

Oferta de
ônibus elétrico
no **Brasil** em um cenário
de **recuperação** econômica
de baixo carbono

Edgar Barassa
Robson Ferreira da Cruz
Lourenço Galvão Diniz Faria
Tarik Marques do Prado Tanure
Tatiana Bermúdez Rodríguez
Vagner Rigon



NAÇÕES UNIDAS

CEPAL

Thank you for your interest in this ECLAC publication



Please register if you would like to receive information on our editorial products and activities. When you register, you may specify your particular areas of interest and you will gain access to our products in other formats.



www.cepal.org/en/publications



www.cepal.org/apps

Oferta de ônibus elétrico no Brasil em um cenário de recuperação econômica de baixo carbono

Edgar Barassa, Robson Ferreira da Cruz, Lourenço Galvão Diniz Faria,
Tarik Marques do Prado Tanure, Tatiana Bermúdez Rodríguez,
Vagner Rigon



NAÇÕES UNIDAS



Este documento foi preparado por Edgar Barassa, Robson Ferreira da Cruz, Lourenço Galvão Diniz Faria, Tarik Marques do Prado Tanure, Tatiana Bermúdez Rodríguez e Vagner Rigon, consultores da Unidade de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável (UPDS), Divisão de Desenvolvimento Sustentável e Assentamentos Humanos (DDSAH) da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), no âmbito das atividades do projeto de Conta de Desenvolvimento das Nações Unidas 1819AJ – *Coordination, Coherence and Effectiveness for implementing the Environmental Dimension of the 2030 Agenda in Latin America and the Caribbean*.

A coordenação técnica esteve a cargo da DDSAH (Luiz Krieger), com apoio da Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica – PNME/Brasil e do Escritório da CEPAL no Brasil (Camila Grawkov e Carlos Mussi).

As opiniões expressadas neste documento, que não foi submetido a revisão editorial, são de exclusiva responsabilidade dos autores e podem não coincidir com as da Organização ou as dos países que representa.

Publicação das Nações Unidas
LC/TS.2022/9
Distribuição: L
Copyright © Nações Unidas, 2022
Todos os direitos reservados
Impresso nas Nações Unidas, Santiago
S.21-00966

Esta publicação deve ser citada como: E. Barassa y otros, "Oferta de ônibus elétrico no Brasil em um cenário de recuperação econômica de baixo carbono" *Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/9)*, Santiago, Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2022.

A autorização para reproduzir total ou parcialmente esta obra deve ser solicitada à Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), Divisão de Documentos e Publicações, publicaciones.cepal@un.org. Os Estados Membros das Nações Unidas e suas instituições governamentais podem reproduzir esta obra sem autorização prévia. Solicita-se apenas que mencionem a fonte e informem à CEPAL tal reprodução.

Índice

Resumo	9
Introdução	11
I. Panorama da cadeia produtiva, mercado nacional e regional de ônibus urbanos a diesel fabricados no Brasil	15
A. Cadeia produtiva de ônibus urbanos a diesel no Brasil	15
B. Produção e licenciamento de ônibus a diesel no Brasil.....	17
C. Mercado internacional dos ônibus a diesel fabricados no Brasil	23
D. Transporte público coletivo por ônibus no Brasil.....	26
E. Considerações finais do capítulo.....	28
II. Ônibus de baixa-emissão: conceitos, visão de mercado internacional e ecossistema em construção no Brasil	31
A. Definições e conceitos gerais acerca dos ônibus de baixa-emissão	31
B. Contexto internacional, regional e nacional do mercado dos ônibus de baixa-emissão	33
C. Foco Brasil: cadeia produtiva/valor em construção dos ônibus de baixa-emissão no país.....	36
1. Atividades upstream.....	36
2. Fornecedores de acumuladores de energia	38
3. Fornecedores de materiais - lítio	39
4. Fornecedores de células.....	39
5. Fornecedores de módulos e pacotes de baterias	39
6. Atividades downstream	42
D. Experiência em marcha: projetos demonstrativos de ônibus de baixa-emissão no Brasil e mercado nascente	42
1. Caso da cidade de São Paulo.....	44
E. Arcabouço institucional: políticas que impactam o desenvolvimento do mercado de ônibus de baixa-emissão e de ônibus a diesel no Brasil.....	46
F. Considerações finais do capítulo.....	48

III.	Potencial crescimento do mercado e da cadeia produtiva dos ônibus convencionais e de baixa emissão no Brasil: um olhar para o horizonte 2050	49
A.	O mercado de ônibus diesel.....	50
B.	O mercado de ônibus diesel P8-Euro VI	51
C.	Os ônibus de baixa-emissão – introdução de novas tecnologias.....	51
D.	Metas do mercado e tendências	53
E.	Potencial para o retrofit.....	56
F.	Políticas de estímulo.....	56
G.	Cenários prospectivos para a introdução dos ônibus elétricos.....	56
1.	Cenário <i>business as usual</i> – BAU.....	57
2.	Cenário moderado – CM	58
3.	Cenário ideal – CI	59
H.	Considerações finais do capítulo.....	60
IV.	Instrumentos necessários para suportar os cenários de projeção construídos: um olhar para os recursos financeiros e humanos	63
A.	Panorama e estimativas dos investimentos na cadeia produtiva de ônibus de baixa emissão de carbono no Brasil e no mundo	63
B.	Estimativa de investimentos necessários para a eletrificação da frota de ônibus urbanos no Brasil	70
C.	Como viabilizar? Fontes de investimento e financiamento nacionais e internacionais para a cadeia produtiva de ônibus elétricos e da infraestrutura de recarga.....	71
D.	Recursos humanos necessários para a cadeia produtiva de ônibus elétricos e infraestrutura de recarga no Brasil	78
E.	Considerações finais do capítulo.....	79
V.	O que ganhamos com a difusão de mercado e produtiva dos ônibus elétricos no Brasil? uma análise a partir dos potenciais impactos econômicos diretos e indiretos associados	81
A.	O setor de ônibus elétricos à bateria na matriz de insumo produto	81
B.	Os multiplicadores do setor de ônibus elétricos à bateria no Brasil	84
C.	Impactos macroeconômicos em cenários de produção de ônibus elétricos considerando a nacionalização gradual da cadeia de baterias e componentes elétricos	85
D.	Cenário <i>business as usual</i> (BAU).....	86
E.	Cenário moderado.....	89
F.	Cenário ideal	93
G.	Considerações finais do capítulo.....	96
VI.	Barreiras e oportunidades para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa emissão no Brasil: agendas estratégicas e ações necessárias.....	99
A.	Barreiras para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil.....	100
B.	Oportunidades para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil	103
C.	Agendas estratégicas para alavancagem da cadeia produtiva de ônibus elétricos no Brasil: uma proposta de ações necessárias.....	105
D.	Considerações finais do capítulo.....	105
VII.	Conclusão	109
	Bibliografia	115
	Anexo	119

Tabelas

Tabela 1	Detalhamento dos procedimentos metodológicos por capítulo de projeto	13
Tabela 2	Renda e pessoal ocupado nas atividades de fabricação dos componentes estruturais dos ônibus	17
Tabela 3	Tipologia de ônibus urbanos utilizada no sistema de transporte público coletivo de São Paulo	18
Tabela 4	Projetos demonstrativos de ônibus de baixa-emissão no Brasil	43
Tabela 5	Metas de redução de emissões para o transporte urbano de passageiros do município de São Paulo, 2018	45
Tabela 6	Investimentos produtivos em ônibus elétricos no Brasil e no mundo	66
Tabela 7	Estimativa de investimentos necessários para a eletrificação da frota de ônibus urbanos no Brasil	71
Tabela 8	Principais instrumentos de financiamento para a eletrificação do transporte	72
Tabela 9	Linhas de financiamento do BNDES para ônibus de baixo carbono e infraestrutura de recarga	75
Tabela 10	Composição setorial das aquisições do setor de ônibus elétricos à bateria no Brasil	82
Tabela 11	Efeitos multiplicadores do setor de ônibus Elétricos	84
Tabela 12	Premissas do cenário <i>business as usual</i>	86
Tabela 13	Impactos econômicos da expansão do setor de ônibus elétricos no cenário <i>business as usual</i>	87
Tabela 14	Impactos econômicos no setor de ônibus elétricos no cenário <i>business as usual</i>	89
Tabela 15	Impactos econômicos no setor de ônibus à diesel no cenário <i>business as usual</i>	89
Tabela 16	Premissas do cenário moderado	90
Tabela 17	Impactos econômicos da expansão do setor de ônibus elétricos no cenário moderado	91
Tabela 18	Impactos econômicos no setor de ônibus elétricos no cenário moderado	92
Tabela 19	Impactos econômicos no setor de ônibus a diesel no cenário moderado	93
Tabela 20	Premissas do cenário ideal	93
Tabela 21	Impactos econômicos da expansão do setor de ônibus elétricos no cenário ideal	94
Tabela 22	Impactos econômicos no setor de ônibus elétricos no cenário ideal	95
Tabela 23	Impactos econômicos no setor de ônibus à diesel no cenário ideal	96
Tabela 24	Barreiras identificadas para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil	100
Tabela 25	Oportunidades para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil	103
Tabela 26	Agendas e ações estratégicas para a cadeia de ônibus de baixa-emissão no Brasil	106
Tabela A1	Premissas para os cenários de evolução de volumes conforme critérios prescritos	120

Gráficos

Gráfico 1	Produção total de ônibus a diesel (chassis) no Brasil, 2001-2020	20
Gráfico 2	Licenciamento de novos ônibus a diesel no Brasil, 2000-2020	21
Gráfico 3	Licenciamento de novos ônibus a diesel por empresa, 2000-2020	21
Gráfico 4	Participação no Licenciamento de novos ônibus por empresas, 2020	22
Gráfico 5	Produção de carrocerias de ônibus a diesel, 2005-2020	23
Gráfico 6	Participação na produção de carrocerias de ônibus a diesel por empresa, 2020	23
Gráfico 7	Exportações totais de ônibus a diesel (chassis) no Brasil, 2000-2020	24
Gráfico 8	Exportações de carrocerias de ônibus a diesel, 2005-2020	24
Gráfico 9	Participação das exportações por países de destino, 2020	25
Gráfico 10	Evolução dos passageiros equivalentes transportados (viagens realizadas) por mês nos sistemas de ônibus urbanos, 2013-2019	26

Gráfico 11	Impactos da COVID-19 no transporte público por ônibus: redução no número de passageiros transportados e redução da oferta dos serviços, março 2020-abril 2021	27
Gráfico 12	Impactos da COVID-19 no transporte público por ônibus: prejuízos do setor em milhões de reais, março 2020-abril 2021	28
Gráfico 13	Total de ônibus elétricos na América Latina por tipo de veículo e fabricante, julho de 2021	33
Gráfico 14	Crescimento do número de ônibus elétricos na América Latina, 2017-julho de 2021	34
Gráfico 15	Ônibus elétricos na América Latina por fabricante	34
Gráfico 16	Número de ônibus elétricos no Brasil e localização relacionada, julho 2021.....	44
Gráfico 17	Resultados consolidados cronogramas entregues pelos operadores de transporte público de São Paulo.....	54
Gráfico 18	Cenário mercado BAU	58
Gráfico 19	Cenário mercado moderado	59
Gráfico 20	Cenário mercado ideal	60
Gráfico 21	Investimento global em ônibus elétricos	64
Gráfico 22	Estimativa de investimentos em ampliação da capacidade produtiva em ônibus elétricos no Brasil.....	67
Gráfico 23	Capacidade produtiva estimada – cenário BAU.....	68
Gráfico 24	Capacidade produtiva estimada – cenário moderado.....	68
Gráfico 25	Capacidade produtiva estimada – cenário ideal	69
Gráfico 26	Investimentos na expansão da frota de ônibus elétricos à bateria no Brasil, no cenário business as usual	87
Gráfico 27	Decomposição dos empregos gerados no cenário BAU.....	88
Gráfico 28	Investimentos na expansão da frota de ônibus elétricos a bateria no Brasil, no cenário moderado.....	90
Gráfico 29	Decomposição dos empregos gerados no cenário moderado.....	92
Gráfico 30	Investimentos na expansão da frota de ônibus elétricos à bateria no Brasil, no cenário ideal	94
Gráfico 31	Decomposição dos empregos gerados no cenário ideal	96
Boxes		
Boxe 1	Caso de implementação de ônibus elétricos a bateria em Santiago de Chile	36
Boxe 2	Caso de implementação de ônibus elétricos a bateria em Bogotá (Colômbia).....	37
Diagrama		
Diagrama 1	Metas de implementação de ônibus elétricos na América Latina.....	35

Lista de siglas e abreviaturas

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BEB	<i>Battery Electric Bus</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CBL	Companhia Brasileira de Lítio
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CKD	<i>Completely Knock Down</i>
CODEMGE	Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais
EMDEC	Empresa Municipal de Desenvolvimento Econômico de Campinas
FABUS	Associação Nacional de Fabricantes de Ônibus
FCEB	<i>Fuel Cell Electric Bus</i>
FIEP	Federação das Indústrias do Estado de Paraná
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
FOB	<i>Free On Board</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GNV	Gás Natural Veicular
HEB	<i>Hybrid Electric Bus</i>
HVO	<i>Hydrotreated Vegetable Oil</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ITEEM	Instituto Edson Mororó Moura
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
MaaS	<i>Mobility as a Service</i>
MCI	Motor a Combustão Interna
NDC	Contribuições Nacionalmente Determinadas
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
P4G	Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030
PHEB	<i>Plug-In Hybrid Electric Buses</i>
PIA	Pesquisa Industrial Anual
PNA	Plano Nacional de Adaptação
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PROCONVE	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RENOVABIO	Política Nacional de Biocombustíveis
SPTRANS	São Paulo Transportes
VLT	Veículos Leves sobre Trilhos

Resumo

Nota-se atualmente um momento ímpar de reflexão e prospecção de alternativas e aperfeiçoamento da mobilidade urbana. Acelerado principalmente nos últimos dez anos, esse processo tem tido como palco as grandes cidades, conglomerados urbanos e as capitais globais. Entendido numa perspectiva global, este processo tem considerado tanto a diversificação das formas que as pessoas e bens podem se mover no espaço e território urbano, bem como o tipo de tecnologia e sistema de propulsão que pode ser empregado para tal fim. A eletrificação é uma alternativa promissora para o alcance de uma mobilidade de baixo-carbono do transporte público, onde a redução de emissões e impactos no meio ambiente e na saúde pública, tem se colocado como alvos e objetivos a serem alcançados. O Brasil tem grande potencial para o desenvolvimento da cadeia produtiva da eletromobilidade pública.

Introdução

Nota-se atualmente um momento ímpar de reflexão e prospecção de alternativas e aperfeiçoamento da mobilidade urbana. Acelerado principalmente nos últimos dez anos, esse processo tem tido como palco as grandes cidades, conglomerados urbanos e as capitais globais.

Entendido numa perspectiva global, este processo tem ponderado tanto a diversificação das formas que as pessoas e bens podem se mover no espaço e território urbano, bem como do tipo de tecnologia e sistema de propulsão que pode ser empregado para tal fim.

Na linha da diversificação, enxergam-se exemplos em curso, como a ampliação da micromobilidade e a expansão da mobilidade como serviço (MaaS - *mobility as a service*, em inglês), representada pela liberdade de escolha, entre os diversos modais disponíveis, de como se deslocar de um ponto a outro.

Nessa linha, um elemento de destaque que se coloca numa franca transformação é o transporte público, único do seu tipo, que é ofertado via força de lei e tem regulação/operação com participação da esfera pública. Enxerga-se nesta linha das mudanças, uma tentativa de reposicionamento do transporte público via ônibus urbanos, que anseia por uma maior integração no sistema, melhor qualidade ao serviço prestado, acessibilidade aos clientes e mais inteligência operacional.

Em consonância a esta “reinvenção” da operação, verifica-se uma efervescência na prospecção e aplicação de novas tecnologias nos ônibus urbanos baseadas na eletrificação veicular, como um dos elementos da que se compõe a mobilidade de baixo-carbono.

A eletrificação é uma alternativa promissora para o alcance de uma mobilidade de baixo-carbono do transporte público, onde a redução de emissões, com a ponderação dos impactos no meio ambiente e na saúde pública, tem se colocado como alvos e objetivos a serem alcançados. Para isso, a aplicação de tecnologias como motores elétricos, baterias e recombinações tecnológicas híbridas, por exemplo, se colocam como componentes fundamentais para o alcance deste objetivo.

Este processo de eletrificação do transporte público se encontra em marcha e ampliação. Por exemplo, segundo o EV Outlook 2021, o estoque mundial dos ônibus elétricos a bateria foi de 600.000 unidades em 2020. A China continua sendo o maior mercado de ônibus elétricos a bateria com aproximadamente 98% do mercado mundial. Em 2020 a China teve vendas de 78.000 unidades que correspondem a um aumento

do 9%. No âmbito local, tem destaque a cidade de Shenzhen com toda sua frota de transporte público elétrica que corresponde a 16.500 ônibus elétricos a bateria (IEA, 2021a). Outro exemplo ascendente é o mercado europeu, que teve 2.100 ônibus elétricos registrados em 2020 (duas vezes mais que 2019).

Quando se observa esses países, regiões e cidades com maior dinâmica econômica e maior pujança nas atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, uma questão emerge: como está se posicionando o contexto latino-americano nessa rota da eletrificação do transporte público? Que tipo de mercado está sendo explorado? Quais são as diferenças do sul global latino-americano perante estes outros locais mais desenvolvidos economicamente?

Ao olhar para América Latina, verifica-se também um crescimento da introdução das tecnologias de ônibus elétricos, via importação de produtos principalmente da China. De fato, o contexto latino-americano tem demonstrado convergência ao compartimento internacional e mostra envergadura relevante na difusão tecnológica. Pois, é uma das regiões fora da China com maior crescimento na frota de ônibus elétricos a bateria. Segundo a Plataforma E-Bus Radar (2021), que monitora as frotas de ônibus elétricos a bateria nas cidades latino-americanas, até julho de 2021, América Latina tinha um total de 2.473 ônibus elétricos, dos quais, o 64% correspondem a ônibus elétricos a bateria de diferentes tamanhos, e o 36% restante a trólebus, que se apresentam em cidades como São Paulo e a Cidade do México

Chile e Colômbia lideram o mercado de ônibus elétricos a bateria, com frotas representativas circulando em Santiago de Chile e Bogotá. O crescimento da frota de ônibus elétricos está sendo facilitado pela criação de novos modelos de negócio que têm permitido a participação de novos atores como as empresas de energia elétrica. Além disso, o crescimento do número de ônibus de baixa-emissão na região tem sido apoiado pela implementação de Estratégias/Leis/Planos Nacionais de estímulo à mobilidade elétrica, os quais priorizam e estabelecem metas específicas para a transição à mobilidade de baixo-carbono.

Trazendo essa discussão ao caso brasileiro, verifica-se um grau de difusão tecnológica que também avança, mas em menor intensidade. Pois, o número de ônibus elétricos a bateria em circulação posiciona-se numa ordem de grandeza de 50 unidades e está associada, principalmente, a projetos piloto e demonstrativos. Estes projetos funcionam como experimentos ou “lócus de aprendizagem”, para os diferentes atores que participam, incluindo governos locais, empresas de energia, universidades, centros de P&D, empresas de ônibus e de componentes, operadores de frota, entre outros e são financiados por entidades do governo nacional.

Contudo, há grande preocupação no caso brasileiro do lado da oferta, representada pela cadeia produtiva de ônibus no Brasil. Pois, enxerga-se uma difusão acelerada no contexto latino-americano dos ônibus elétricos, o qual o Brasil não tem participado ofertando produtos com conteúdo local. Esse espaço, historicamente liderado pelo Brasil perante a exportação de ônibus a diesel para os países latino-americanos, passa a perder protagonismo e participação frente a entrada de produtos elétricos de outras empresas e regiões do globo. Este movimento, pode levar a uma perda de competitividade da indústria de ônibus instalada no Brasil, que ainda não tem uma indústria consolidada de ônibus elétricos que possa competir com os produtos da China, por exemplo.

Acrescenta-se aos fatos mencionados que a indústria nacional de ônibus, que já vinha perdendo tração por conta das crises econômicas brasileiras nos últimos 10 anos, foi colocada em xeque e desidratada consideravelmente devido à pandemia. A COVID-19 caracterizou-se como um acontecimento ímpar em escala global para o ano de 2020 e 2021¹. Considerando sua abrangência e propagação acelerada, este fenômeno viral impactou diretamente sociedades e economias nacionais de forma direta. Tendo em vista o amplo conjunto de setores e segmentos atingidos, o setor de ônibus não prescindiu destes impactos e foi afetado de diversas maneiras. Por exemplo, na diminuição do número diário de passageiros, e conseqüentemente, na diminuição da arrecadação da tarifa e remuneração pelo serviço prestado. Reduziu-se em 2020 aproximadamente 70% dos passageiros, resultando na retração de 30% a 40% nas receitas obtidas, em média, nas cidades brasileiras.

¹ Ainda que tenha sido identificada ao final de 2019 na China, foi no início de 2020 que este acontecimento tomou ampla difusão nos países e alcançou os patamares de proliferação que caracterizam uma pandemia.

Nesse sentido, fica claro que o setor de ônibus elétrico no Brasil terá que se reinventar quanto à sua produção e operação. Ao olhar estes desafios colocados de ordem econômica, social e ambiental e a necessidade de parametrização do sistema, vemos de fato um espaço para reformulação da estrutura produtiva que poderá aproveitar essa janela de oportunidade atual para a transição aos ônibus elétricos, capturando os mercados latino-americanos bem como ofertando soluções no âmbito nacional. De fato, está em jogo uma escolha pela manutenção da competitividade nacional no setor e que passa a incorporar cada vez mais, novas tecnologias de propulsão veicular.

Vale enfatizar que este estudo se apoia numa díade de fontes secundárias e fontes primárias a partir dos dados coletados pelas entrevistas. Os resultados de cada uma destas frentes se somam e servem de insumos para a compreensão da dinâmica dos ônibus urbanos no Brasil. A tabela 1 detalha, especificamente por capítulo, os passos metodológicos adotados para o cumprimento dos objetivos do estudo.

