo de qualificação é requerida?
7. 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?
8. Sobre a criação de competências nacionais, quais 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 SPE)
9. Discuta as oportunidades para a criação de redes de colaboração em P&D (seja com atores locais ou multinacionais)

ROADMAP TECNOLÓGICO PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

Data da aplicação:

Local:

ROTEIRO DE ENTREVISTA PARA OS ESPECIALISTAS EM INFRAESTRUTURA

Componentes cobertos

- Eletropostos, classificados pelo tipo de carga (lenta, semirrápida, rápida, ultrarrápida 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)

2. Quais empresas localizadas no Brasil apresentam as capacidades necessárias à 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

Intrafirma (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?

Interfirmas

- 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. Recursos humanos

- Absorção de mão de obra com experiência internacional (seja estrangeira ou brasileira)
- 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)

5. Quais seriam as condições para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento no Brasil? De quais tipos são elas?
6. Que tipo de profissionais seriam demandados e qual tipo de qualificação é requerida?

7. 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?
8. Sobre a criação de competências nacionais, quais apresentam maior potencial de inserção local? Em que medida poderíamos criar competências nacionais em:
- eletropostos de carga lenta (considera-se carga lenta os eletropostos que fornecem potências de 3,7kVA e 7,4kVA, indicados para uso residencial)?
 - eletropostos de carga semirrápida lenta (carregadores de carga AC com potência de 22kVA e carregadores DC com potências de 25kW, direcionados à instalação nos centros urbanos)?
 - 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)?
 - carga ultrarrápida (potências em alimentação DC de 175 até 350kW, com uso sugerido em rodovias)?
 - carga *wireless* (não há a necessidade de plugar o veículo à tomada)?²⁵
9. Discuta as oportunidades para a criação de redes de colaboração em P&D (seja com atores locais ou multinacionais).

25. Os parâmetros de potência para os tipos de recarga apresentados foram extraídos de Electric Mobility Brasil (a esse respeito, consultar <http://electricmobilitybrasil.com/tipo-de-carga/>).