Tabela 1
Detalhamento dos procedimentos metodológicos por capítulo de projeto

Bloco	Conteúdos cobertos	Procedimentos metodológicos
Capítulo I	<ul style="list-style-type: none"> • Cadeia produtiva de ônibus urbanos a diesel no Brasil. • Produção e licenciamento de ônibus a diesel no Brasil. • Mercado internacional dos ônibus a diesel fabricados no Brasil. • Transporte público coletivo por ônibus no Brasil. • Impacto da COVID-19 no transporte público coletivo (passageiros transportados, impacto das operadoras). 	Revisão de fontes secundárias: <ul style="list-style-type: none"> • Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2021 da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). • Estatísticas da Associação Nacional de Fabricantes de Ônibus (FABUS). • Estatísticas de Comércio Exterior do Ministério de Economia. • Relatórios da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU) e da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), entre outros referenciados ao longo do texto.
Capítulo II	<ul style="list-style-type: none"> • Tipologia dos ônibus de baixa-emissão. • Contexto internacional, regional e nacional do mercado dos ônibus de baixa-emissão. • Cadeia produtiva/valor dos ônibus de baixa-emissão no Brasil. • Projetos demonstrativos de ônibus de baixa-emissão no Brasil. • Políticas que impactam o desenvolvimento do mercado de ônibus de baixa-emissão e de ônibus a diesel no Brasil. 	Revisão de fontes secundárias: <ul style="list-style-type: none"> • EV Outlook 2021. • Teses de doutorado sobre mobilidade elétrica. • Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica. • Plataforma E-Bus Radar. • Websites de empresas relacionadas com a mobilidade elétrica. • Documentos de políticas públicas sobre mudanças climáticas, mobilidade urbana, biocombustíveis, indústria automobilística e mobilidade elétrica. • Artigos científicos. • Fontes primárias: Entrevistas com os principais players da mobilidade elétrica no Brasil.
Capítulo III	<ul style="list-style-type: none"> • O mercado diesel P7/Euro V. • O mercado diesel P8/Euro VI. • Expectativas de Produção e Exportação. • Impactos dos ônibus elétricos na demanda. • Disponibilidade de Tecnologias para ônibus de baixa-emissão na cadeia produtiva. • Rotas para o Brasil. • Investimentos na cadeia produtiva. • Impactos na Cadeia Produtiva. • Sistemas de carregamento. • Capacidade produtiva para atender demandas das cidades. • Tendências dos mercados nacional e exportação. • Retrofit. 	Revisão de fontes secundárias: <ul style="list-style-type: none"> • Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2021 da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). • Estatísticas da Associação Nacional de Fabricantes de Ônibus (FABUS). • Relatórios da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU) e da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), entre outros referenciados ao longo do texto. • Websites de empresas relacionadas com a mobilidade elétrica. • Legislações e normas sobre mobilidade elétrica. • Fontes primárias: entrevistas com os principais players da mobilidade elétrica no Brasil.

Tabela 1 (conclusão)

Bloco	Conteúdos cobertos	Procedimentos metodológicos
Capítulo IV	<ul style="list-style-type: none"> • Principais investimentos na cadeia produtiva de ônibus elétricos no Brasil e no mundo. • Cenários de investimento em ampliação da capacidade produtiva. • Estimativa do peso da eletrificação do transporte público sobre a economia brasileira. • Instrumentos de financiamento das atividades produtivas e operacionais à disposição no Brasil e no mundo. • Aspectos qualitativos das transformações no capital humano necessários para a eletrificação do transporte público e do adensamento da cadeia produtiva de ônibus de baixa emissão. 	<p>Projeções de investimento a partir dos cenários propostos no Capítulo III</p> <p>Revisão de fontes secundárias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IEA - EV Outlook 2021. • IEA - Global EV Policy Explorer • BloombergNEF - Energy Transition Investment Trends 2021. • Relatórios de avaliação técnico-econômica de ônibus elétricos no Brasil e no mundo. • Websites do BNDES, Aliança Zebra, Missão TUMI, Banco Mundial, BID, AfD etc. • Websites de empresas do setor e de notícias relacionadas aos temas do capítulo. • CET - A Zero-Emission Transition for the U.S. Transit Fleet • Artigos científicos. • Fontes primárias: entrevistas com os principais players da mobilidade elétrica no Brasil.
Capítulo V	<ul style="list-style-type: none"> • Inserção do setor de ônibus elétricos à bateria na matriz de insumo produto (MIP). • Mensuração dos multiplicadores do setor de ônibus elétricos à bateria. • Elaboração dos choques de investimento e demanda relacionados à expansão do setor de ônibus elétricos à bateria e choques de demanda negativos, relacionados à redução do setor de ônibus à diesel. • Projeção dos impactos econômicos via simulações no modelo de insumo produto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de fontes primárias e secundárias para a desagregação setorial. • Miller and Blair (2009). • Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2015 da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). • Pesquisa Industrial Anual - PIA (2015). • Relação Anual de Informações Sociais - RAIS (2015). • Matriz de Insumo Produto do Brasil (2015) - IBGE (2018). • Artigos científicos. • Manuais de modelos de insumo produto.
Capítulo VI	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação das principais barreiras: tecnológicas, financeiras (modelos de negócio), governança. • Identificação das principais oportunidades para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil. • Agendas estratégicas e ações necessárias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão dos principais insights do Capítulo I e II • Resultados das entrevistas com os principais players da mobilidade elétrica do Brasil. • Revisão dos principais insights do Projeto

Fonte: Elaboração própria.

I. Panorama da cadeia produtiva, mercado nacional e regional de ônibus urbanos a diesel fabricados no Brasil

Este primeiro capítulo apresenta o contexto do mercado nacional e regional dos ônibus urbanos fabricados no Brasil. A primeira parte do capítulo demonstra caracterização da cadeia produtiva de ônibus urbanos a diesel no Brasil e seus principais players. Posteriormente, se apresentam as principais estatísticas do comportamento da indústria e do mercado nacional e externo dos ônibus fabricados no Brasil. Na sequência, descreve-se os principais mercados de exportação e os acordos comerciais que o Brasil tem para a exportação de veículos pesados. Finalmente, se apresentam as estatísticas relacionadas com os sistemas de transporte público por ônibus no Brasil e o impacto da Pandemia da COVID-19 no número de passageiros transportados e nas operadoras de transporte público.

A. Cadeia produtiva de ônibus urbanos a diesel no Brasil

A cadeia produtiva é um instrumento de visão sistêmica que permite identificar as diferentes etapas da produção de bens e os serviços associados até chegar ao consumidor final. Assim, o conceito de cadeia produtiva estabelece a interconexão entre os diferentes atores e players ligados a uma atividade e a sinergia entre eles (FIEP, 2010).

Para a construção da cadeia produtiva de ônibus urbanos no Brasil, utilizou-se como referência o Rol de Cadeias Produtivas do Complexo Automotivo elaborado pela FIEP (2010). A fabricação de ônibus é uma das principais atividades produtivas da Indústria Automobilística Brasileira. Os principais elos da cadeia produtiva de ônibus estão divididos em dois tipos principais de atividades *upstream* e *downstream*. Como analogia à indústria do petróleo, as atividades *upstream* são aquelas que antecedem a montagem de ônibus e as atividades de *downstream* são as atividades de logística e de mercado que permitem o transporte dos ônibus até os consumidores finais.

O primeiro elo da cadeia corresponde aos principais insumos e matérias primas utilizadas para a fabricação de autopeças e componentes para ônibus, como produtos metalúrgicos, químicos, borracha, não metálicos e madeira. Estes insumos são utilizados para outros segmentos da indústria automobilística, assim como outras cadeias produtivas.

Os seguintes elos da cadeia representam os diferentes níveis de fornecedores que vão do Nível 3 (Tier 3) até os fornecedores do Nível 1 (Tier 1) segundo sua proximidade com as empresas montadoras de ônibus. Os fornecedores do Nível 3 é formado por empresas de autopeças com baixo grau de complexidade como forjados, fundidos, estampados, artefatos de borracha, vidros, produtos não metálicos e plásticos.

Os fornecedores do Nível 2 (Tier 2) também se dedicam à fabricação de autopeças e sistemas com maior grau de complexidade como pneumáticos, motores, baterias, autopeças, sistemas de combustível, sistemas de frenagem, eixos, suspensão e componentes eletroeletrônicos.

Os fornecedores do Nível 1 (Tier 1) se caracterizam pelo fornecimento direto às montadoras e ônibus, os quais foram divididos em duas categorias: empresas de carrocerias e sistemistas. As empresas de carrocerias se dedicam à fabricação da estrutura externa do ônibus. As principais empresas de carrocerias do Brasil são o Grupo Marcopolo e suas empresas associadas Volare e Neobus; Comil; Mascarello; Busscar; Caio e Irizar. Estas empresas fazem parte da Associação Nacional de Fabricantes de Ônibus (FABUS) e se caracterizam por serem empresas com capital nacional e com filiais em várias regiões do mundo.

Na segunda categoria dos Fornecedores Nível 1, estão as empresas sistemistas e integradores que fornecem diretamente às montadoras autopeças mais complexas e sofisticadas como sistemas de diferencial, transmissão, eletroeletrônicos e *powertrain*. Algumas das empresas mais representativas nesta categoria e que se caracterizam por serem empresas multinacionais são: Eaton, Allison, ZF, Dana, Meritor, Maxion, Magneti Marelli, Bosch; Cummins, MWV, Valeo, Continental, entre outras.

O principal eixo da cadeia corresponde às empresas fabricantes de chassis de ônibus que é a estrutura interna do ônibus e integra todos os componentes mecânicos.

As empresas de chassis de ônibus que atuam como montadoras são empresas de grande porte e de capital estrangeiro. Neste segmento estão a Mercedes Benz (Alemanha), MAN VW Caminhões e Ônibus (Alemanha), Scania² (Suécia), Volvo (Suécia) e Iveco³ (Itália) as quais fornecem chassis para ônibus urbanos, rodoviários, fretados e transporte escolar. A empresa Agrale é a única de capital nacional com foco na produção de microônibus e midibus⁴.

A partir da montagem dos ônibus, começam as atividades de *downstream* que correspondem à logística de comercialização de ônibus, peças e acessórios no mercado nacional e internacional, salientando que o Brasil não importa ônibus a diesel. Nesta parte da cadeia também se encontram os bancos e financeiras que são responsáveis pelo financiamento dos ônibus, principalmente para os operadores de frotas urbanas, as empresas seguradoras e as concessionárias e empresas de revenda de ônibus. Além disso, as empresas que prestam seus serviços reparação, manutenção, retífica e centros automotivos para os consumidores finais também são um componente importante da cadeia produtiva de ônibus.

Finalmente, o último elo da cadeia corresponde aos clientes finais tanto no mercado externo como interno. No mercado interno, os principais clientes são o governo federal e os governos locais, principalmente para o segmento de ônibus urbanos e ônibus escolares, operadores de frota urbana e empresas de transporte rodoviário.

² No início de 2019 foi criado o Grupo Traton que controla as empresas Scania, Volkswagen Caminhões e ônibus e Caminhões MAN.

³ Iveco é uma empresa subsidiária da CHN Industrial.

⁴ Midibus é uma categoria de veículo com tamanho intermediário entre o minibus e um ônibus convencional, podendo ter entre 8 e 11 metros de comprimento.

É importante salientar que no segmento de ônibus urbanos há tipologias de ônibus com diferentes tamanhos e capacidade de passageiros transportados. Cada tipo de ônibus tem que cumprir com um conjunto de padrões técnicos e características básicas para operar nas cidades, de forma a garantir condições de segurança, conforto e mobilidade aos seus condutores e passageiros. Os padrões técnicos pelo geral são definidos pelas Prefeituras Municipais através das Secretarias de mobilidade e das empresas gestoras do sistema de transporte público coletivo. Na tabela 3 se apresenta a tipologia de ônibus urbanos para São Paulo. As características do cumprimento dos ônibus e passageiros transportados seguem um padrão internacional.

Feita esta caracterização geral da cadeia, pode-se entender o arranjo existente e já consolidado no Brasil para os ônibus urbanos. E como tem se dado este comportamento produtivo ao longo dos anos? Quais tem sido os números associados ao licenciamento e mercado interno? Estas indagações são discutidas pela próxima seção que trata de abordar e quantificar estas perspectivas associadas.

B. Produção e licenciamento de ônibus a diesel no Brasil

Conforme apontado na contextualização precedente, faz-se necessário reforçar que a fabricação de ônibus no Brasil é umas das principais atividades produtivas da Indústria Automobilística Brasileira e tem impacto importante na geração de emprego e de renda. Na tabela 2 se apresenta o valor da renda e o número de pessoas ocupadas nas atividades relacionadas com a fabricação de ônibus.

Tabela 2
Renda e pessoal ocupado nas atividades de fabricação dos componentes estruturais dos ônibus

Classificação IBGE	Descrição	Renda (R\$/ano de 2018)	No. de pessoas ocupadas
2920	Fabricação de caminhões e ônibus	9 112 868 609	15 729
2920.2080	Chassis com motor para ônibus	4 104 819 251	7 085
2920.2100	Ônibus, inclusive CKD	1 173 623 751	2 026
2930.2050	Carrocerias para ônibus	3 834 425 608	6 618

Fonte: ANTP (2020) com dados do IBGE (Novembro de 2019).

Tabela 3
Tipologia de ônibus urbanos utilizada no sistema de transporte público coletivo de São Paulo

Tipo de ônibus urbano	Peso bruto total mín. (Ton)	Comprimento total (m)	No. de portas	Passageiros sentados (média)	Área de passageiros em pé (m ²)	Capacidade total (média)	
Miniônibus	9	8,6 a 9 m	2	20 (Ref. 8,6 m)	3,40	35	
Midiônibus	14	9,6 a 11,5 m	3	25 (Ref. 9,6 m)	4,70	54	
				33 (Ref. 11,2m)	5,70	68	
Básico	16	11,5 a 12,5 m	3	35 (Ref. 12,5m)	6,40	74	
Padron	16	12,5 a 15 m	4	32 (Ref.13,3 m)	9,4	87	
				5	38 (Ref. 15 m)	11,8	110
Padron Elétrico a Bateria	16	12,5 a 15 m	3	30 (Ref. 12,9m)	6,9	72	
				4	25 (Ref.12,9 m)	7,42	71
					5	38 (Ref. 15 m)	8,84

Tabela 3 (conclusão)

Tipo de ônibus urbano	Peso bruto total mín. (Ton)	Comprimento total (m)	No. de portas	Passageiros sentados (média)	Área de passageiros em pé (m ²)	Capacidade total (média)
Trólebus*	16	12,5 a 15m	n.d	34 (Ref. 12,5m)	n.d	82
			n.d	45 (Ref. 15 m)	n.d	97
Articulado	26	18,2 a 23 m	6	37 (Ref. 18,5 m)	15,2	129
				54 (Ref. 23 m)	19,8	174
Biarticulado	36	< 27 m	6	53 (Ref. 27,1 m)	24	198

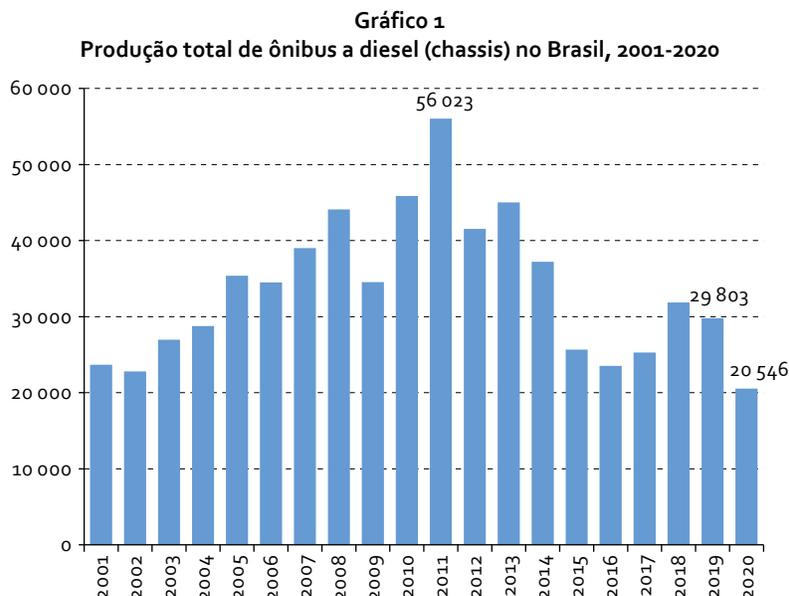
Fonte: Manual dos Padrões Técnicos de Veículos SPTrans (SPTRANS; Secretaria de mobilidade e transportes cidade de São Paulo, 2019; SPTRANS; Secretaria de mobilidade e transportes prefeitura de São Paulo, 2018).

Notas: Todos os ônibus urbanos devem ter 1 área reservada para cadeira de rodas.

n.d: Informação não disponível.

* As informações sobre as características dos trólebus foram extraídas da empresa Eletra (ELETRA, 2021a).

Em relação as principais estatísticas da indústria de ônibus, o Gráfico 1 apresenta a dinâmica da produção total de ônibus a diesel que inclui ônibus montados e desmontados (CKD) no período (2001-2020).



Fonte: Elaboração própria a partir de (ANFAVEA, 2021).

O período 2000-2011 teve um crescimento importante na produção de ônibus a diesel, alcançando uma marca histórica de 56.023 unidades produzidas em 2011; neste período só teve uma queda da produção no 2009, como consequência da crise econômica mundial. A partir do ano 2012 houve uma queda considerável na produção, com uma leve recuperação entre 2017-2019. A perspectiva da indústria era de recuperação para o ano 2020, de acordo com a ANFAVEA (2021), a projeção no início de 2020 era um crescimento nas vendas de 10%.

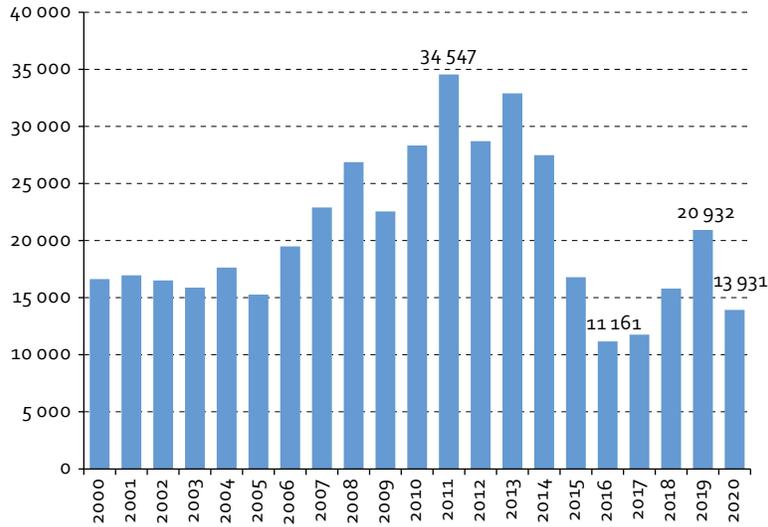
Contudo, a crise econômica gerada pela Pandemia da COVID-19 teve graves consequências na produção de ônibus com uma cifra de 20.546 unidades, a mais baixa dos últimos 20 anos. De fato, durante o 2020 e 2021, muitas empresas da cadeia produtiva de ônibus anunciaram a interrupção temporal das atividades produtivas por causa do agravamento da pandemia. O objetivo dos fechamentos temporais era "contribuir com a redução de circulação de pessoas e administrar a dificuldade de abastecimento de peças e componentes na cadeia de suprimentos" (Olhar Digital, 2021).

O licenciamento de novos ônibus a diesel está associado ao comportamento das vendas no mercado interno, principalmente para a manutenção da idade média da frota de ônibus urbanos das grandes cidades. A dinâmica do licenciamento durante o período (2000-2011) foi crescente alcançando um pico de aproximadamente 35.000 unidades no 2011 (vide gráfico 2).

A partir do ano 2012, se observa uma queda gradual no licenciamento de ônibus, alcançando a ordem de 11.161 unidades no ano 2016 o valor mais baixo do período. Esta queda no licenciamento foi consequência da crise econômica no Brasil que reduz o ritmo de renovação da frota e dificultou o financiamento de ônibus urbanos. No período 2017-2019 houve uma recuperação importante e para o ano 2019 as cifras foram de 20.932 ônibus licenciados, principalmente para o segmento de ônibus escolares do Programa "Caminho da Escola" que tem como objetivo renovar, padronizar e ampliar a frota de veículos escolares das redes municipal, do DF e estadual de educação básica pública (FNDE, 2021).

Contudo, a crise gerada pela pandemia, gerou uma queda expressiva no licenciamento de ônibus chegando a aproximadamente 14.000 unidades, principalmente porque o setor de transporte urbanos, metropolitanos e rodoviários está descapitalizado e muitas empresas cancelaram os planos de renovação de frota (Diário do Transporte, 2021a).

Gráfico 2
Licenciamento de novos ônibus a diesel no Brasil, 2000-2020

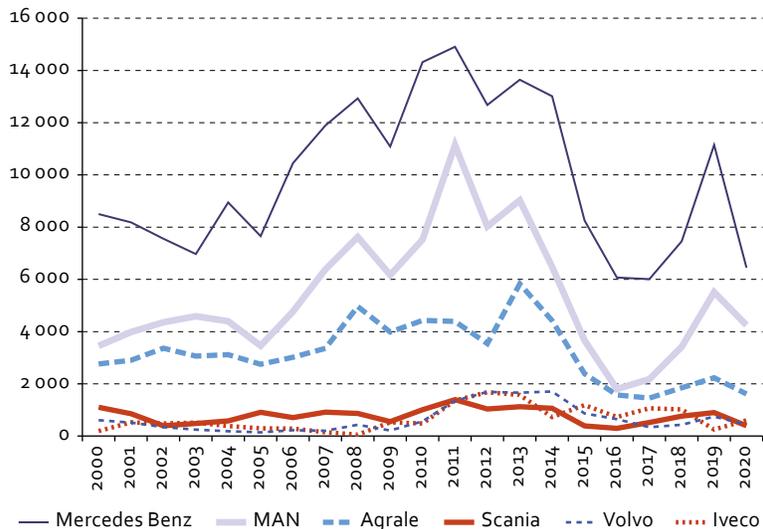


Fonte: Elaboração própria a partir de (ANFAVEA, 2021).

De acordo com nossos entrevistados da indústria de carrocerias e de ônibus elétricos, na retomada da economia pós-pandemia vai ser muito difícil voltar aos patamares de licenciamento de ônibus do período 2010-2014. De fato, conseguir ter uma estabilização do mercado com as cifras antes da Pandemia já vai ser positivo para a indústria de ônibus a diesel (chassis e carrocerias). Contudo, se espera ter um aumento na venda de ônibus a diesel em função da renovação de frota que não foi feita durante a pandemia.

No gráfico 3 se apresenta o licenciamento de novos ônibus diferenciados por empresas de chassis o que permite entender sua participação no mercado interno. Apesar da queda no volume de licenciamento desde o ano 2011, a empresa Mercedes Benz mantém a liderança, principalmente no segmento de ônibus urbanos. De fato, a participação da Mercedes Benz no licenciamento no ano 2020 foi de 47% (vide gráfico 4).

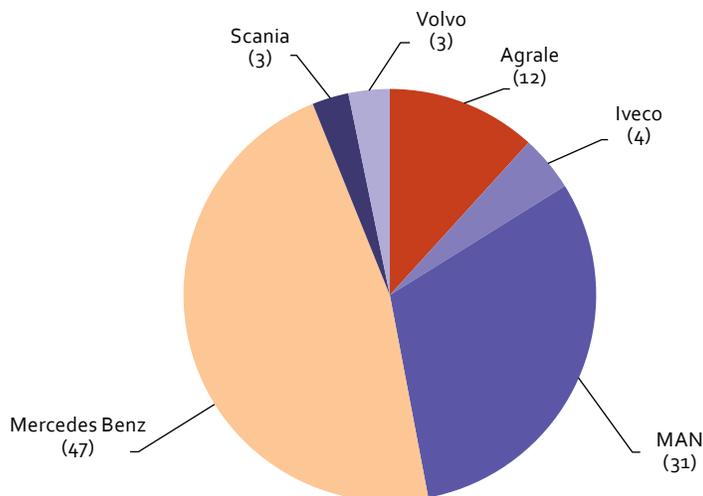
Gráfico 3
Licenciamento de novos ônibus a diesel por empresa, 2000-2020



Fonte: Elaboração própria a partir de (ANFAVEA, 2021).

No segundo lugar, está a empresa MAN VW com uma participação de 31% no ano 2020. A terceira posição é ocupada pela empresa Agrale com uma participação de 12%, principalmente no segmento de micro e midibus para operações urbanas, intermunicipais e de fretamento. Por sua vez, as empresas Iveco (4% participação), Scania (3%) e Volvo (3%) têm um comportamento e uma participação similar durante o período de análise (vide gráfico 4).

Gráfico 4
Participação no Licenciamento de novos ônibus por empresas, 2020
(Em porcentagens)



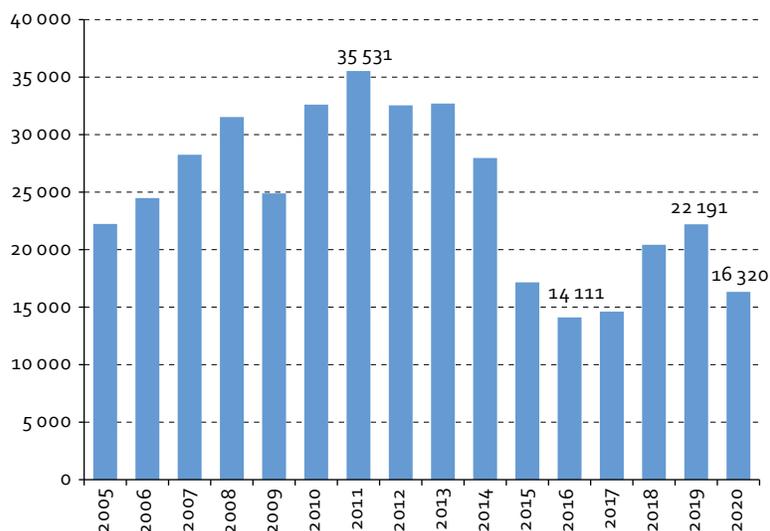
Fonte: Elaboração própria a partir de (ANFAVEA, 2021).

No que concerne à produção de carrocerias de ônibus a diesel, sua dinâmica está diretamente relacionada à produção de chassis. Segundo a FABUS⁵, durante o período (2005-2011) houve um crescimento expressivo, com exceção do ano 2009 como consequência da crise econômica mundial (Vide Gráfico 5). No período (2012-2014) houve uma queda gradual, mas que se acentuou no 2015 e 2016 como consequência da crise econômica do Brasil, como já foi explicado. No seguinte período (2017-2019) houve uma recuperação importante alcançando 22.000 unidades produzidas no 2019, principalmente no segmento de ônibus urbanos. Isto gerou expectativas positivas da recuperação econômica para o segmento no ano 2020, mas que foi afetada pela crise econômica da pandemia, chegando a produzir 16.320 unidades no último ano. Outra consequência da pandemia para as empresas de carrocerias foi o aumento de 65% no preço do aço e de 40% dos preços do alumínio e das espumas para banco, o que está associado ao aumento do dólar, já que estes insumos estão cotados na moeda norte-americana, razão pela qual as empresas fornecedoras destes insumos priorizam o mercado externo, gerando uma queda da oferta para o mercado nacional (ESTRADÃO, 2020).

Analisando a participação das empresas na produção de carrocerias para o ano 2020, é possível observar a liderança da empresa Marcopolo com o 42% do mercado, principalmente no segmento de ônibus urbanos (Vide Gráfico 6). A segunda posição é ocupada pela empresa Caio Induscar com o 22% de participação, principalmente no segmento de ônibus escolar, micro e midibus. A empresa Mascarello ocupa o terceiro lugar com uma participação de 13%. Posteriormente, está a empresa Neobus que faz parte do Grupo Marcopolo com uma participação de 10%. Com menor participação estão as empresas Comil (8%), Busscar (3%) e Irizar (2%).

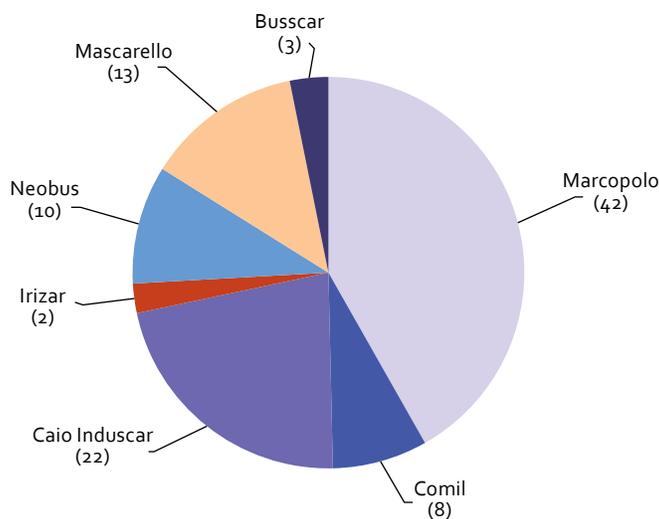
⁵ As estatísticas da Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus (FABUS) correspondem a suas empresas associadas: Marcopolo, Comil, Irizar, Caio Induscar, Neobus, Mascarello e Busscar.

Gráfico 5
Produção de carrocerias de ônibus a diesel, 2005-2020



Fonte: Elaboração própria com base em estatísticas da (FABUS, 2021).

Gráfico 6
Participação na produção de carrocerias de ônibus a diesel por empresa, 2020
(Em porcentagens)



Fonte: Elaboração própria com base em estatísticas da (FABUS, 2021).

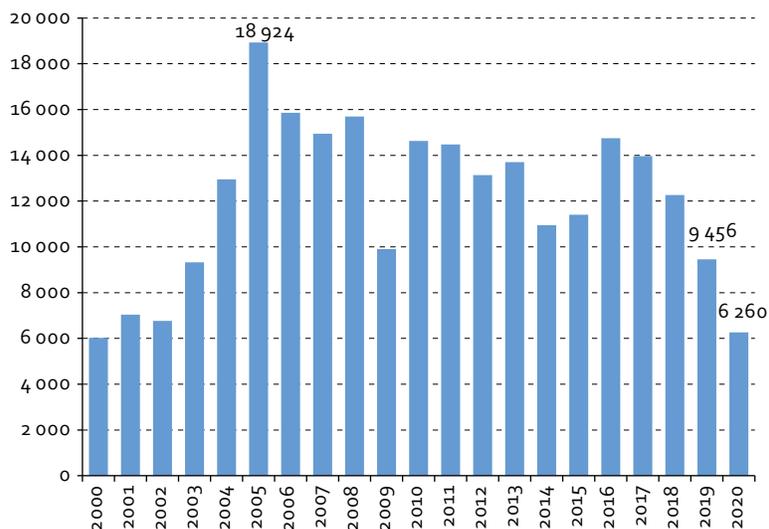
C. Mercado internacional dos ônibus a diesel fabricados no Brasil

Em relação ao comportamento das exportações de ônibus a diesel (chassis e carrocerias), o mercado externo sempre tem sido uma prioridade para este setor, principalmente para a região da América Latina.

O gráfico 7 apresenta a dinâmica das exportações das empresas de chassis no período (2000-2020). Durante 2000-2005 as exportações foram crescentes alcançando vendas de aproximadamente 19.000 ônibus em 2005, a maior cifra do período de análise. Apesar de que as exportações caíram a partir de 2006, no período (2005-2017) houve certa estabilidade no mercado externo com uma média de 13.500 unidades exportadas. Neste período houve queda consideráveis nas exportações nos 2009, 2014 e 2015 associados

às crises econômicas internacionais. No período 2019-2020 o volume de unidades exportadas esteve por debaixo das 10.000 unidades, alcançando a cifra de 6.260 unidades no 2020 como consequência da pandemia da COVID-19, a instabilidade econômica dos países da América Latina e a alta cotação do dólar.

Gráfico 7
Exportações totais^a de ônibus a diesel (chassis) no Brasil, 2000-2020

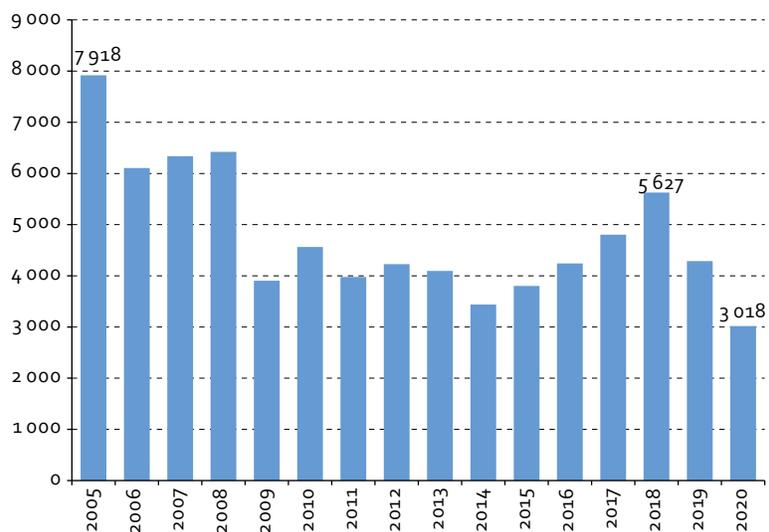


Fonte: Elaboração própria a partir de (ANFAVEA, 2021).

^a Montados e desmontados (CKD).

No que se refere às exportações de carrocerias, o comportamento no período (2005-2020) evidencia uma queda significativa passando de 7.918 unidades em 2005 para menos da metade (3.018 unidades) no 2020 (Vide Gráfico 8). A crise econômica internacional pode afetar ainda mais às empresas de carrocerias, dado que em muitos casos, as empresas brasileiras exportam exclusivamente os chassis, os quais são montados por empresas de carrocerias sediadas nos países de destino, principalmente da América Latina.

Gráfico 8
Exportações de carrocerias de ônibus a diesel, 2005-2020



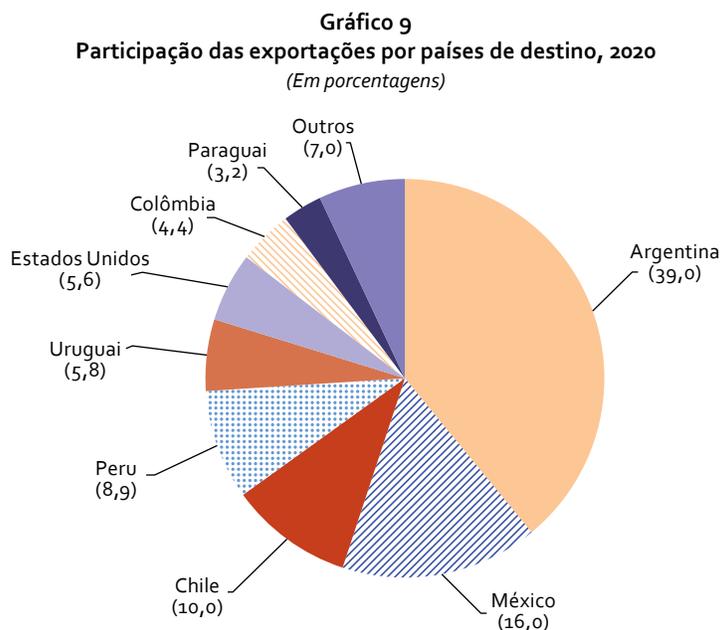
Fonte: Elaboração própria com base em estatísticas da (FABUS, 2021).

A queda no volume de exportações tanto para chassis como para as carrocerias de ônibus, além da crise gerada pela pandemia, está associada ao fato de que os produtos brasileiros estão perdendo competitividade no exterior. Isto pode estar associado ao que se conhece como “Custo Brasil” que indica uma elevada carga tributária, burocracia, e a uma infraestrutura logística desatualizada e ineficiente. Segundo ANFAVEA (2021), “a pandemia evidenciou a necessidade imediata de mudanças profundas nas estruturas tributárias e administrativas do governo, e também de reformas pontuais que removam entraves burocráticos, jurídicos e fiscais que pesam sobre os ombros do sistema produtivo”.

Durante o ano 2020 o valor das exportações deste segmento foi de US\$ 1.131,02 milhões tendo uma participação do 0,5% das exportações do Brasil e ocupando a posição 29 no ranking das exportações totais (valor FOB) SISTEMA COMEX STAT - COMEXVIS, (2021).

Segundo os dados do Sistema ComexVis, o principal destino das exportações de veículos pesados, incluindo os ônibus é América do Sul, com um Valor FOB de US\$ 815 milhões no ano 2020. Os países da América do Norte (Estados Unidos e México) ocupam o segundo destino das exportações com um valor de US\$ 239 milhões. Na terceira posição estão os países da África, principalmente África do Sul (US\$ 14,4 milhões). Seguidamente estão os países da América Central com um valor FOB de US\$ 15,4 milhões e Europa com Valor FOB US\$ 13,3 milhões. Com menor participação aparecem os países da Oceania, principalmente Austrália (US\$ 7,96 milhões), Oriente Médio (US\$ 2,84 milhões) e Ásia US\$ 760 mil).

Quando se analisam a participação das exportações deste segmento por países, Argentina é o principal destino com uma participação de 39% (US\$ 439 milhões). Isto se explica pelos benefícios associados aos Acordos de Complementação Econômica (ACE) do Mercosul e à Política Automotiva Comum entre Argentina e o Brasil. A segunda posição é ocupada pelo México com o 16% da participação (US\$ 176 milhões). Chile aparece no terceiro lugar com o 10% da participação das exportações (US\$ 115 milhões). Nas primeiras posições aparecem os demais países da América Latina, os quais tem demandado ônibus urbanos para a operação nos Sistemas BRT (*Bus Rapid Transit*) das principais cidades da região) (vide gráfico 9).



Fonte: Elaboração própria a partir das estatísticas do SISTEMA COMEX STAT - COMEXVIS, (2021).

O comércio exterior dos produtos associados à indústria automobilística brasileira é facilitado por um conjunto de Acordos Internacionais, principalmente pelos Acordos de Complementação Econômica (ACE) no marco do Mercosul, com nossos principais sócios comerciais como Argentina, Chile, Colômbia, Bolívia, entre outros.

D. Transporte público coletivo por ônibus no Brasil

Nesta seção se apresenta um contexto geral sobre o Transporte Público Coletivo por ônibus de Brasil, assim como os impactos derivados da pandemia da COVID-19 no número de passageiros transportados e o prejuízo financeiro das empresas operadoras de frota.

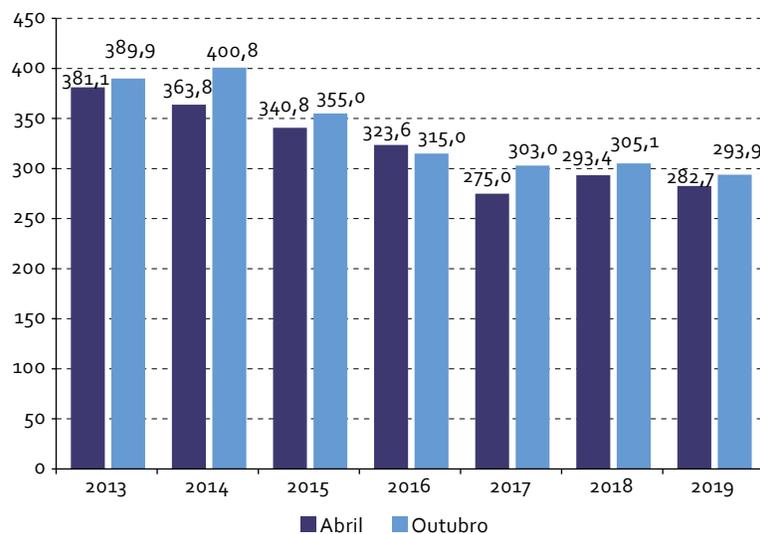
O transporte público coletivo no Brasil está composto principalmente por quatro modais de transporte: os ônibus urbanos e os trilhos urbanos que incluem o Metro, Trem e os VLT (veículos leves sobre trilhos). Contudo, são poucas cidades no Brasil que têm trilhos urbanos operando como sistema de transporte público.

Segundo dados da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), na distribuição das viagens por modo de transporte, a maioria é feita a pé (39%), no segundo lugar está o transporte coletivo (28%), automóveis (26%), motocicleta (4%) e bicicleta (3%). Das viagens feitas no transporte coletivo, 85,7% são realizadas via ônibus urbanos e o 14,3% restante em trilhos urbanos. Assim, os ônibus urbanos são o modo de transporte público coletivo mais representativo do Brasil.

No Brasil, 2.901 municípios são atendidos por serviços organizados de transporte público por ônibus, com uma frota total de 107.000 ônibus e uma frota operante de 98.975 ônibus, os quais são administrados por aproximadamente 1.765 empresas operadoras. Se estima que cada ônibus gera 3,2 empregos diretos para um total de 316.814 empregos, incluindo motoristas, cobradores e demais profissionais (NTU (associação nacional das empresas de transportes urbanos), 2021a).

Apesar da importância dos ônibus urbanos na mobilidade dos municípios brasileiros, a quantidade de viagens realizadas por passageiros pagantes do transporte público por ônibus tem uma tendência de queda. No período 2013-2019 a diminuição das viagens foi de 26,1% (vide gráfico 10).

Gráfico 10
Evolução dos passageiros equivalentes transportados (viagens realizadas) por mês nos sistemas de ônibus urbanos, 2013-2019



Fonte: (NTU, 2020).

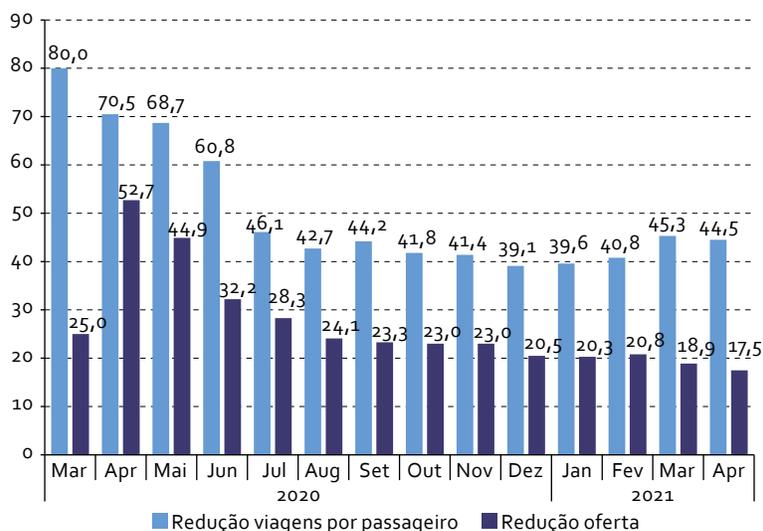
Esta queda de passageiros está associada ao uso de novos sistemas de transporte individual (aplicativos e serviços compartilhados), tarifa alta do serviço por ônibus e o aumento do transporte ativo (bicicleta, deslocamento a pé). Além disso, os usuários têm um série de questionamentos sobre a

qualidade do serviço, especificamente em relação ao tempo de espera para pegar o ônibus e o tempo do deslocamento, a capilaridade das linhas e redes insuficientes de corredores e faixas exclusivas, que fazem com que o serviço seja ineficiente em comparação a outros modos de transporte.

Segundo nossos entrevistados, o transporte de última milha (aplicativos) e o transporte individual têm ocupado um espaço importante do transporte público. No caso do transporte por aplicativos, estas empresas não têm os mesmos compromissos e obrigações dos operadores de frota.

A problemática na queda da demanda de passageiros dos ônibus urbanos, se incrementou pelo impacto da pandemia da COVID-19 por causa das restrições na mobilidade e o aumento do trabalho desde casa. No Gráfico 11 se apresenta a porcentagem da redução no número de passageiros (azul) e a redução da oferta dos serviços (azul escuro).

Gráfico 11
Impactos da COVID-19 no transporte público por ônibus: redução no número de passageiros transportados e redução da oferta dos serviços, março 2020-abril 2021
(Em porcentagens)



Fonte: (NTU, 2021b).

Durante as primeiras semanas da crise (16-21 de março de 2020), a quantidade de viagens realizadas por passageiros (demanda) chegou a cair 80% e a porcentagem da redução da demanda continuou na média de 70% em abril e maio de 2020. No período Julho/20-Abril/21 a média da redução das viagens foi de 42,5%.

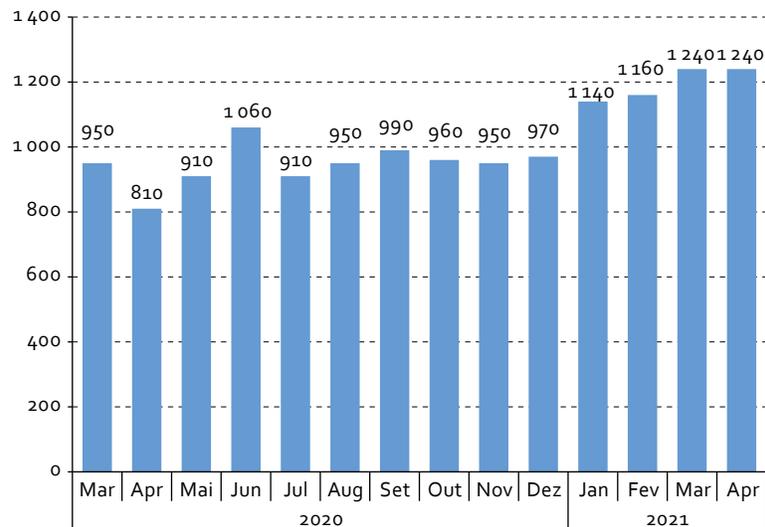
Em relação à oferta dos serviços, sempre foi inferior à queda da quantidade de viagens realizada (demanda) já que era necessário manter uma porcentagem da frota circulando para garantir as medidas de distanciamento social. A redução média do nível de serviço foi de 17,5% em abril/21.

Além disso, a queda do número de passageiros pagantes, provocou uma redução drástica da receita das operadoras. O Gráfico 12 apresenta o prejuízo mensal das operadoras de frota no período (16/03/21-30/04/21). Desde o começo da pandemia, o prejuízo real acumulado foi de R\$ 14,24 bilhões.

Segundo a NTU, (2021b), além do impacto financeiro houve consequências negativas relacionadas com a interrupção da prestação do serviço por parte das empresas operadoras⁶, encerramento de postos de trabalho, e greves, protestos e manifestações que ocasionaram a interrupção da oferta de serviços.

⁶ Tipos de interrupção da prestação do serviço: i) Suspensão das atividades: empresa operadora oficializou ao poder público a suspensão temporária das atividades por incapacidade de cumprir com o pagamento de salários ou com a compra de combustível, por exemplo; ii) Encerramento das atividades: empresa operadora oficializou o encerramento definitivo das atividades; iii) Intervenção na operação: poder público assume as responsabilidades de administração e operação da empresa operadora; iv) Suspensão de contrato: rompimento unilateral de contrato (NTU, 2021b).

Gráfico 12
Impactos da COVID-19 no transporte público por ônibus: prejuízos do setor em milhões de reais, março 2020-abril 2021



Fonte: (NTU, 2021b).

E. Considerações finais do capítulo

Esta primeira parte do estudo apresenta o cenário atual da indústria de ônibus a diesel fabricados no Brasil. A caracterização da cadeia produtiva de ônibus a diesel permitiu evidenciar a relevância do parque industrial instalado no país, com destaque para a participação de empresas nacionais de carrocerias e empresas estrangeiras montadoras de chassis. Esta indústria tem um impacto positivo na geração de renda e no número de pessoas ocupadas, tanto nos processos de fabricação dos componentes estruturais, como na prestação do serviço do transporte público.

Em relação ao comportamento da indústria de ônibus a diesel durante o período 2000-2011, houve um crescimento na produção de ônibus a diesel, tanto em chassis como nas carrocerias, assim como no número de ônibus licenciados. A partir do ano 2012 houve uma queda considerável na produção de ônibus a diesel e no licenciamento, com uma leve recuperação entre 2018-2019. Contudo, a crise econômica gerada pela Pandemia da COVID-19 teve um forte impacto nesta indústria alcançando os níveis mais baixos de produção e licenciamento dos últimos 20 anos.

No que se refere ao mercado externo, América Latina é o principal mercado de exportação de ônibus a diesel fabricados no Brasil, com destaque para Argentina, Chile, México e Colômbia. Estes países têm Acordos internacionais vigentes, com destaque para o Acordo de Complementação Econômica com a Argentina no marco do Mercosul. Contudo, o denominado "Custo Brasil" que está relacionado com a elevada carga tributária, burocracia, infraestrutura logística desatualizada e ineficiente, está afetando a competitividade internacional dos produtos fabricados no Brasil.

No que tange ao transporte público coletivo, os ônibus urbanos são o sistema mais representativo do país com o 85,7% das viagens. Contudo, desde o ano 2013, acontece uma queda expressiva no número de passageiros transportados, que aumentou ainda mais como consequência da Pandemia da COVID-19. Além disso, a pandemia provocou uma redução drástica de receita das operadoras e em alguns casos a interrupção da prestação do serviço.

Neste contexto de crise econômica e social gerada pela Pandemia da COVID-19 e a queda constante de passageiros do transporte público coletivo, este documento pretende apontar possíveis cenários de recuperação verde pós-pandemia, com foco em ônibus de baixa-emissão, cuja fabricação nacional pode ser uma alternativa para converter ao Brasil num Hub de exportação para países de América Latina, aproveitando o conhecimento deste mercado e as capacidades industriais instaladas no país.

Além disso, pensar na fabricação de ônibus de baixa-emissão pode ser chave tanto alavancar a indústria nacional e geração de emprego, como para melhorar a qualidade dos serviços de transporte público coletivo, e mitigar a queda do número de passageiros. A seguir, este estudo aprofunda nas características dos ônibus e baixa-emissão e as possibilidades da criação deste ecossistema no Brasil.

II. Ônibus de baixa-emissão: conceitos, visão de mercado internacional e ecossistema em construção no Brasil

Este capítulo apresenta os principais conceitos, visão de mercado internacional e o ecossistema dos ônibus de baixa-emissão no Brasil. Na primeira parte são apresentadas as diferentes arquiteturas dos ônibus de baixa-emissão e os principais sistemas de infraestrutura de recarga. No ítem B é apresentado o contexto internacional, regional e nacional do mercado dos ônibus de baixa-emissão. Posteriormente, se caracteriza a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão e a descrição dos principais players. No ítem D se descrevem os principais projetos demonstrativos e casos de sucesso da implementação dos ônibus de baixa-emissão nas cidades brasileiras. Finalmente, se apresenta um mapeamento das políticas públicas e instrumentos que impactam o desenvolvimento do mercado dos ônibus de baixa-emissão e dos ônibus a diesel no Brasil.

A. Definições e conceitos gerais acerca dos ônibus de baixa-emissão

A principal característica dos ônibus de baixa-emissão, também conhecidos como “ônibus limpos”, é o fato de gerar menos emissões de gases poluentes na atmosfera, em comparação aos ônibus a diesel (que cumprem com a normativa Euro V ou inferior) e apresentam melhor eficiência energética. A tipologia dos ônibus de baixa-emissão classifica-se em cinco categorias principais, de acordo aos combustíveis que utilizam e seus sistemas de tração e cujas principais características se apresentam a continuação (Bermúdez, 2018).

- **Ônibus com combustíveis fósseis de baixa-emissão:** são ônibus com Motor a Combustão Interna (MCI) mas com tecnologias de motor Euro VI que atendem as metas máximas de emissão definidas pelas Normas Euro. Nesta categoria também se classificam os ônibus movidos a Gás Natural Veicular (GNV) os quais precisam de uma infraestrutura especial de abastecimento.
- **Ônibus movidos com biocombustíveis:** são ônibus com MCI, mas que utilizam combustíveis alternativos como Biodiesel, Biometano e Diesel de Cana de Açúcar. As emissões de poluentes dependem de cada tipo e da mistura dos biocombustíveis, mas em comparação aos ônibus a diesel, suas emissões são menores.

- **Ônibus Híbridos (*Hybrid Electric Bus HEB*):** nesta categoria estão os ônibus híbridos convencionais que misturam um MCI (a diesel) com um motor elétrico. Os ônibus híbridos têm autonomia reduzida ou nula no modo elétrico. A função das baterias é apoiar o MCI nos momentos de maior demanda de potência (aceleração) e nos momentos de menor rendimento do motor. Os ônibus híbridos podem ter três configurações diferentes: paralelo, série ou série-paralelo⁷. Nesta categoria também se encontram os ônibus híbridos elétricos plug-in (*Plug-In Hybrid Electric Buses PHEB*) e os ônibus híbridos elétricos a etanol, que é considerada uma das alternativas para o mercado brasileiro dada a relevância nacional dos biocombustíveis.
- **Ônibus elétricos:** nesta categoria estão os ônibus elétricos a bateria (*Battery Electric Bus*), também denominados como ônibus elétricos puros, porque utilizam um conjunto de baterias para se movimentar. Os trólebus também, são considerados ônibus elétricos, mas a principal diferença é que utilizam um sistema de catenárias conectadas à rede aérea para abastecer-se de energia.
- **Ônibus com células de combustível a hidrogênio (*Fuel Cell Electric Bus*):** estes ônibus utilizam hidrogênio para produzir eletricidade numa célula a combustível. A eletricidade gerada é utilizada tanto para a propulsão, como para ser armazenada ao interior do ônibus por meio de baterias ou ultra condensadores. Estes ônibus precisam de uma infraestrutura especial para seu abastecimento. As células a combustível são muito eficientes e menos poluentes, mas seu custo ainda é elevado e não tem produção a escala.

Os sistemas de infraestrutura de recarga dos ônibus urbanos são classificados em dois tipos: i) Recarga rápida (*fast charging*), também conhecida como recarga de oportunidade; ii) Recarga lenta ou semi-rápida, também conhecida como recarga noturna (*overnight depot charging*) (IEA International Energy Agency, 2019)

A recarga de oportunidade instala a infraestrutura de recarga nos terminais, parapeitos ou durante as rotas dos ônibus. Este esquema é utilizado para ônibus com baixa autonomia e menor capacidade das baterias. Por sua vez, este tipo de recarga se classifica em dois tipos: pantógrafo ou sistemas indutivos. Os pantógrafos precisam de maior disponibilidade de espaço público para sua instalação, já que demandam uma subestação de energia dedicada. Os sistemas indutivos ainda estão em desenvolvimento e são de alto custo (ELECTROMOV, 2019).

Em relação à recarga lenta ou semirrápida, a infraestrutura é instalada nas garagens dos ônibus e as recargas são feitas durante a noite, quando os ônibus não estão em serviço. Este esquema se utiliza para ônibus com maior autonomia e capacidade das baterias. Para isto, se utilizam carregadores tipo *plug-in* que são os mais utilizados pelos ônibus elétricos urbanos. Uma grande vantagem deste tipo de carregamento é sua standardização, já que um mesmo carregador pode servir para vários modelos de ônibus elétricos (ELECTROMOV, 2019).

Segundo nossos entrevistados da indústria de ônibus de baixa-emissão e pesquisadores em mobilidade elétrica, no caso das cidades brasileiras, a recarga de oportunidade pode ser uma boa opção porque permite ter uma autonomia adequada, mas com um banco de baterias menor, o que pode reduzir o preço do ônibus elétrico. Contudo, é necessário avaliar quais são as melhores rotas para ser eletrificadas, ou as rotas que precisem recargas de oportunidade e determinar os pontos estratégicos para instalar os carregadores, com o alvo de melhorar o desempenho e autonomia dos ônibus elétricos.

⁷ Segundo a tipologia do sistema de propulsão, os ônibus híbridos podem ser: i) Paralelo: o motor elétrico e o MCI estão acoplados à transmissão e simultaneamente transmitem energia para movimentar as rodas; ii) Série: o motor elétrico é o único sistema de propulsão. O MCI e o gerador são utilizados para manter o estado da carga das baterias; iii) Série-paralelo: combina as características do sistema paralelo e série, o MCI e o motor elétrico estão acoplados à transmissão e às rodas, e também utilizam um gerador para verificar o estado da carga das baterias (YONG et al., 2015).

B. Contexto internacional, regional e nacional do mercado dos ônibus de baixa-emissão

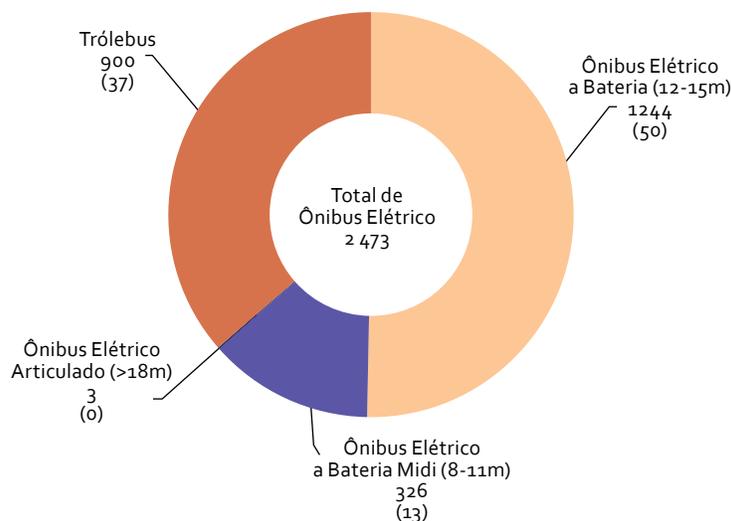
Segundo o EV Outlook 2021, o estoque mundial dos ônibus elétricos a bateria foi de 600.000 unidades em 2020. A China continua sendo o maior mercado de ônibus elétricos a bateria com aproximadamente 98% do mercado mundial. No 2020 a China teve vendas de 78.000 unidades que correspondem a um aumento do 9%. Tem destaque a cidade de Shenzhen com tem toda sua frota de transporte público elétrica que corresponde a 16.500 ônibus elétricos a bateria (IEA, 2021).

Por sua vez, a Europa teve 2.100 ônibus elétricos registrados no 2020, que corresponde ao dobro de 2019, sendo que o 4% do mercado de ônibus urbanos corresponde aos ônibus elétricos. No Caso dos Estados Unidos foram comercializados 580 ônibus elétricos, que evidenciam uma queda de 15% em comparação ao 2019 (IEA, 2021).

América Latina é uma das regiões fora da China com maior crescimento na frota de ônibus elétricos a bateria e trólebus. Segundo a Plataforma E-Bus Radar, que monitora as frotas de ônibus elétricos a bateria nas cidades latino-americanas, até julho de 2021, América Latina tinha um total de 2.473 ônibus elétricos, dos quais, o 64% correspondem a ônibus elétricos a bateria de diferentes tamanhos, e o 36% restante a trólebus, que ainda continuam sendo importantes em cidades como São Paulo e a Cidade do México (vide gráfico 13).

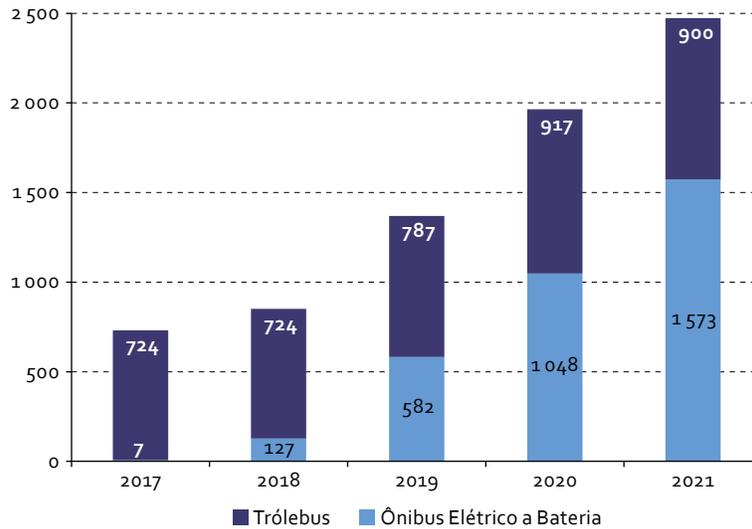
Se analisamos a evolução do número de ônibus elétricos na América Latina, no período 2017-julho 2021, o crescimento foi de 238%, sendo os ônibus elétricos a bateria os de maior crescimento no período, passando de 7 ônibus em 2017 para 1.563 até julho de 2021 (vide gráfico 14). Contudo, o número de ônibus elétricos corresponde ao 2,74% dos ônibus urbanos nas cidades que fazem parte da Plataforma E-Bus Radar.

Gráfico 13
Total de ônibus elétricos na América Latina por tipo de veículo e fabricante, julho de 2021
(Em quantidades e percentagens)



Fonte: E-Bus Radar (LABMOB (LABORATÓRIO DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL); UFRJ (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO), 2021).

Gráfico 14
Crescimento do número de ônibus elétricos na América Latina, 2017-julho de 2021

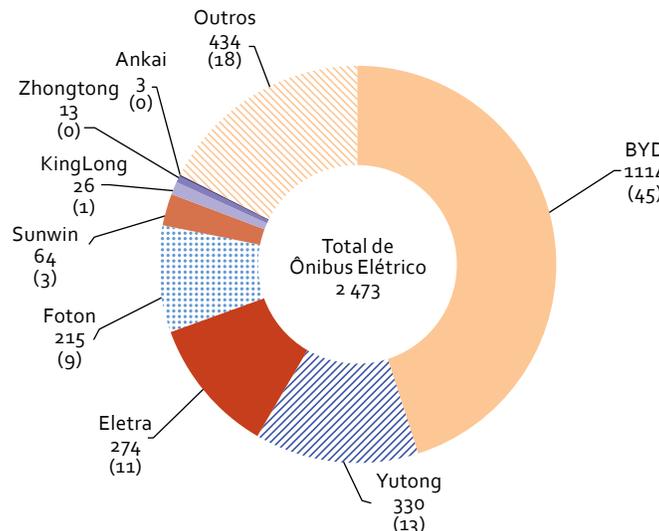


Fonte: E-Bus Radar (2021).

A incorporação destas unidades de ônibus elétricos nas cidades latino-americanas, tem impactado positivamente a qualidade do ar e contribuído com a redução das emissões de CO₂. Até julho de 2021 foram evitadas 255,78 quilo toneladas de emissões CO₂ (LABMOB (Laboratório de mobilidade sustentável); UFRJ (Universidade federal do Rio de Janeiro), 2021).

Outro ponto de destaque do mercado de ônibus elétricos na América Latina é que a maior parte deste mercado é fornecido por empresas chinesas de ônibus elétricos a bateria, com destaque para a BYD (1.114 ônibus) e Yutong (330 ônibus). A única empresa brasileira que aparece como fornecedora é a Eletra com 274 unidades, principalmente trólebus que operam na Região Metropolitana de São Paulo (vide gráfico 15).

Gráfico 15
Ônibus elétricos na América Latina por fabricante
(Em quantidades e percentagens)



Fonte: E-Bus Radar (LABMOB; UFRJ, 2021a).

A liderança de empresas chinesas no mercado de ônibus elétrico na América Latina, foi manifestada como uma preocupação pelos nossos entrevistados da indústria de ônibus a diesel e elétricos, porque como já foi apresentado anteriormente, o Brasil historicamente tem liderado a exportação de ônibus para os países latino-americanos. Isto pode levar a uma perda de competitividade da indústria de ônibus instalada no Brasil, que ainda não tem uma indústria consolidada de ônibus elétricos que possa competir com os produtos da China.

Com relação ao mercado de ônibus elétricos nos principais países da América Latina, a maioria dos países tem pelo menos 1 ônibus elétrico em demonstração com o alvo de conhecer suas principais características e desempenho operacional.

Chile e Colômbia lideram o mercado de ônibus elétricos a bateria, com frotas representativas circulando em Santiago de Chile (Vide Boxe 1) e Bogotá (Vide Boxe 2). O crescimento da frota de ônibus elétricos está sendo facilitado pela criação de novos modelos de negócio que têm permitido a participação de novos atores como as empresas de energia elétrica.

Além disso, o crescimento do número de ônibus de baixa-emissão na região tem sido apoiado pela implementação de Estratégias/Leis/Planos Nacionais de estímulo à mobilidade elétrica, os quais priorizam e estabelecem metas específicas para a transição à mobilidade de baixo-carbono. Na ilustração abaixo se apresentam algumas das metas estabelecidas pelos países da América Latina em relação aos ônibus elétricos.

Diagrama 1
Metas de implementação de ônibus elétricos na América Latina



Fonte: Elaboração própria a partir das Estratégias de Mobilidade Elétrica dos países.

As cidades também têm sido chaves para estimular a transição para uma mobilidade de baixa-emissão. Bogotá, Medellín, Cidade do México, Quito, Rio de Janeiro e Santiago de Chile participam da Estratégia da C40 Cities "Fossil-Fuel-Free Street Declaration" a qual define dois compromissos desafiadores para fazer uma transição para ruas livres de combustíveis fósseis: i) Adquirir ônibus com zero-emissões a partir do ano 2025; ii) Garantir que uma área maior das cidades sejam de zero-emissões para 2030 (C40 CITIES, 2017).

C. Foco Brasil: cadeia produtiva/valor em construção dos ônibus de baixa-emissão no país

A seguir se apresenta a caracterização da cadeia produtiva e cadeia de valor dos ônibus de baixa-emissão no Brasil. Esta cadeia foi dividida em três figuras as quais representam os principais elos da cadeia e seu encadeamento com outros setores estratégicos da mobilidade elétrica.

1. Atividades upstream

As atividades *Upstream* estão relacionadas à produção de ônibus de baixa-emissão são semelhantes aos elos identificados para a produção de ônibus a diesel. A principal diferença em comparação à cadeia de ônibus a diesel é que nos Fornecedores do Nível 2, as baterias atuam como sistemas auxiliares e os sistemas de combustível só aplicam para os ônibus híbridos e os ônibus movidos com biocombustíveis.

Boxe 1

Caso de implementação de ônibus elétricos a bateria em Santiago de Chile

Historicamente, Santiago de Chile tem tido graves problemas de qualidade do ar, principalmente pelo rápido crescimento da cidade e pelo uso intensivo de combustíveis fósseis no sistema de transporte terrestre. De fato, Santiago é a capital mais poluída da América Latina e suas concentrações anuais de Material Particulado MP(2,5) estão acima dos limites estabelecidos pela OMS (IQAIR, 2019).

Neste contexto, Santiago foi a primeira cidade da América Latina em adotar o Padrão de Emissão Euro VI para seu sistema de transporte público. Além disso, desde o ano 2013, a cidade começou com a implementação de projetos pilotos com ônibus elétricos a bateria. Estes projetos pilotos foram importantes para demonstrar que o TCO (Total Cost of Ownership) dos ônibus elétricos a bateria é similar ou menor em comparação com os ônibus a diesel.

A primeira fase da incorporação de ônibus elétricos a bateria foi atrelada a um processo de renovação emergencial de frota (sem licitação) que permitiu a criação de parcerias público-privadas, e de um novo modelo de negócio que divide o CAPEX (capital expenditure), neste caso, o custo de aquisição dos ônibus elétricos, do OPEX (operational expenditure), que está relacionado com os custos de operar os ônibus elétricos a bateria. Na tabela boxe 1 se descreve o rol e responsabilidade de cada ator no modelo de negócio.

Tabela

Atores e responsabilidades no novo modelo de negócio de ônibus elétricos a bateria em Santiago de Chile

Categoria	Ator	Rol e responsabilidade
Empresas de energia elétrica	ENEL X e ENGIE	Financiamento dos ônibus elétricos; construção da infraestrutura de recarga; fornecimento de energia para a recarga dos ônibus; contratos por meio de leasing com os operadores de frota. Novas oportunidades para introduzir ônibus elétricos no mercado e gerar a necessidade de infraestrutura de recarga e compra de energia.
Investidor	NEoT Capital	Financiamento da frota de ônibus elétricos do operador RedBus.
Empresas de ônibus elétricos	BYD	Provisão e adequação da frota de ônibus elétricos; gestão dos sistemas de recarga; manutenção preventiva dos ônibus.
	YUTONG	Provisão e adequação da frota de ônibus elétricos.
Operador de frota	Metbus	Operação da frota.
	BusesVule/STP/RedBus	Operação da frota; gestão dos sistemas de recarga; manutenção dos ônibus.
Governo nacional	Ministério de Transporte	Financiamento da nova frota de ônibus; planejamento do serviço; regulamentação do sistema de transporte.
	Ministério de Energia	Estudos de disponibilidade de energia; Adequação dos padrões de recarga.
Governo local	Prefeitura/Secretarias	Fornecer apoio ativo para garantir o sucesso do aumento da escala, especificamente para a construção da infraestrutura de recarga.

Boxe 1 (conclusão)

Este modelo de negócio reduziu o risco para os operadores de frota, permitiu a participação de novos atores como as empresas de energia elétrica, as quais financiaram a compra dos ônibus, e do governo nacional que outorgou todas as garantias para o pagamento do leasing mensal dos ônibus elétricos.

Assim, Santiago de Chile é uma das cidades líderes na implementação de ônibus elétricos a bateria na América Latina, com aproximadamente 800 ônibus elétricos (até setembro 2021) e tem se tornado num referente de sucesso no transporte elétrico no mundo.

Fonte: World Bank, 2020.

Boxe 2

Caso de implementação de ônibus elétricos a bateria em Bogotá (Colômbia)

O Sistema de Transporte Público Coletivo de Bogotá "Transmilenio", é um BRT (Bus Rapid Transit) que tem três componentes principais: i) Sistema Principal (Troncal) com uma frota de 2.358 ônibus e 114,4 Km de cobertura; ii) Serviço complementar (Alimentador) com 965 ônibus e 443,71 Km de cobertura; iii) Sistema Zonal (SITP: Sistema Integrado de Transporte Público) com 6.247 ônibus e uma cobertura de 2.060 Km (TRANSMILENIO, 2021).

Desde o ano 2013 o sistema Transmilenio começou projetos pilotos com ônibus elétricos e ônibus híbridos de diferentes capacidades para testar o desempenho destas tecnologias nas condições da operação da cidade de Bogotá. O processo de incorporação dos ônibus de baixa-emissão em Bogotá tem sido por meio de licitações públicas. Desde o ano 2019 foram estruturadas e publicadas licitações públicas para a renovação da frota para o sistema principal (troncal) e zonal (SITP), as quais contemplavam as tecnologias Euro VI e ônibus elétricos a bateria (TRANSMILENIO, 2020).

Como resultado destes processos licitatórios, Transmilenio já tem contratados para o sistema zonal, a incorporação de 1.485 ônibus elétricos a bateria até 2022, dos quais 483 estão atualmente em circulação, constituindo assim a maior frota elétrica fora da China. Além disso, no sistema principal, já opera uma frota de ônibus a gás natural (Scania) e ônibus Euro V com filtros de partículas (Volvo).

Os processos de licitação contemplaram a criação de novos modelos de negócio de forma semelhante ao caso de Santiago de Chile, os quais dividiram os contratos de concessão entre o fornecimento da frota e a operação (TRANSMILENIO, 2020). Isto permitiu a entrada de novos atores como empresas de energia elétrica (Enel X, Celsia) e da empresa Terpel, as quais além do financiamento da frota, também construíram as garagens (4 construídos) e os pontos de recarga para os ônibus elétricos.

Outro aspecto interessante destes processos licitatórios, é que foram outorgados pontos para adicionais para as empresas que fizeram parcerias com empresas colombianas de carrocerias. Os primeiros ônibus elétricos foram importados totalmente montados desde a China. Uma segunda etapa contempla que 1.002 ônibus elétricos sejam importados como chassis da BYD e que posteriormente sejam encarroçados pelas empresas Superpolo e Busscar, com o alvo de reativar a economia e a indústria nacional (REVISTA VEC, 2021)

O processo de incorporação dos ônibus de baixa-emissão tem sido respaldado pela publicação da Lei 1.964/2019 (CONGRESO DE COLOMBIA, 2019) e a Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA; MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2019), as quais definiram a meta de que todos os ônibus dos BRT das cidades colombianas devem ser elétricos e/ou de zero emissões até 2035.

Além disso, no ano 2020 foi declarada a Emergência Climática em Bogotá por parte da Câmara dos Vereadores (Concejo de Bogotá), a qual determinou que a partir do 1 de janeiro de 2022, a Prefeitura de Bogotá só poderá fazer licitações e/ou contratar sistemas de transporte público com ônibus elétricos a bateria para o sistema BRT Transmilenio. No caso em que o custo de aquisição destes ônibus supere o orçamento disponível, será possível contratar com tecnologias disponíveis e que não sejam inferiores ao padrão de emissão mais alto estabelecido normativamente (Euro VI) (CONCEJO DE BOGOTÁ, 2021).

O caso de Bogotá é interessante na medida que a cidade já tem um posicionamento claro para a aquisição de ônibus elétricos a partir de 2022, como uma das alternativas para o cumprimento dos objetivos de descarbonização da cidade.

Fonte: Transmilenio, 2020 y 2021; Revista VEC, 2021; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte, 2019; Concejo de Bogotá, 2021.

Em relação aos fornecedores do Nível 1, as empresas de carrocerias mantem sua participação nesta cadeia, já que mesmo que ainda não há produção a grande escala de ônibus de baixa-emissão no Brasil, todas estas empresas têm participado na fabricação de carrocerias para protótipos e para projetos demonstrativos nestas tecnologias. Além disso, foi destacado nas entrevistas que estas empresas têm capacidades de fabricação de carrocerias para ônibus de baixa-emissão num eventual crescimento do mercado nestas tecnologias, dado que os componentes são muito semelhantes às carrocerias para ônibus elétricos. Contudo, é necessário implementar o uso de novos materiais mais leves para compensar o peso das baterias. Para o caso das empresas de carrocerias, também foi manifestado nas entrevistas da possibilidade de fazer parcerias ou joint-ventures com empresas estrangeiras para o encarroçamento dos chassis elétricos no Brasil e para atender a demanda do mercado da América Latina.

Ainda nos Fornecedores do Nível 1, tem destaque as empresas sistemistas de *Powertrain* Elétrico, especificamente a empresa brasileira WEG e a chinesa BYD. A empresa **WEG** fabrica e comercializa motores elétricos e inversores de frequência para tração elétrica para veículos elétricos levíssimos (carrinhos de golfe, rebocadores industriais, empilhadeiras elétricas), veículos médios (caminhões de entrega, micro-ônibus e furgões) e veículos pesados como ônibus e caminhões (WEG, 2021). A WEG tem uma parceria com a empresa brasileira Eletra para a fabricação de ônibus híbridos, trólebus e ônibus elétricos a bateria.

Além disso, a WEG tem participado na fabricação de ônibus elétricos para projetos demonstrativos (vide tabela 4) e faz parte do e-Consórcio que foi criado para desenvolver o projeto do primeiro caminhão leve 100% elétrico da Volkswagen Caminhões e Ônibus, denominado e-Delivery. A WEG é responsável pelo fornecimento do sistema de *Powertrain* (motor elétrico de tração mais um inversor de frequência) e os motores elétricos e inversores para sistemas auxiliares (WEG, 2019).

Segundo informações coletadas durante as entrevistas, a empresa utiliza a estrutura já existente para a fabricação de componentes para a tração elétrica, os quais são feitos de acordo às necessidades e especificações de cada cliente. Num cenário de crescimento do mercado da mobilidade elétrica, a WEG precisa ter uma demanda de 500 a 700 unidades por mês de motores elétricos e *powertrain*, para viabilizar a criação de um negócio único e dedicado para estas tecnologias.

2. Fornecedores de acumuladores de energia

Continuando com os fornecedores do Nível 1, as empresas de acumuladores de energia ou baterias constituem um elo fundamental da cadeia de ônibus de baixa-emissão. As baterias têm um papel chave no contexto da mobilidade elétrica por serem o elemento mais importante e de maior custo na cadeia de valor dos veículos elétricos. Diferentemente do veículo com Motor a Combustão Interna (MCI), que depende dos combustíveis fósseis ou dos biocombustíveis para obter sua energia, nos veículos elétricos a bateria ocupa este papel central (Bermúdez -Rodríguez; Consoni, 2020).

De forma geral, pode-se dizer que a indústria de baterias no Brasil —entre as autopeças— tem grande predominância de empresas de capital nacional, que representam 75% do mercado (Cruz, 2020). Esta indústria se concentra na produção de baterias de chumbo ácido, com produção voltada para o mercado de OEMs e reposição, com participação média de 24% e 76% respectivamente, atuando com amplo parque industrial principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Pernambuco (Castro; Barros; Veiga, 2013).

Ainda que se tenha a presença marcante da cadeia de manufatura voltada às baterias de chumbo ácido, o Brasil apresenta iniciativas de pesquisa, desenvolvimento e de produção piloto que se voltam à formação da cadeia de valor das baterias de lítio.

Ao citar as iniciativas de Pesquisa e Desenvolvimento, tem-se a atuação histórica do CETEM (Centro de Tecnologia Mineral) e do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) para temas voltados ao desenvolvimento de materiais, com destaque ao processamento do lítio para uso.

Da mesma forma, o ITEEM (Instituto Edson Mororó Moura) tem desenvolvido papel relevante na pesquisa, desenvolvimento e inovação em acumuladores de energia, somando competências na aplicação de células em módulos e no projeto do pacote de bateria. Adicionalmente, o CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações) tem conduzido vários projetos ao longo do tempo, de aplicações diversas, somando larga experiência no projeto de sistemas eletrônicos (BMS), bem como a integração dele ao pacote de bateria.

De fato, há ainda oportunidades de criação de competências para o desenvolvimento dos componentes das células e das próprias células e, da mesma forma, tem-se a necessidade de definição de atores que contribuam com as análises de mercado e do LCA (*Life Cycle Assessment*). De todo modo, ressalta-se que já existe um conjunto de competências fundamentais, que são habilitadoras importantes à montagem do ecossistema de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

3. Fornecedores de materiais - lítio

Quanto ao fornecimento de materiais para baterias, fazendo um recorte específico ao lítio (que é precursor do cátodo), pode-se dizer que o Brasil sempre apresentou uma pequena produção, atingindo em 2018 o valor aproximado de 0,6 mil toneladas anuais e que representou 0,5% do mercado global de lítio.

Esta produção foi realizada pela CBL (Companhia Brasileira de Lítio) – localizada em Araçuaí (Minas Gerais) e que tem participação societária da CODEMGE (Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais) – tendo foco ao consumo básico do mercado interno, como lubrificantes e cerâmicas.

Nos últimos anos observou-se movimentação do setor, em que se pode citar o exemplo da AMG Mineração em Nazareno (Minas Gerais), que investiu R\$ 450 milhões em uma operação que iniciou com 60% de sua capacidade, produzindo 90 mil toneladas anuais de espodumênio (que é um dos minerais em que o lítio é encontrado). Com este volume há o potencial de obter-se aproximadamente 5,4 mil toneladas de lítio contido, insumo básico para o consumo da cadeia.

Adicionalmente, a Sigma Mineração, localizada na região do vale do Jequitinhonha —entre as cidades de Araçuaí e Itinga— iniciou em 2018 um grande projeto para produção de lítio, com meta de produção de 220 mil toneladas de espodumênio anuais a partir de 2020, podendo chegar a 14 mil toneladas de lítio contido.

Tratando-se do ânodo, tem-se a iniciativa da CBMM – localizada em Araxá (Minas Gerais) – que é a maior produtora global de nióbio. Desde 2018, fechou uma parceria com a Toshiba Corporation a fim de substituir o ânodo de grafite por óxidos mistos de nióbio e titânio (NTO – *Niobium Titanium Oxide*), mantendo a configuração tradicional do cátodo (Zaparolli, 2020).

4. Fornecedores de células

Sendo resultado da parceria celebrada em 2018 pela CODEMGE e a companhia inglesa Oxis Energy, a Oxis Brasil se posiciona como a primeira fábrica em escala industrial de células de bateria de lítio-enxofre (Li-S) do mundo. Tem-se reportado que o foco inicial deste empreendimento é o segmento de veículos pesados, seja para transporte de carga ou passageiros e os setores industriais da defesa e aeroespacial. Planejada para se instalar em Juiz de Fora (Minas Gerais), a fábrica recebeu investimento de 245 milhões de Reais e deve começar a operar em 2023 com uma produção anual de 300 mil células, podendo chegar até a 5 milhões.

5. Fornecedores de módulos e pacotes de baterias

O Grupo Moura, tradicional fabricante nacional de baterias de chumbo ácido, criou uma nova linha de negócios focada no desenvolvimento de baterias de lítio para os segmentos de ônibus, caminhões e veículos híbridos e elétricos a bateria. Para atender esta linha de negócios, no ano 2020 celebrou uma parceria com a empresa chinesa Contemporary Amperex Technology Co. Ltda. (CATL), na qual o Grupo Moura se tornou responsável, na América do Sul, pelos principais serviços de pós-venda e manutenção das baterias de íons de lítio e para fornecer e fazer a gestão do ciclo de vida das baterias chinesas que são importadas (BATERIAS MOURA, 2020).

Estas baterias irão equipar o ônibus híbrido DualBus da fabricante de ônibus paulista Eletra e os modelos que serão produzidos pelo e-Consórcio da VWCO (Volkswagen Caminhões e Ônibus), que começa a fabricar o caminhão leve e-Delivery a partir do segundo semestre de 2021. Há planos de potencial implantação de uma fábrica de montagem de módulos a partir da capacidade de 1 GW ao ano, capaz de suprir um volume de aproximadamente 2,5 mil ônibus elétricos por ano. Em outra frente, também se celebrou a parceria com a americana Xalt Energy, tendo contrato firmado com a Eletra, a fim de adaptar as baterias da Xalt para as condições de uso no Brasil (AUTOMOTIVE BUSINESS, 2019).

Por sua vez, a multinacional brasileira WEG adquiriu em 2019 a divisão de Sistemas de Armazenamento de Energia da Northern Power Systems (NPS), empresa norte-americana localizada em Vermont (EUA). Nesta transação houve transferência dos ativos, patentes e know-how e fez parte da estratégia da WEG que prevê o crescimento global do mercado de armazenamento, através da combinação de baterias de lítio com a geração de energia solar ou eólica. O objetivo da WEG no Brasil é prover soluções de segurança energética à partir do modelo híbrido de baterias e geração por fontes renováveis. Com isto, a WEG incorporou competências no âmbito dos módulos e pacote, com posicionamento favorável para atuar no mercado automotivo, uma vez que já tem produtos para o sistema de propulsão elétrico, como os motores e eletrônica de potência, como já mencionado.

As perspectivas que se apontam demonstram movimentações importantes para a formação da cadeia de fornecimento de baterias no Brasil, bem como a existência de competências relevantes para a pesquisa, desenvolvimento e inovação (CRUZ, 2020). Estes desenvolvimentos são fundamentais para a geração de capacidades nacionais na fabricação de ônibus de baixa-emissão.

Continuando com a descrição da cadeia produtiva de ônibus de baixa-emissão, no Brasil atuam quatro (4) empresas de chassis como montadoras de este tipo de segmento: Eletra, BYD, Volkswagen Caminhões e Ônibus e Volvo.

A empresa brasileira Eletra Tecnologia de Tração Elétrica foi criada pela empresa de Transportes Metra no ano 1996, com o alvo de desenvolver tecnologias de tração elétrica que não dependeram exclusivamente da rede elétrica e para isto contratou uma equipe técnica para desenvolver estas tecnologias. No começo, a Eletra só desenvolvia alternativas de tração elétrica para a empresa Metra. No ano 2000, a Eletra obteve seu próprio CNPJ (Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica) o que lhe permitiu oferecer seus produtos para outras empresas.

A Eletra tem diferentes produtos relacionados com os ônibus de baixa-emissão: trólebus, ônibus híbrido, ônibus elétrico a bateria e o Dual-Bus, o qual pode circular com duas configurações diferentes: híbrido ou Trólebus e Híbrido ou Elétrico a Bateria. Além disso, a Eletra tem uma linha de negócios dedicada ao Retrofit, que permite a conversão de veículos a diesel em elétricos ou híbridos, respeitando os parâmetros originais e analisando as possíveis autonomias (ELETRA, 2021b). O foco do Retrofit tem sido para os caminhões, embora este processo também possa ser implementado para ônibus elétricos, de preferência para os articulados e biarticulados com o alvo de aproveitar as carrocerias.

A Eletra faz a integração dos kits de eletrificação de ônibus e trabalha em parceria com outras empresas para a fabricação dos ônibus de baixa-emissão, como a Mercedes Benz, MAN Volkswagen Caminhões e Ônibus, Caio, Marcopolo, Motores WEG e o Grupo Moura, entre outras. Os kits de integração têm um 82% de índice de nacionalização, sem levar em conta as baterias as quais são importadas.

A BYD (BuildYour Dreams) é uma empresa chinesa que foi criada em 1995 no setor de tecnologia e energia. A partir de 2003, começou a utilizar suas capacidades em baterias e em tecnologias da informação e a comunicação para inserir-se na fabricação de veículos elétricos, principalmente ônibus elétricos a bateria, em baterias de fosfato de ferro (LFP) em painéis solares fotovoltaicos.

No ano 2014 se instalou em Campinas (São Paulo), no 2016 inaugurou a linha de montagem de chassis de ônibus elétricos com capacidade de produção de 720 chassis por ano (podendo expandir a fabricação para até 1.440 ao ano) e no ano 2017 inaugurou a planta de módulos fotovoltaicos.

Para a fabricação de ônibus elétricos a bateria, a BYD importa o powertrain e as células de bateria. Para os outros componentes dos ônibus, a BYD trabalha em parceria com empresas de carrocerias nacionais como Marcopolo, Volare e Caio, entre outras.

Inaugurou em agosto de 2020, a terceira fábrica no polo industrial de Manaus (Amazonas), voltada para a montagem de baterias de fosfato de ferro - lítio (LFP) para aplicação majoritária nos ônibus que fabrica em Campinas. A depender do cenário de volumes, projeta a construção de uma fábrica para produção de células, também em Manaus.

A BYD oferece no Brasil 6 modelos de ônibus elétricos a bateria: i) D7M, para aplicação em carroceria com até 9 m de comprimento; ii) D9W, piso baixo para aplicação em carroceria com até 13,2 m de comprimento; iii) D9A, piso alto para aplicação com até 13,2 m de comprimento; iv) D9F, para operações de fretamento e linhas rodoviárias de curta e médias distâncias; v) D11A, piso alto para aplicação urbana (especialmente aos projetos BRT) em carroceria com até 23 m de comprimento; vi) D11B, piso baixo para aplicação urbana em carroceria com até 22 m de comprimento (BYD Brasil, 2021).

Por sua vez, a empresa de chassis Volvo, além de fabricar ônibus a diesel, tem atuação no mercado dos ônibus de baixa-emissão, principalmente nos ônibus híbridos. No ano 2009, começou a fabricação de ônibus híbridos a série a diesel em parceria com a empresa austríaca de Baterias Magna. No período 2009-2010, a Volvo vendeu 30 ônibus híbridos para o sistema BRT de Curitiba que ainda estão em operação.

Atualmente, a Volvo oferece o ônibus híbrido B215RH, adaptado para operações urbanas. Este ônibus conta com um sistema de tração híbrido paralelo que garante potência e alta performance em modo híbrido ou em modo 100% elétrico, utiliza a frenagem regenerativa para fornecer energia para as baterias de íon-lítio de 600V, tem um motor diesel de 215cv e um motor/gerador elétrico de 120 kW (Volvo ônibus, 2021).

No que se refere à empresa Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO), embora ainda não tenha uma produção de ônibus de baixa-emissão, já tem a primeira fábrica do Brasil com montagem em série de veículos elétricos. A fábrica sediada em Resende (RJ), está focada na produção do caminhão elétrico e-Delivery. A VWCO, investiu aproximadamente R\$ 150 milhões no desenvolvimento deste complexo produtivo, que além da produção do e-Delivery, tem uma área exclusiva para a infraestrutura de carregadores de alta potência (Volkswagen caminhões e ônibus, 2021).

O caminhão e-Delivery foi projetado a partir da criação do e-Consórcio, que como já foi apontado, participam 8 empresas na produção do caminhão, engenharia, fornecimento de infraestrutura de recarga e manutenção. As empresas que participam são de capital nacional e já contam com várias iniciativas em mobilidade elétrica com foco no segmento de veículos pesados: WEG (motores elétricos, inversor de tração), CATL e Grupo Moura (células para baterias lítio, montagem da bateria, manutenção e destinação final das baterias), Eletra (desenvolvimento do chassi e montagem de protótipos), BOSCH (sistemas de gerenciamento eletrônico), Meritor (eixos elétricos) e Semcom (desenvolvimento da tração elétrica, montagem dos protótipos) e Siemens (infraestrutura de recarga e carregadores) (Automotive Business, 2021a). Em agosto de 2021 foi anunciado a participação das empresas ABB e a GDSolar, as quais ofereceram soluções de carregamento e no fornecimento de energia solar de fontes 100% renováveis. A Siemens e a ABB têm um portfólio de soluções e de serviços de carregamento, que contemplam estações de elevada capacidade energética e soluções inteligentes para o abastecimento de vários veículos em um mesmo local (Diário do transporte, 2021b).

Segundo informações coletadas durante as entrevistas, a fábrica para a produção dos caminhões e-Delivery está em capacidade de produzir ônibus elétricos a bateria. A decisão de começar o processo de eletrificação com caminhões se deu porque já há uma parceria junto com a AMBEV para a entrega de 100 caminhões elétricos, que esperam ser distribuídos a partir do segundo semestre de 2021.

Como apresentado no Capítulo I, a empresa de chassis Mercedes-Benz é líder na fabricação de chassis para ônibus a diesel no Brasil. Em agosto de 2021, a Mercedes-Benz anunciou a produção nacional de seu primeiro chassi para ônibus elétrico, modelo eO500U, de piso baixo, para carrocerias

de até 13,2 metros. As baterias terão recarga total entre duas horas e meia e três horas, que segundo dados da empresa permitirá uma autonomia de 250 quilômetros. O sistema de carregamento será *plug-in*, ou seja, recarga com conectores em pontos fixos. O modelo de testes recebeu a carroceria Caio, modelo Millenium IV, mas já há tratativas com outros fabricantes nacionais de carrocerias (Diário do transporte, 2021c).

Segundo informações da empresa, para o desenvolvimento do modelo, foi feito um investimento de R\$ 100 milhões para a preparação da linha, testes, engenharia, capacitação e redes de fornecedores. O modelo testado e apresentado segue as especificações da SPTrans (São Paulo Transportes S.A), gerenciadora do sistema de transporte público coletivo de São Paulo (Diário do transporte, 2021c).

A previsão por parte da Mercedes-Benz é que as vendas deste modelo comecem em 2022, quando se finalizem os testes e se defina o modelo de negócio, que prevê a venda do ônibus junto com uma consultoria aos clientes que tem interesse em frotas de ônibus elétricos, incluindo desde o financiamento até o fornecimento de carregadores e assistência técnica. Uma das alternativas é fazer um leasing operacional só para as baterias, que seriam devolvidas à empresa após o fim do contrato (Automotive Business, 2021b).

6. Atividades downstream

As atividades *downstream* da cadeia de ônibus de baixa-emissão são semelhantes à cadeia dos ônibus a diesel já que contemplam a comercialização e distribuição de ônibus, peças e componentes e os serviços de reparação e manutenção. A principal diferença é que no caso dos ônibus de baixa-emissão ainda não há um mercado de revenda para estas tecnologias. Em relação aos clientes é considerado o mercado externo e interno, com foco nos operadores de frota urbana. Ainda não estão contemplados os ônibus elétricos escolares.

Além disso, nas atividades *downstream* aparecem novos atores que fazem parte do setor de geração e distribuição de energia elétrica como fornecedores da energia e dos sistemas de infraestrutura de recarga para os ônibus de baixa-emissão. Estas empresas também se caracterizam por participar do financiamento de frotas elétricas nas cidades, já que tem tudo o interesse em participar de novos modelos de negócios associados à eletrificação. Algumas destas empresas são Enel Brasil, EDP Brasil e CPFL Energia, entre outras, que já tem projetos de P&D e projetos piloto relacionados com a mobilidade elétrica.

No caso da CPFL Energia, esta empresa financiou a compra do primeiro ônibus elétrico a bateria que faz parte da frota de ônibus internos da Unicamp. A compra e aquisição deste ônibus foi feita para o projeto Campus Sustentável que tem a meta de promover a economia da energia na Universidade e realizar ações integradas de pesquisa e inovação em sustentabilidade (UNICAMP, 2020).

Finalmente, no elo de *funding* e financiamento aparecem diferentes instituições públicas e privadas que têm linhas de financiamento específicas para o transporte público de baixa-emissão, com destaque para o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e a P4G (Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030) que financia diferentes projetos de eletrificação de frotas de transporte público.

D. Experiência em marcha: projetos demonstrativos de ônibus de baixa-emissão no Brasil e mercado nascente

No Brasil, a inserção dos ônibus de baixa-emissão tem estado associada a projetos piloto e demonstrativos. Estes projetos funcionam como experimentos ou "lócus de aprendizagem", para os diferentes atores que participam, incluindo governos locais, empresas de energia, universidades, centros de P&D, empresas de ônibus e de componentes, operadores de frota, entre outros e são financiados por entidades do governo nacional.

A maioria destes projetos são realizados no âmbito local, e permitem experimentar as diferentes alternativas de ônibus de baixa-emissão em ambientes controlados para identificar os benefícios destas tecnologias, os ganhos ambientais associadas à redução de emissões, a eficiência energética, os custos de operação e manutenção, em comparação aos ônibus movidos a diesel e os principais aspectos a melhorar (Bermúdez, 2018).

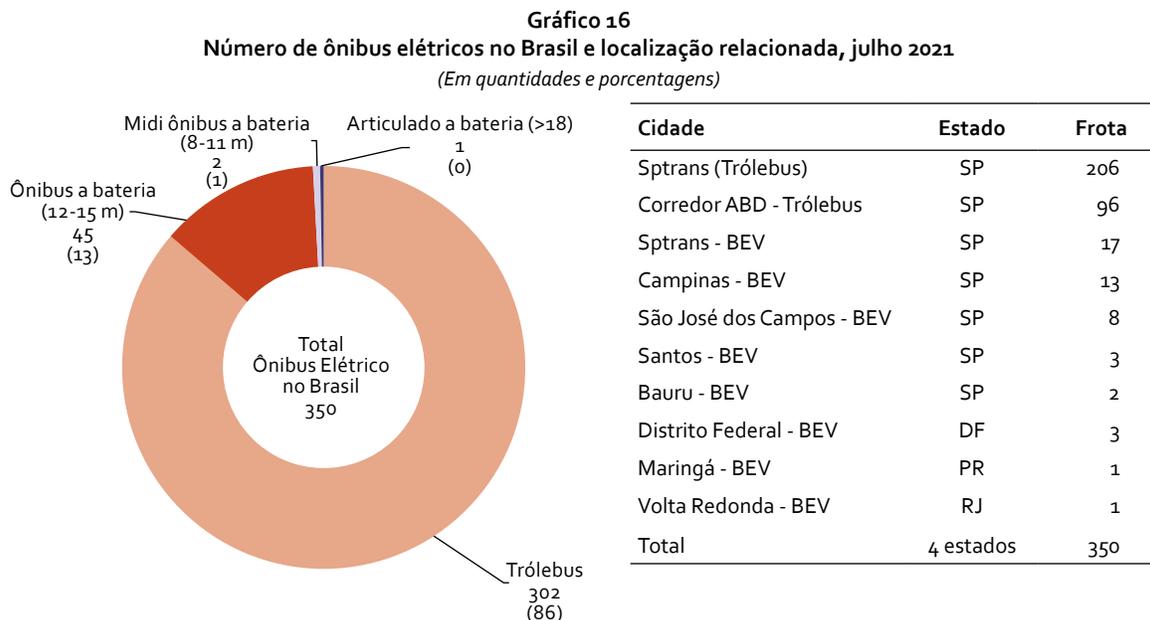
Na tabela 4 consta um resumo dos principais projetos demonstrativos de ônibus de baixa-emissão no Brasil, com seu objetivo geral, os principais atores envolvidos e a instituição financiadora.

Tabela 4
Projetos demonstrativos de ônibus de baixa-emissão no Brasil

Nome do projeto/ data de execução	Objetivo geral	Atores envolvidos	Financiador
"Ônibus Brasileiro a Hidrogênio" 2006-2014	Desenvolvimento de três ônibus a hidrogênio com parcerias entre empresas nacionais e estrangeiras. Além disso, o projeto desenvolveu e instalou uma estação de produção de hidrogênio por eletrólise.	PNUD; Estado de São Paulo; EMTU/ SP; Ministério de Minas e Energia; EPRI; AES Eletropaulo; Ballard Power Systems; Hydrogenics Advanced Hydrogen Solution; Nucellsys; Petrobras; Marcopolo; Tutti Transporti.	Fundo Global para o Meio Ambiente (<i>Global Environment Facility</i> GEF) e FINEP
Programa ECOFROTA São Paulo 2011-2014	Realizar testes e projetos demonstrativos com diferentes tecnologias de ônibus (diesel de cana de açúcar; etanol; trólebus; Biometano/ Gás natural; Híbrido; Elétrico a Bateria; Hidrogênio) que permitam alcançar as metas da Lei do Clima de São Paulo (Artigo 50 da Lei 14.933/2009).	Prefeitura de São Paulo; Secretaria Municipal de Transportes de São Paulo; SPTrans; CET (Companhia de Engenharia de Tráfego).	SPTrans e operadores de frota
"Desenvolvimento e testes de ônibus urbanos com tração elétrica" 2012-2018	Desenvolvimento de três protótipos de ônibus de uso urbano: i) ônibus elétrico a bateria; ii) ônibus híbrido elétrico a hidrogênio; iii) ônibus híbrido elétrico a etanol.	Eletrabras Furnas Centrais Elétricas S.A; FINEP; UFRJ; COPPE; Laboratório de Hidrogênio LabH ₂ COPPE-UFRJ; Petrobrás; CNPq; FAPERJ; WEG; Rotarex, Busscar; Guardian; EnergiaH; Energysat; Eletrocell; Controllato; Manvel; Hubz.	Programa P&D ANEEL
"Smart City Concepts in Curitiba: Innovation for sustainability mobility and energy efficiency" 2014-2017	Explorar soluções sustentáveis para a mobilidade urbana com potencial para melhorar a eficiência energética e reduzir os GEE, com foco na eletrificação de ônibus (ônibus híbridos articulado e <i>plug-in</i>).	Prefeitura de Curitiba; URBS; UTFPR; IPPUC; CIBS; Ericsson; SETTRANS; KTH; Volvo; Combitech.	VINNOVA (<i>The Swedish Governmental Agency for Innovation System</i>)
"Ônibus Elétrico a Bateria da Universidade Federal de Santa Catarina" 2016-2019	Testar um ônibus elétrico a bateria no campus da UFSC, usando exclusivamente um sistema fotovoltaico para seu carregamento.	Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar FOTOLVOLTÁICA-UFSC; Eletra; Motores WEG; Marcopolo; Mercedes Benz.	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)
"Ônibus Elétrico-Híbrido a Etanol" Itaipu Binacional 2010-Atual	Desenvolver um protótipo de ônibus elétrico a etanol com tecnologia nacional para fortalecer capacidades locais de fabricação	Itaipu Binacional; Eletra; Mascarello; Tutto Transporti; Motores WEG; Magnetti Marelli; Mitsubishi; FZ Sonick; Euroar.	FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos)
"Projeto Piloto de Ônibus Elétricos em Campinas" 2017-Atual	Testar ônibus elétricos a baterias na cidade de Campinas sob o modelo de leasing de baterias.	BYD Brasil; Itajai Transportes Coletivos; Coletivos Pádova.	BYD Brasil e operadoras (modelo <i>leasing</i>)
Projeto Piloto Ônibus Elétrico a Bateria em São Paulo 2019-Atual	Testar a operação de 18 ônibus elétricos a bateria na cidade de São Paulo, junto com a infraestrutura de carregamento.	BYD Brasil; SPTrans, Transwolff	Transwolff (operadora de frota)
Campus Sustentável-Ônibus Elétrico a Bateria UNICAMP 2020-Atual	Testar a operação de um ônibus elétrico a bateria dentro do campus da Unicamp, em Campinas, incluindo a infraestrutura de carregamento.	Unicamp; CPFL Energia; BYD Brasil	Programa de P&D e de Eficiência Energética da ANEEL

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

Segundo dados coletados pela Plataforma E-Bus radar, até julho de 2021 Brasil tinha 350 ônibus elétricos operando, dos quais 302 são trólebus e 48 são ônibus elétricos a bateria de diferentes tamanhos. No Gráfico 16 se apresenta esta distribuição.



Fonte: Elaboração própria com dados do E-Bus Radar (2021).

Como se observa no gráfico 16 no Brasil a maior frota de ônibus de baixa-emissão corresponde aos Trólebus, os quais operam na cidade de São Paulo, no Corredor Metropolitano ABD e na cidade de Santos (SP). Em relação aos ônibus elétricos a baterias, 45 deles estão no segmento de 12-15 m, e têm sido montados pela empresa BYD sediada em Campinas.

Tem destaque a cidade de São Paulo que está desenvolvendo um projeto piloto com 18 ônibus elétricos a bateria da empresa chinesa BYD, operados pela empresa Transwolff, sob a coordenação da SPTrans. A Transwolff tem um contrato de leasing das baterias com a empresa BYD.

A cidade de Campinas conta com 15 ônibus elétricos a bateria, operados pelas empresas Itajaí Transportes Coletivos e Coletivos Pádova, 1 ônibus elétrico comprado pela CPFL, que começou a operar na Unicamp no 2020, além de 3 ônibus híbridos e 3 taxis elétricos. Outras cidades que têm algumas unidades de ônibus elétricos a bateria são: Bauru (2); Brasília (6); Maringá (3); Santos (1); Região Metropolitana de São Paulo (1 ônibus articulado) e Volta Redonda (3).

1. Caso da cidade de São Paulo

O município de São Paulo, tem a maior frota de ônibus urbanos do Brasil, aproximadamente 14.000 veículos, e se constitui na terceira frota maior do mundo, depois da China e Índia.

São Paulo, tem antecedentes históricos em relação à implementação de ônibus de baixa-emissão, especificamente em relação aos trólebus, que continuam sendo a tecnologia de baixa-emissão mais representativa do país. Além disso, durante os anos 80 e 90 foram realizados alguns testes com ônibus movidos a etanol e a Gás Natural Veicular, mas devido a diferentes problemas de desempenho, estes foram desativados do sistema em 2002 (Diário do transporte, 2015).

Uma das políticas meio-ambientais que tinham como objetivo incorporar ônibus de baixa-emissão em São Paulo, foi a Lei do Clima (*Lei 14.933/2009*). Especificamente, o Artigo 50⁸, estabelecia que para o ano 2018, toda a frota de ônibus da cidade deveria utilizar combustíveis renováveis não fósseis. Contudo, devido aos incipientes desenvolvimentos de tecnologias de nicho de ônibus de baixa-emissão, não se conseguiu implementar esta lei.

Um fator que influenciou o incumprimento da Lei do Clima, foi o atraso da Licitação do Sistema de Transporte Público em São Paulo, já que as operadoras de transporte público não estavam obrigadas a cumprir a lei, sem um contrato que assim o estipulava. Originalmente, a licitação devia ser realizada no ano 2013, mas foi cancelada devido em parte às manifestações sociais contra os valores das tarifas dos ônibus e sobre a qualidade do serviço de transporte público que aconteceram em junho de 2013 (Bermúdez, 2018).

No ano 2017, foi retomado o processo da Licitação, a qual estabelece um cronograma de substituição de frota por veículos mais limpos com metas anuais de redução de emissões num prazo de 10 e 20 anos. As alternativas energéticas consideradas pela licitação são: Diesel de Cana de Açúcar, Biodiesel, Biometano, Ônibus Elétricos Híbridos, Ônibus Elétricos a Bateria e Trólebus.

Contudo, devido ao incumprimento do Artigo 50 da Lei do Clima, foi necessário modificá-lo para que a Licitação conseguira ser lançada. Assim, logo de um difícil processo de concertação entre autoridades municipais, empresas automobilísticas, ONG e Centros de P&D, foi modificado este artigo na *Lei No. 16.802* de 17 de janeiro de 2018. Esta Lei determina que os operadores do Sistema de Transporte Urbano de Passageiros de São Paulo, devem promover a redução progressiva de CO₂, MP e NOx, em prazos de 10 e 20 anos. Estas metas se apresentam na tabela 5.

Tabela 5
Metas de redução de emissões para o transporte urbano de passageiros do município de São Paulo, 2018
(Em percentagens)

Parâmetro	Ao final de 10 anos	Ao final de 20 anos
CO ₂ (Dióxido de Carbono de origem fóssil)	50	100
MP (Material Particulado)	90	95
NOx (Óxido de Nitrogênio)	80	95

Fonte: Cidade de São Paulo, *Lei No. 16.802* de 17 de janeiro de 2018.

As metas de redução de emissões estabelecidas são ambiciosas para uma cidade latino-americana como São Paulo, e necessariamente implicam a incorporação de ônibus de baixa-emissão. Este processo se constitui numa "janela de oportunidade" tanto para incorporar inovações de caráter incremental como ônibus híbridos e Euro VI, como inovações radicais associadas aos de ônibus elétricos a bateria, especificamente para a redução das emissões de CO₂ (Bermúdez, 2018).

Contudo, o processo de licitação do sistema de transporte coletivo foi suspenso várias vezes pelo Tribunal de Contas do Município (TCM), devido a questionamentos sobre a viabilidade econômica e a remuneração aos operadores de frota. Como consequência destes questionamentos, em setembro de 2019, o Tribunal de Justiça de São Paulo modificou o tempo dos contratos da licitação de 20 para 15 anos. Após esta modificação, a Prefeitura de São Paulo assinou os contratos com os operadores de frota que ganharam a licitação, o dia 6 de setembro de 2019.

Os contratos da licitação estabeleciam a obrigação para as concessionárias de entregar até 120 depois da assinatura, os cronogramas da composição da frota que deviam contemplar a redução anual de emissões de poluentes. Originalmente a data de entrega era até janeiro de 2020. Contudo, algumas

⁸ Artigo 50: "Os programas, contratos e autorizações municipais de transportes públicos devem considerar a redução progressiva do uso de combustíveis fósseis, e fica adotada a meta progressiva de redução de pelo menos 10% em cada ano, a partir do 2009 e a utilização no 2018 de combustível renovável não-fóssil por todos os ônibus do sistema de transporte público do Município" (Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2009).

empresas manifestaram algumas dificuldades para a apresentação do cronograma, de forma que foi estabelecido a data de março de 2020 para apresentação do cronograma, a qual foi cumprida por todos os operadores e cujos principais detalhes serão apresentados no próximo capítulo.

Devido à crise gerada pela Pandemia da COVID-19, foi necessário a publicação da Portaria 81/2020, que estabelece a suspensão do cumprimento de obrigações contratuais cujo prazo de execução esteja em andamento ou pendente de regularização junto à SPTrans. Após a superação da situação emergencial, serão tomadas as providências para fins da retomada da obrigação suspensas, mediante a fixação de novos prazos de cumprimento (SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTES, 2020).

Apesar dos obstáculos relacionados com a licitação do sistema de transporte público coletivo em São Paulo, no começo de 2020 começou um projeto piloto com 18 ônibus elétricos a bateria da empresa BYD, que estão sendo operados pela empresa Transwolff sob a supervisão da SPTrans (São Paulo Transportes S/A). Este projeto está analisando o desempenho dos ônibus elétricos nas rotas de transporte público de São Paulo, a autonomia e os custos de manutenção. Além disso, a energia para a recarga dos ônibus elétrica é feita com energia solar fotovoltaica.

Os principais resultados deste projeto vão ser muito importantes para outros operadores da cidade de São Paulo e para outras cidades brasileiras que estão trabalhando na implementação de ônibus elétricos nas licitações de transporte público. Segundo nossos entrevistados, o caso da licitação do sistema de transporte público de São Paulo é fundamental para o futuro da implementação de ônibus elétricos no Brasil.

E. Arcabouço institucional: políticas que impactam o desenvolvimento do mercado de ônibus de baixa-emissão e de ônibus a diesel no Brasil

Nesta seção se apresenta o mapeamento das políticas e instrumentos que impactam tanto o mercado de ônibus de baixa-emissão como o mercado de ônibus a diesel. Estas políticas foram classificadas em três níveis de análise: macro, meso e micro e sua caracterização foi inspirada na Perspectiva Multi-Nível (MLP) de Frank Geels, (2002). As políticas macro de caráter nacional, estão relacionadas com a mitigação às mudanças climáticas, mobilidade urbana e eficiência energética no Brasil. Nas políticas Meso, do nível setorial, são as políticas, programas e planos que impactam o desenvolvimento da indústria de ônibus (diesel) e o uso de combustíveis fosseis com destaque para os Biocombustíveis. Finalmente, as políticas micro, do nível local, tem como objetivo estimular a transição para os ônibus de baixa-emissão com foco nas cidades.

A partir do mapeamento realizado das políticas públicas que impactam o mercado de ônibus no Brasil, se evidencia a ausência de uma política nacional de estímulo à mobilidade de baixo-carbono que priorize a implementação de veículos de zero e baixas-emissões, nos diferentes segmentos de transporte. Também há ausência de metas e estratégias de curto, médio e longo prazo para promover a transição para a mobilidade elétrica com foco no transporte público de baixa-emissão.

No que tange às políticas macro, estas abordam de maneira indireta a implementação de projetos e tecnologias que contribuam com a descarbonização dos sistemas de transporte para o cumprimento dos compromissos internacionais de redução de emissões de GEE e mitigação das mudanças climáticas.

No caso específico das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC), estas foram atualizadas no ano 2020 e reafirmam o compromisso da redução de GEE em 37% em 2025 e 43% até 2030. Na nova NDC se salienta o crescimento da produção de biocombustíveis com o apoio do RenovaBio que utiliza mecanismos de mercado de descarbonização para fomentar a produção e o consumo dos biocombustíveis. Contudo, a nova NDC não apresenta ações estratégicas e/ou setoriais para alcançar a metas propostas para a descarbonização dos sistemas de transporte (WRI BRASIL, 2021).

Em relação às Políticas de Eficiência Energética, o PNE 2050 destaca a necessidade da descarbonização da matriz energética e o Plano Nacional de Eficiência Energética discute a necessidade de promoção do desenvolvimento tecnológico para melhoria dos motores de veículos, incluindo as opções de motores híbridos e elétricos. Porém estes planos não estabelecem ações estratégicas nem metas para o cumprimento destes objetivos.

No nível Macro, também tem destaque a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) que salienta a priorização dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado e o incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes. Contudo, não definem instrumentos específicos para a implementação de sistemas de transporte público de baixa-emissão nas cidades que são obrigadas a elaborar um Plano de Mobilidade Urbana.

No nível meso, se salientam as políticas de estímulo aos biocombustíveis como uma alternativa para a redução das emissões de GEE e para a descarbonização dos sistemas de transporte. Especificamente, o Plano de CTI para energias renováveis e biocombustíveis, no componente de energias renováveis plantea na Meta 5. Contribuir para a agregação de novas tecnologias para a eletromobilidade a partir do desenvolvimento de novas concepções de motores, incluindo a utilização de ímãs permanentes e terras raras e sistemas auxiliares para veículos elétricos e sistemas de recarga.

Além disso, tem destaque o Programa Combustível do Futuro, criado em 2021, o qual tem como objetivo criar medidas para incrementar a utilização de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono, bem como da tecnologia veicular nacional com vistas à descarbonização da matriz energética de transporte nacional. As ações estratégicas e projetos específicos deste Programa ainda não foram definidos, mas poderia aproveitar-se para propor mecanismos de estímulo à redução das emissões nos diferentes segmentos do transporte e o incremento da eficiência energética, por exemplo, através do estímulo a tecnologias de mobilidade elétrica e de baixa-emissão.

Especificamente para o caso das políticas de estímulo à indústria automobilística nacional, o Programa Rota 2030 é considerado o sucessor do extinto programa de incentivo Inovar Auto, ampliando a atuação para toda a cadeia do setor, incluindo fabricantes de autopeças e dos sistemas estratégicos para a produção dos veículos. O Programa Rota 2030 visa fomentar investimentos em P&D e o ritmo de inovações, a eficiência energética, a automatização do processo de manufatura, e a qualidade dos veículos e das autopeças.

O Programa Rota 2030, também contempla estímulos para a produção de novas tecnologias e inovações, de acordo com as tendências tecnológicas globais e a promoção do uso de biocombustíveis e formas alternativas de propulsão e valorização da matriz energética brasileira. Além disso, podem habilitar-se no Programa empresas que tenham projetos de investimento relativo à instalação, no país, de linha de produção de veículos com tecnologias de propulsão alternativas à combustão (Brasil, 2018). Este tipo de estímulo poderia ser utilizado pelas empresas de ônibus a diesel instaladas no Brasil para desenvolver projetos de P&D e capacidades produtivas na fabricação de ônibus de baixa-emissão.

Com respeito às normas de Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, esta política define os limites máximos de emissões para veículos automotores (leves e pesados), estabelecendo prazos e exigências tecnológicas para os veículos nacionais e importados e melhoras na qualidade dos combustíveis. A definição dos limites de emissão está baseada nas Normas Euro.

Para o caso dos veículos pesados, a partir de 1 de janeiro de 2023 entrará em vigência a Fase P-8 que corresponde à normatividade internacional Euro VI. Segundo nossos entrevistados das empresas de chassis e carrocerias, todas estão fazendo as adequações nas linhas de produção para cumprir com esta normatividade com o prazo estabelecido.

Finalmente, as políticas micro identificadas têm como objetivo estimular ao nível local a transição para tecnologias de baixa-emissão. Se salienta a Lei No. 9.991/2000 da ANEEL que determina que as empresas distribuidoras de energia elétrica devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética (PEE).

No marco desta política, a Chamada de Projeto de P&D Estratégico No. 022/2018: “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente” teve como objetivo a constituição de modelos de negócio que contribuam, de maneira significativa, para a criação de massa crítica e base tecnológica para o desenvolvimento de produtos e serviços nacionais na área de Mobilidade Elétrica Eficiente, e que demonstrem sua viabilidade técnico-econômica em território nacional (ANEEL, 2019). Estes incentivos têm sido importantes para a criação de projetos piloto e de demonstração em mobilidade elétrica, que podem ser o primeiro passo para a implementação de projetos a grande escala no nível das cidades.

No nível micro também tem destaque as políticas de compras sustentáveis que podem ser definidas como a utilização do poder de compra do setor público para gerar benefícios econômicos e socioambientais através de licitações. Estes mecanismos podem ser utilizados para incorporar ônibus de baixa-emissão nos processos de licitação dos sistemas de transporte público nas cidades.

Em relação aos programas de financiamento, o BNDES tem diferentes linhas com destaque para o BNDES Finem Meio Ambiente e Finame Mobilidade de Baixo-Carbono, os quais estabelecem benefícios de financiamento para a aquisição e produção de ônibus e caminhões de baixa-emissão. As características destes instrumentos e de outras linhas de financiamento serão detalhadas no Capítulo IV.

F. Considerações finais do capítulo

Este capítulo apresentou as principais características dos tipos de ônibus de baixa-emissão e os sistemas de recarga. Também deu uma visão do mercado internacional dos ônibus de baixa-emissão, os quais tem tido um crescimento expressivo na América Latina, com destaque para as cidades de Santiago de Chile e Bogotá (Colômbia). O crescimento no número de unidades de ônibus de baixa-emissão, principalmente ônibus elétricos a bateria, tem sido favorecido pela criação de novos modelos de negócio que tem como objetivo a divisão da operação dos ônibus da aquisição deles, o que tem estimulado a inserção de novos atores nos sistemas de transporte público, principalmente empresas de energia elétrica.

Outro ponto de destaque é que os modelos de ônibus elétricos comprados pelos países e cidades da América Latina, estão sendo fornecidos por empresas chinesas. Isto gera uma preocupação na indústria de ônibus a diesel no Brasil, já que América Latina é o principal mercado de exportação destes veículos.

Em relação à cadeia produtiva de ônibus de baixa-emissão no Brasil, ficou evidenciado que muitas das empresas que fazem parte da cadeia de ônibus a diesel também contam com capacidades para produzir ônibus elétricos a bateria, tanto para o chassi como para a carroceria. Tem destaque o anúncio da empresa Mercedes-Benz, a qual é líder na produção nacional e na exportação de ônibus a diesel, de começar a fabricação nacional de um chassi para ônibus elétrico urbano. Sem dúvida esta ação deste importante player local pode servir de estímulo para a consolidação da cadeia produtiva de ônibus de baixa-emissão no Brasil.

No caso das experiências nacionais, tem destaque o processo de Licitação do Sistema de Transporte Público Coletivo de São Paulo, o qual contempla a inserção de ônibus de baixa-emissão para cumprir com as metas de redução de emissões definidas pela Lei 16.802/2018. O processo de licitação de São Paulo, está sendo analisado por outras cidades brasileiras que também tem planos para inserir ônibus de baixa-emissão em seus processos de licitação.

Finalmente, em relação às políticas públicas para o estímulo aos ônibus a diesel e de baixa-emissão, se evidenciou uma ausência de uma política nacional de estímulo à mobilidade de baixo-carbono que contemple benefícios para a inserção de ônibus de baixa-emissão nos sistemas de transporte público coletivo das cidades brasileiras.

III. Potencial crescimento do mercado e da cadeia produtiva dos ônibus convencionais e de baixa emissão no Brasil: um olhar para o horizonte 2050

Este capítulo busca construir cenários prospectivos que indiquem os caminhos necessários para a introdução dos ônibus elétricos a bateria na cadeia produtiva do Brasil. Como os ônibus elétricos a bateria são uma fração da frota total, primeiramente buscou-se desenhar qual será a frota total anual para o período 2021-2050, horizonte considerado pelo projeto.

Como ponto de partida para identificar esta frota total atual, utilizou-se dados secundários obtidos através das principais estatísticas do momento da indústria e do mercado nacional e externo dos ônibus fabricados no Brasil, bem como o impacto na produção de ônibus, provocado pela Pandemia da COVID-19, já abordados no início do trabalho. Buscou-se também associar estes dados ao crescimento do PIB, crescimento demográfico, urbanização, projetos estruturais do segmento de transporte e também, questões regulatórias que poderão impactar a demanda por esta tecnologia.

De forma complementar, realizou-se entrevistas com os principais atores do segmento de ônibus. Foram entrevistadas trinta e oito stakeholders, que apresentam um papel relevante no processo estratégico e decisório em suas corporações. Estas entrevistas permitiram capturar as impressões, visões, estratégias, tendências, expectativas e principalmente números que ajudaram a construir três cenários prospectivos.

Durante este processo, percebeu-se que havia a oportunidade de se explorar junto aos atores, quais seriam as políticas que poderiam ajudar o setor a alavancar a introdução dos ônibus elétricos na cadeia produtiva. Então realizou-se simultaneamente uma pesquisa sobre quais políticas seriam mais impactantes para cada segmento envolvido. Os resultados obtidos ajudaram a construir três cenários prospectivos, um mais Conservador, um Moderado e um Ideal, onde em cada um deles são realizadas recomendações que podem alavancar a cadeia produtiva e refletir um maior ou menor grau de participação dos ônibus elétricos no mercado.

Para atingir este objetivo de cenários propositivos, este capítulo foi organizado na sua primeira parte com a metodologia das entrevistas e resultados da pesquisa; em seguida uma análise qualitativa de cada bloco de entrevistas; e por fim, os cenários efetivamente construídos. Os resultados obtidos através

destes cenários são utilizados para a realização de modelos financeiros e econômicos que podem suportar decisões estratégicas da cadeia produtiva. Os capítulos finais avaliam os impactos destes diferentes cenários na realização de investimentos diretos, criação de novos empregos, geração de impostos e desenvolvimento econômico.

A. O mercado de ônibus diesel

O mercado de ônibus a diesel com motorização P7/Euro V vive um momento de grandes incertezas. Conforme já argumentado, ele foi impactado fortemente pelos efeitos da pandemia da COVID-19 e também pela adoção de políticas de redução de emissão de poluentes, que restringiram o uso deste modelo, em alguns Países da América Latina. Entender quais as expectativas mercadológicas para os próximos três anos para o Brasil e para os mercados de exportação é base para o entendimento de como a cadeia produtiva irá se recuperar frente a este cenário e se seria possível já ter um alinhamento para a transição tecnológica para os ônibus elétricos.

Segundo os atores ligados às montadoras e encarroçadores, a expectativa é que o mercado volte a crescer lentamente. O ano de 2021 deve apresentar números melhores que 2020. A estimativa coletada é para uma produção entre 15.000 e 16.000 unidades.

O crescimento para este ano de 2021 é baseado no aumento da demanda de ônibus do segmento de fretamento⁹, que obrigou as empresas a comprarem um número maior de ônibus para o transporte de funcionários, devido às restrições de distanciamento social, e também pelas compras do Governo Federal realizada pelo Ministério da Educação, através do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, para o Programa Caminho da Escola, que através do Pregão Eletrônico número 6 de 11 de junho de 2021, fez uma licitação para aquisição de 7.000 ônibus escolares destinado ao transporte de estudantes na zona rural do país (FNDE, 2021).

O segmento de ônibus urbano, que responde pelo maior volume de produção, não conseguiu ter resultados relevantes. As empresas operadoras não realizaram novas compras e adiaram a renovação das frotas. Em grande parte, pelo impacto da redução de passageiros provocado pela ampliação do uso de carros particulares, que já impactavam o transporte público, mas foram ampliados com a pandemia da COVID 19, a utilização de carros por aplicativos, o uso de bicicletas e outros meios de micro mobilidade também são destacados. A ampliação do teletrabalho também é considerada um fator para a redução do número de passageiros. Esta situação percebida pelos atores, são confirmadas pela WRI, através de um levantamento realizado em cinco capitais São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Fortaleza e Porto Alegre (WRI, 2020).

Os atores ligados a produção de ônibus – fabricantes de chassis e carrocerias, também destacaram a redução dos pedidos do mercado de exportação. Alguns, devido a pandemia, mas também pelo volume de ônibus elétricos comprados de empresas chinesas pelo Chile e Colômbia, países que foram destacados como os principais mercados de exportação da indústria de ônibus.

Nestes países já existem legislações restritivas ao uso de ônibus a diesel com motorização P7/Euro V e as compras recentes foram atendidas com a tecnologia P8/Euro VI, que já é produzida no Brasil, mas ainda não são utilizados no mercado nacional. Este tema será abordado no item C.

Apesar destas barreiras para os ônibus a diesel nos países da América Latina, esta restrição não é suficiente, pelo menos para o momento, a ponto de estimular a produção brasileira de ônibus elétricos ou de baixa-emissão. Existe uma tendência dos fabricantes em buscar atender estes mercados através dos países originários, notadamente europeus, onde a tecnologia de ônibus de baixa emissão é produzida.

⁹ O segmento de ônibus é dividido em Urbano, Fretamento e Rodoviário. O Fretamento é o segmento que utiliza ônibus tipo rodoviário para o transporte de funcionários das empresas e para o serviço de turismo.

Mesmo com as restrições de comercialização para o mercado brasileiro e alguns países da América Latina, segundo os entrevistados, os motores P7/Euro V ainda serão produzidos por alguns anos nas fábricas brasileiras, para atender países do continente africano e algumas demandas específicas, como veículos militares e estacionários.

B. O mercado de ônibus diesel P8-Euro VI

Neste bloco de questões buscou-se entender como as restrições de circulação de ônibus que utilizam combustível fóssil, em algumas cidades do Brasil e da América Latina, e as novas regras para o mercado brasileiro sobre o controle de emissões de poluentes e de ruído para veículos automotores pesados, definidos através da Resolução 490 de 16 de fevereiro de 2018 do Conama (CONAMA, 2018), poderão impactar o processo produtivo, o mercado de exportação, as estratégias mercadológicas e a adoção de tecnologias menos poluentes. Buscou-se ainda debater com os entrevistados, se os investimentos que deverão ocorrer nas linhas de produção para atender estes novos requisitos do P8-Euro VI, não seriam suficientes para já estimular a transição tecnológica para os ônibus elétricos.

Existem diversos questionamentos sobre o tempo hábil para a adoção da motorização P8/Euro VI. Pois, devido à pandemia alguns testes de aplicação foram comprometidos e tiveram que ser postergados; ainda, residem dúvidas sobre os custos adicionais que esta nova tecnologia irá impactar no segmento, principalmente dos ônibus urbanos.

Ao serem questionados sobre este ponto, todos os atores, sem exceção, acreditam que não haverá postergação, ou seja, que a legislação será cumprida, mas ao mesmo tempo, questionaram a necessidade de implantação desta resolução por conta da emissão de poluentes.

Segundo os stakeholders entrevistados, os custos adicionais dos novos componentes que precisam ser inseridos nos ônibus, irão pressionar ainda mais o custo de operação e consequentemente as tarifas serão impactadas, com a potencial necessidade de repasse para a população. Segundo os atores da cadeia produtiva de ônibus, ainda existem diversos ônibus Euro II e Euro III, que podem ser substituídos pela tecnologia P7/Euro V, reduzindo sensivelmente o índice de poluentes nas cidades, sem comprometer a tarifa. A expectativa é de que os ônibus P8/Euro VI venham a ter um preço de comercialização superior ao P7/Euro V entre 15% e 18%.

Quando questionados sobre as restrições de emissões de poluentes, que estão sendo puxadas pela cidade de São Paulo, por exemplo, através da Lei 16.802 de 17 de Janeiro de 2018, que prevê a substituição de 50% da frota atual de 14.052 unidades, ou seja, 7.000 unidades até 2028 por ônibus zero emissões e os demais 50% até 2038; existe uma clara percepção por parte dos atores que a adoção de alguma Lei similar fique restrita à esta cidade, não sendo adotada por nenhuma outra cidade do Brasil. Cabe lembrar que a cidade do Rio de Janeiro já publicou em 11 de junho de 2019 o Decreto 46.081, instituindo no seu artigo 3º. que "qualquer contrato de concessão/permissão para a delegação de serviço de transporte público coletivo de passageiros realizado por ônibus a partir de 1º de janeiro de 2025.

Segundo os entrevistados, ainda existe espaço para a utilização de ônibus a diesel por pelo menos mais 10 anos ou até 20 anos. Existem outras tecnologias como os ônibus híbridos – elétrico/diesel, Gás, o HVO – *acrônimo em inglês para Hydrotreated Vegetable Oil*, comumente chamado de Diesel Verde e até Células de Combustível a Etanol, como objetos de prospecção e investigação de mercado em curso.

C. Os ônibus de baixa-emissão – introdução de novas tecnologias

Neste item foram discutidas quais tecnologias de ônibus são produzidas pelas empresas no Brasil e no mundo. Qual o grau de maturidade destas tecnologias, e se existe um plano estratégico para a sua introdução na cadeia produtiva brasileira, foram questões investigadas. Debateu-se ainda quais os investimentos necessários para a adequação das linhas de produção, a necessidade de mão de obra qualificada e da disponibilidade de fornecedores, locais ou internacionais.

Quando tratamos com a indústria automotiva, os fabricantes já dispõem de diversos tipos de ônibus de baixa emissão, híbridos, gás, elétricos e até hidrogênio em produção fora do Brasil. De maneira geral, todas as empresas em menor ou maior grau, já dispõem de algum produto destinado a mobilidade elétrica, ou já estão em desenvolvimento com algum parceiro.

O que poderia ser uma barreira, o conhecimento e maturidade tecnológica, para a introdução dos ônibus elétricos no Brasil, não foi percebido junto a nenhum dos atores da cadeia produtiva. Algumas empresas como a Eletra de capital nacional e a BYD de origem chinesa já produzem ônibus elétricos a bateria no Brasil, e mais recentemente a Mercedes-Benz apresentou o seu primeiro modelo totalmente elétrico para o mercado brasileiro, com planejamento para o início de produção em série já a partir de 2022. Mesmo para os sistemistas, que ainda não produzem itens destinados aos ônibus elétricos no Brasil de forma efetiva, a questão tecnológica não foi motivo de preocupação. O principal ponto abordado foi justamente não existir uma demanda nacional, ou dos mercados de exportação, que permita a produção em escala industrial.

"Precisamos de regularidade. Não adianta ter um lote e depois nada acontece. Preferimos um volume 100 por ano, do que 500 num ano e no outro nada".

A questão da escala para a produção industrial está associada a falta de políticas públicas. Para os entrevistados, não há apoio governamental principalmente na esfera federal. O principal componente para os ônibus elétricos são as células de bateria, que ainda precisam ser importadas e são taxadas com imposto de importação de 15%. Isto impacta diretamente no preço final, pois as baterias representam 60% do custo dos ônibus.

Outra barreira importante que pode ser declarada e pode prejudicar a introdução dos ônibus elétricos é o fator câmbio. Como grande parte dos componentes ainda são importados, ele impacta diretamente nos custos produtivos e nas exportações para os países da América Latina, que tem encontrado condições mais favoráveis para importar os produtos diretamente da china.

Na esfera estadual o principal imposto é o ICMS, no caso de São Paulo é de 13,3% para os ônibus. Embora ele seja o mesmo percentual para ônibus elétricos e a diesel, quando consideramos que o preço de venda dos elétricos é ainda três vezes maior do que um a diesel, em termos absoluto, o ICMS tem um impacto direto muito maior nos elétricos.

"Precisamos ter um horizonte mais claro em relação à demanda para realizar os investimentos. Estamos aptos a produzir qualquer destas tecnologias. Mas qual a hora de trazer? Se não temos políticas públicas. Crédito para quem pode comprar. Hoje não tem dinheiro nem para operação".

Quanto a esfera municipal, observou-se que a participação com subsídios, como forma de apoiar a eletrificação, foi um dos pontos mais destacados. Segundo os atores, na maioria das cidades do Brasil os custos de operação são suportados somente pela tarifa e a introdução de uma tecnologia mais cara não é possível de ser introduzida, sem onerar ainda mais o sistema, sendo necessário o repasse ao passageiro. A questão do pagamento de subsídios à operação do transporte público por ônibus ainda gera muita controvérsia. Este questionamento será mais aprofundado no item 3.5, quando se analisa as ações de mercado e tendências das cidades na adoção de licitações e contratos com a exigência de ônibus elétricos.

Quando se tratou sobre a capacitação dos fornecedores da cadeia produtiva para o fornecimento de componentes, a conclusão obtida foi, tanto por parte da indústria automotiva, que demanda produtos, como por parte dos fornecedores, que a cadeia está apta a atender a demanda de componentes para o mercado de ônibus elétricos. Para a grande maioria dos itens, não foi identificado nenhuma lacuna representativa no fornecimento de componentes nacionais, que não poderiam ser atendidos pelos fornecedores existentes, ou rapidamente mobilizado para atendimento da demanda. O único item destacado, que ainda demandaria fornecimento importado seriam as células de bateria.

Contudo, já existem atores da cadeia produtiva que estão analisando cenários de oportunidade. Estas empresas estão desenvolvendo parcerias com empresas que já produzem as células de bateria em escala industrial. Esta parceria incluiria também a transferência de tecnologia. A BYD, que já realiza o encapsulamento das células – montagem dos módulos de bateria, na cidade de Manaus, também sinalizou a possibilidade de produção local das células. O fator indutor para a evolução destes projetos é a demanda de mercado. Se houver um volume que seja consistente, estas empresas poderão produzir as células de bateria localmente e ofertar para todas os fabricantes de ônibus elétricos.

“O ideal que sejam fornecedores locais. Importar seria muito complicado, por conta da logística, Just in time, qualidade. A lacuna está associada ao baixo volume”.

Ao abordar-se a questão da infraestrutura de recarga, observou-se preocupação e pouco conhecimento sobre as adequações necessárias para o carregamento de garagens com frotas maiores e diversificadas. Existem garagens com mais de 500 ônibus, algumas com frotas de até 400 ônibus articulados, que deverá demandar uma potência considerável de energia para o carregamento simultâneo e conseqüente uma adequação maior de infraestrutura de recarga. Soma-se a isto, a necessidade de se analisar a melhor forma de montagem dos postos de abastecimento elétrico, pelas limitações de espaço físico. Em muitas garagens os ônibus ficam estacionados muito próximo um do outro, ou desalinados, exigindo uma melhor análise de como deverá ser o procedimento de carregamento.

Os atores consideraram este tema como estratégico. Há por parte da indústria automotiva, uma visão de possíveis ações como consultoria na implantação - um serviço adicional de suporte ao cliente final - mas sempre com empresas do segmento de Energia como parceiras. Já as empresas de Energia confirmaram ações efetivas de captura e implementação de projetos de mercado. Reforçaram os planos de implantação e financiamento destas infraestruturas, de forma a suportar a necessidade abastecimento das frotas em todas as cidades e operadores.

D. Metas do mercado e tendências

Para os agentes reguladores e órgãos ligados aos sistemas de transporte, o marco regulatório celebrado nos novos contratos da concessão da cidade de São Paulo, já considerando as regras da Lei 16.802/18, que estipula que as emissões de CO₂ sejam zeradas no prazo de 20 anos, pode contribuir em muito para a adoção destas premissas em outras cidades do Brasil. Cidades como São José dos Campos e Campinas, que estão desenvolvendo processos licitatórios dos seus sistemas de transporte, já estão incorporando algumas premissas para a inclusão de ônibus elétricos.

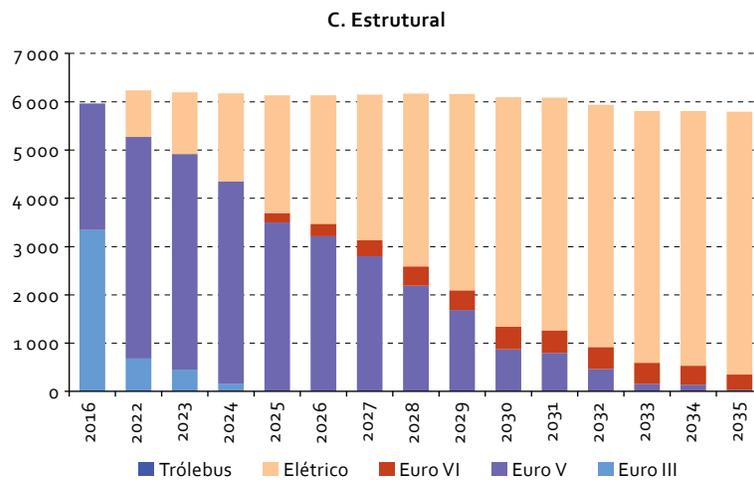
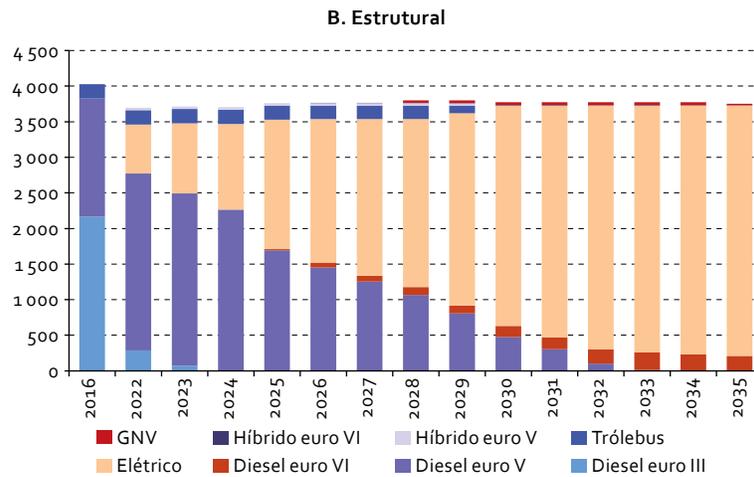
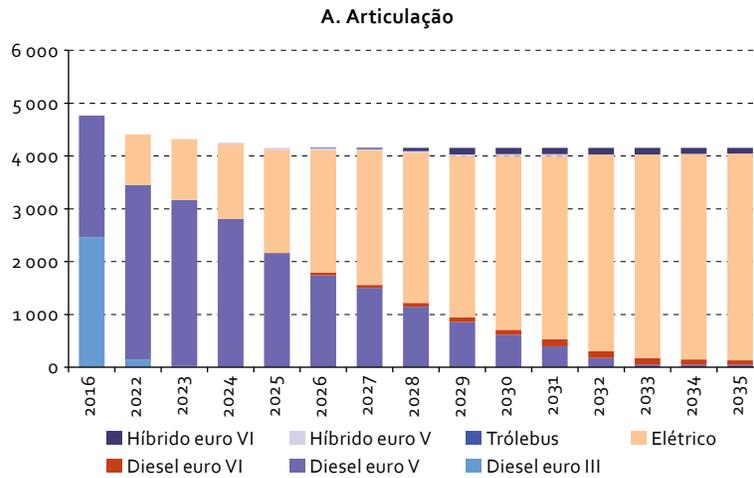
Assim como a cidade de São Paulo, as cidades do Rio de Janeiro, Salvador e Curitiba que fazem parte do Programa de Planejamento das Ações Climáticas na América Latina do C40, assumiram o compromisso de liderar iniciativas para contribuir com as metas do Acordo de Paris de redução dos efeitos dos gases de efeito estufa – GEE, também já se mobilizam para a introdução de alguma iniciativa regulatório.

A cidade do Rio de Janeiro, publicou em 11 de junho de 2019 o Decreto 46.081, instituindo no seu artigo 3º. que “qualquer contrato de concessão/permissão para a delegação de serviço de transporte público coletivo de passageiros realizado por ônibus a partir de 1º de janeiro de 2025, somente poderá ser celebrado sob a previsão contratual de utilização de ônibus de emissão zero”.

Os processos licitatórios e a adoção de novos modelos de contratos de concessão, estimulando a implantação de ônibus elétricos, também foram utilizados em cidades como Santiago no Chile e Bogotá. Estas restrições a utilização dos ônibus a diesel, impactaram diretamente a exportação dos ônibus brasileiros para estes países, como já detalhamos anteriormente.

Segundo a Sptrans, há uma expectativa positiva de que o cronograma de substituição acordado venha a ser realizado (SPTRANS, 2020). No cronograma acordado com os operadores, já estão indicados o número de ônibus diesel que devem ser substituídos anualmente, pelos próximos 20 anos (vide gráfico 17).

Gráfico 17
Resultados consolidados cronogramas entregues pelos operadores de transporte público de São Paulo



Anos	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Elétricos por ano	2 620	792	1 029	1 763	798	758	1 026	1 036	1 325	410	609	371	120	225
Frota acumulada elétricos	2 620	3 412	4 441	6 204	7 002	7 760	8 786	9 822	11 147	11 557	12 166	12 537	2 657	12 882

Fonte: SPTTrans (2020).

Por outro lado, nas entrevistas realizadas, não se percebeu um consenso entre os atores e identificou-se certa controvérsia no cumprimento destas metas. Um dos argumentos apresentados é que há poucos players no mercado com oferta de ônibus elétricos, bem como poucos modelos disponíveis. Pesa também o valor de aquisição de um ônibus elétrico, que custa três vezes o preço de seu similar a diesel.

Do ponto de vista de outra cidade, vemos que a cidade do Rio de Janeiro, através da SMTR, informou que com a existência do Decreto 46.081/2019 que define a implantação de ônibus não poluentes já a partir de 2025, pretende colocar em operação 40 ônibus elétricos tipo *padron* no sistema BRT até 2022, como forma de avaliar sua utilização e ajustar parâmetros futuros. Porém, o sistema de transporte por ônibus do Rio de Janeiro encontra-se com problemas financeiros e operacionais. Por exemplo, mais de uma dezena de empresas faliram ou estão em recuperação judicial. Segundo os entrevistados, este cenário de incertezas e as dificuldades financeiras prejudicam atendimento das novas exigências do decreto e mais ainda a introdução dos ônibus elétricos.

A viabilidade financeira das operações, foi um dos pontos mais destacados pelos entrevistados quanto a dificuldade de replicação do modelo da cidade de São Paulo. Na grande maioria das cidades, somente existe a geração de receitas pela cobrança da tarifa pública. Para os operadores, este valor é insuficiente para cobrir a defasagem dos custos operacionais, principalmente pelo número de gratuidades, o que não permite uma ampliação dos custos com novas tecnologias. São poucas cidades que dispõem de algum subsídio das prefeituras. A cidade de São Paulo é a cidade que realiza o maior aporte financeiro para subsidiar a operação. No ano de 2020 foram destinados ao subsídio do sistema SPTrans mais de R\$ 3 bilhões (SPTRANS, 2021), por outro lado, existe um forte questionamento sobre um valor disponibilizado e a qualidade dos serviços oferecidos (ANTP, 2021).

Em virtude destas limitações de recursos e baseado nos modelos de concessão realizados no Chile e da Colômbia, onde as empresas de energia ENGIE e ENEL compraram os ônibus elétricos e alugam para os operadores, questionou-se os entrevistados sobre a viabilidade destas novas formas serem replicadas no Brasil, como forma de suportar a transição tecnológica.

Num primeiro momento, a percepção é positiva, pois irá tirar do operador o risco da aquisição da tecnologia. Existem cidades que estão buscando alternativas similares, como a cidade de São José dos Campos, que separou o processo licitatório de aquisição dos ônibus, da licitação de operação. Para o novo corredor BRT a Prefeitura licitou e comprou 12 ônibus elétricos articulados de 22 metros da BYD. Desta forma, caso a empresa que irá operar venha a ter algum problema operacional e de qualidade dos serviços prestados, a Prefeitura poderá substituí-la, sem perder o controle da tecnologia. Ao mesmo tempo, a empresa operadora terá menos ônus na compra dos ônibus, que são mais caros.

Por fim, a cidade de Campinas, que foi a primeira cidade do Brasil a operar 12 ônibus elétricos a bateria, chegou a publicar em agosto de 2019 um edital para o sistema de transporte. Naquela oportunidade o edital previa a introdução de 339 veículos elétricos – 235 articulados e 104 *padron*. Estes ônibus iriam rodar numa área central designada área branca (EMDEC, 2019). Porém, o processo de licitação foi julgado irregular pelo Tribunal de Contas do Estado de São Paulo e teve que ser suspenso. Segundo a secretaria de transporte de Campinas, o edital está sendo reavaliado e modificado para atender as exigências do Tribunal de Contas do Estado, bem como também deverá ser alterado a introdução dos ônibus elétricos. Segundo a secretaria, tendo em vista o novo edital, será exigido a colocação de ônibus elétricos num percentual da frota total, existindo inclusive a possibilidade de todo o novo BRT já ser elétrico.

Percebeu-se que todas as iniciativas de introdução de ônibus elétricos nas cidades têm encontrado de uma forma geral, diversos pontos de resistência. As cidades que promoveram alguma ação ainda não conseguiram de forma efetiva realizar a introdução em escala dos ônibus elétricos.

Porém as iniciativas em curso poderão acelerar esta transição. Os resultados operacionais dos ônibus elétricos a bateria na empresa Transwolff, que confirmou a intenção de compra de mais 100 unidades para 2022, a efetivação do cronograma de substituição dos ônibus a diesel na cidade de São Paulo, o início de operação dos 40 ônibus elétricos no BRT do Rio de Janeiro, o início de operação do novo BRT em São José dos Campos serão a chave do sucesso da replicação e geração de tendência para as demais cidades do Brasil.

E. Potencial para o retrofit

No entendimento dos entrevistados, como os principais componentes que devem ser colocados - baterias, motor elétrico e conversores – são os itens com o maior custo, mais de 70% do preço total, a realização do Retrofit não se justifica. Haveria inclusive uma dificuldade para suportar financeiramente este investimento. Como a idade máxima de utilização dos ônibus a diesel nos sistemas é de dez anos, o Retrofit não garantiria o tempo necessário para a depreciação dos investimentos.

Outro ponto destacado é o peso total do ônibus elétrico. As baterias num ônibus padron, para uma autonomia média de 200 km, podem chegar a três toneladas. A estrutura do chassi e da carroceria precisam ser adequadas à esta nova configuração, com a utilização dos materiais que permitam uma equalização do peso total. No caso de um ônibus a diesel isto não foi realizado. Esta mudança de peso ou configuração implicaria ainda a necessidade de uma reavaliação de alguns itens de segurança, como o sistema de freios por exemplo. Segundo os entrevistados, um ônibus elétrico já “nasce” com as características próprias.

F. Políticas de estímulo

Como mencionado no item A, investigou-se com os entrevistados as necessidades e possibilidades de políticas de estímulo à introdução dos ônibus elétricos. Os resultados obtidos nesta pesquisa, reforçam o levantamento qualitativo identificado durante as entrevistas. Há uma percepção dos entrevistados que o Estado deve desempenhar um papel de liderança, de orientação e de facilitador do processo de introdução dos ônibus elétricos.

As cidades podem adotar algumas políticas públicas indutoras, como legislações e cronogramas que forcem a substituição da frota. Porém, os custos operacionais são na grande maioria das cidades, suportados somente pela tarifa e não estão sendo capazes de cobrir as tecnologias atuais, sendo necessário a adoção de alguma forma de subsídio, que só é adotado por poucos municípios. Desta forma, estas políticas públicas são limitantes e não são possíveis de serem adotadas por todos os municípios se não forem realizadas de forma estratégica e organizada pelas três esferas de Governo, Federal, Estadual e Municipal.

Os governos estaduais podem contribuir de forma efetiva através da redução do ICMS que sobrecarrega a energia de abastecimento e da compra dos ônibus elétricos.

Porém, são as políticas nacionais que permitem que a cadeia produtiva tome decisões de longo prazo. São investimentos que movimentarão diversos setores da economia e poderão gerar novos empregos, bem como o desenvolvimento econômico e social.

Ações do Governo Federal, na realização de políticas nacionais, como redução dos impostos de importação de componentes, políticas de compras para projetos do Governo Federal, políticas de financiamento, com redução das taxas de juros, ampliação dos prazos de pagamento e de garantias para que os investimentos necessários sejam realizados são entendidas como as maiores ações alavancadoras.

“Tem muita política no transporte, mas pouca política para o transporte”.

O papel que estas políticas podem desempenhar na introdução dos ônibus elétricos, podem ser observadas através de três cenários que serão descritos a seguir. Estes cenários serão utilizados nos capítulos seguintes para dimensionar a cadeia produtiva e os benefícios macroeconômicos para o mercado brasileiro.

G. Cenários prospectivos para a introdução dos ônibus elétricos

Tendo como base o panorama corrente do segmento de ônibus, acrescido das avaliações qualitativas dos participantes das entrevistas, concebeu-se três cenários de mercado qualificadores do processo de introdução dos ônibus elétricos na cadeia produtiva brasileira, a saber:

- Business As Usual – BAU;
- Moderado;
- Ideal;

Como parâmetros balizadores e influenciadores para estes cenários, foram adotados critérios desdobrados da análise legislativa, produtiva e de mercado, a citar:

- Planos de transição tecnológica para os ônibus elétricos das cidades;
- Renovação orgânica das frotas, que abre a janela de oportunidade para a inserção de novas tecnologias via processo de substituição;
- A migração de tecnologia através de políticas de estímulo, podendo ser adotadas pela esfera municipal ou federal;
- Potencial formação da cadeia produtiva e o respectivo incremento de volume devido ao mercado externo, em que se prevê o aumento de demanda em diversas regiões, principalmente para a América Latina.
- A percepção dos atores da cadeia atual que retrata a manutenção do volume total de ônibus no período de análise (2021-2050), mesmo com o aumento potencial da população urbana. Esta ponderação tem argumento na introdução de outros modais de transporte, como o transporte por aplicativo, a micro mobilidade, os novos projetos de transporte de massa – metrô e trens – bem como a mudança para o teletrabalho.
- 15.000 e 16.000 unidades serão produzidas em 2021, justificadas principalmente pela licitação federal oriunda do Programa “Caminho da Escola”, sendo esta premissa a base inicial para todos os cenários.
- Visão de que até o ano de 2050, entre 20.000 a 25.000 unidades anuais serão produzidas.
- Espera-se certo crescimento de mercado devido a compra da tecnologia EURO V, antes da migração para a tecnologia EURO VI – planejada para 2023 – com vistas a evitar os custos desta nova tecnologia.

As premissas consideradas para a construção dos cenários de evolução de volumes encontram-se no final deste documento. A seguir, parte-se para a apresentação dos resultados encontrados.

1. Cenário *business as usual* – BAU

Para este cenário, somente os municípios de São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Curitiba, São José dos Campos, implementariam, pelos critérios apontados, frotas de ônibus elétricos. Ressalta-se que não se considera qualquer política da esfera federal que favoreça esta adoção. Adiciona-se ainda neste contexto o corredor ABD (municípios de Santo André, São Bernardo do Campo e Diadema) para os trólebus e o BRT ABC (municípios de Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul).

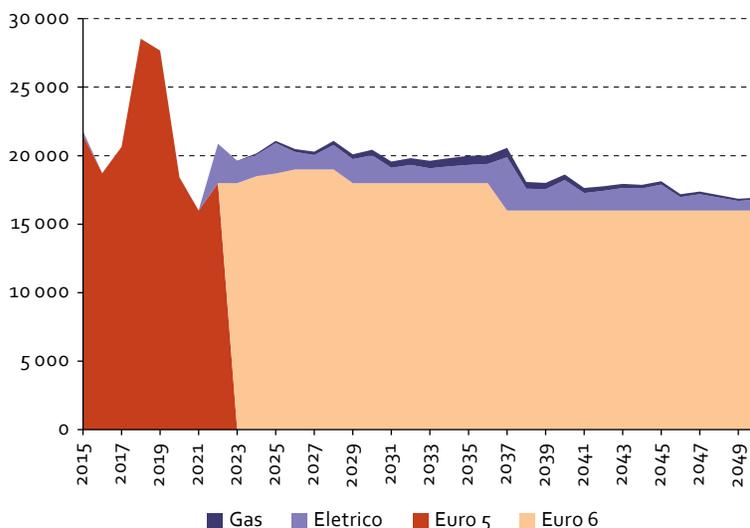
De forma específica, destacam-se os municípios com ações em curso, em especial São Paulo e o Rio de Janeiro, que já possuem instrumentos legais que catalisam a transição para a frota elétrica.

Também, tem-se os municípios de Salvador e Curitiba que possuem interfaces com entes do setor elétrico a fim de discutir modelos de aquisição de frota e inserção no programa de descarbonização do C40, que provê robustez aos planejamentos divulgados por estes municípios. Cita-se ainda o processo de licitação em curso dos municípios de São José dos Campos e Campinas.

No cenário BAU preconizam-se os parâmetros atuais de financiamento do BNDES, sem qualquer novo aprimoramento de modelos de negócios e da estrutura financeira. Também se mantém os tributos atualmente praticados sobre todos os componentes do ônibus elétrico, assim como no ônibus a diesel. Este cenário representa a substituição natural dos ônibus a diesel pelos elétricos, que deve ocorrer ao

longo do tempo, especialmente após 2034 quando iniciará renovação de frota para os ônibus P8/Euro VI lançados em 2023. Isto deve acontecer impulsionados somente pela regulação e acordos vigentes, e pela redução dos preços do ônibus elétrico previstos devido a sua consolidação no mercado. Os volumes de produção é as políticas fiscais não permitem atender o mercado externo a partir do Brasil (vide gráfico 18).

Gráfico 18
Cenário mercado BAU



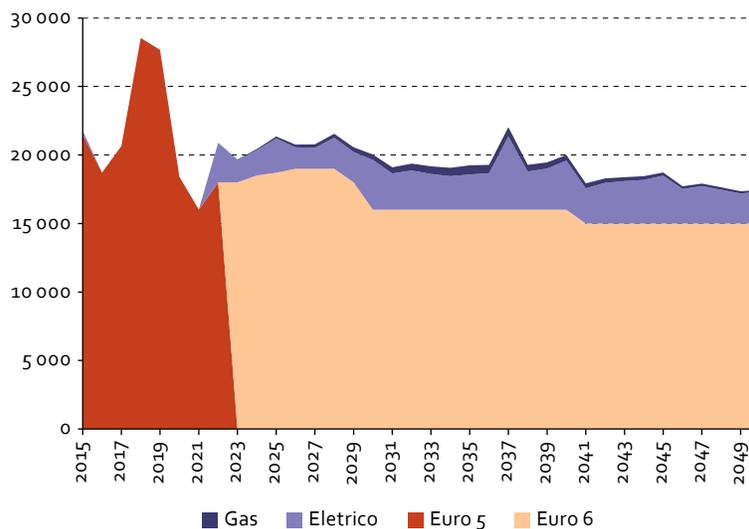
Fonte: Elaboração própria.

2. Cenário moderado – CM

Além de São Paulo e Rio de Janeiro, que continuam suas ações de substituição da frota a diesel por elétrico, neste cenário os municípios ligados ao programa de despoluição do C4o Salvador e Curitiba apresentam uma atuação mais efetiva, com a adoção de bases regulatórias similares a Lei 16.802/18 do município de São Paulo e ao Decreto 46.081/19 do município do Rio de Janeiro. Juntamente com os ônibus elétricos, são implementados alguns outros modelos de ônibus de baixa emissão como gás. Existe um movimento contínuo de renovação de 10% da frota anual, principalmente a partir de 2034, com a troca dos primeiros P8/Euro VI.

Paralelamente, há uma desoneração total dos impostos federais, que impactam diretamente sobre componentes importados e baterias, que ajudam reduzir o impacto nos custos de produção dos ônibus. Para este cenário, os governos estaduais realizam uma redução no imposto sobre energia. Apesar da perda de receita com a energia, há um aumento nos impostos sobre a venda dos ônibus que são mais caros que os a diesel. Não há criação de estruturas financeiras e de garantias, portanto, mantem-se as taxas atualmente cobradas pelo BNDES para este tipo de veículos. Apesar de não haver ações fiscais que melhorem o processo de exportação, há um aumento nas exportações a partir de 2030 pelo aumento de volume produtivo, ganho de escala e redução de impostos de importação, que melhoram a competitividade produtiva (vide gráfico 19).

Gráfico 19
Cenário mercado moderado



Fonte: Elaboração própria.

3. Cenário ideal – CI

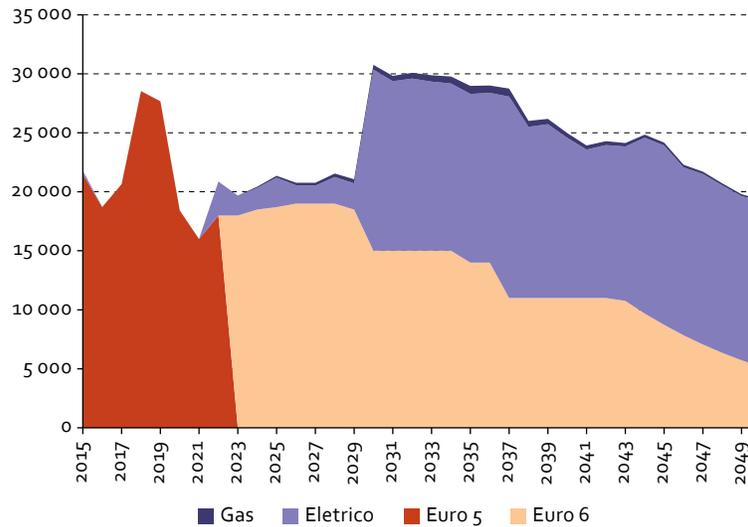
Para o cenário ideal há um processo acelerado de eletrificação, motivado por razões regulatórias impositivas para cidades acima de 1 milhão de habitantes. As bases para o sistema regulatório federal são similares a Lei 16.802/18 do município de São Paulo e ao Decreto 46.081/19 do município do Rio de Janeiro.

Esta determinação acarreta ônus financeiro aos sistemas de transporte público municipal, que são compensados com um programa nacional de incentivo a frota limpa, com a criação de um fundo para suportar o transporte público municipal (subsídios). Ainda no âmbito federal, há incentivo fiscais para a redução da carga tributária sobre componentes importados, financiamentos a baixo custo para compra de veículos, estruturas financeiras para a implantação da infraestrutura de alimentação, e garantia aos financiadores.

Como forma de garantir volume para a cadeia produtiva, o Governo Federal ajusta a Lei das Licitações 14.133 de 01 de abril de 2021 (BRASIL, 2021), exigindo que todas as compras de ônibus pelos órgãos de administração pública sejam elétricos, em especial o programa de ônibus escolares Caminho da Escola.

Neste cenário ocorre, em virtude do aumento de demanda, a implantação das fábricas de bateria e instalação de novos fabricantes de chassis, gerando novos empregos na cadeia produtiva. Da mesma forma que no cenário moderado, os estados participam com a redução dos índices de ICMS para a energia elétrica e para a venda dos ônibus. Esta iniciativa é compensada com a redução da pressão nos serviços hospitalares, pela redução da poluição e dos problemas respiratórios. O governo federal também atua de forma a facilitar o processo de exportação. Com a fabricação de baterias e de novos fabricantes de chassi, há uma redução de custos produtivos e um aumento nas exportações a partir de 2030 (vide gráfico 20).

Gráfico 20
Cenário mercado ideal



Fonte: Elaboração própria.

H. Considerações finais do capítulo

Na primeira parte deste capítulo foi possível identificar o potencial produtivo dos ônibus a diesel com motorização P7/Euro V. Há uma defesa por parte dos fabricantes de chassis e das entidades de classe que os representa, de que existe um espaço muito grande para a utilização deste tipo de motorização. Na sequência foi avaliada a introdução da motorização P8/Euro VI em 2023. Segundo os atores, este tipo de motorização deverá ser adotado pela maioria dos mercados por mais de 20 anos.

Quando se discutiu as questões sobre a disponibilidade de tecnologias de ônibus de baixa emissão por parte dos fabricantes nacionais, nas suas matrizes ou no Brasil, ficou caracterizado que tanto a tecnologia dos ônibus elétricos, como a cadeia de fornecedores estão aptos a atender as demandas do mercado nacional. Não se viu, por exemplo, alguma restrição de ordem técnica ou de capacitação severa. Pelo contrário, as indústrias estabelecidas já têm condições de produzir estes produtos nas linhas de produção, considerando ajustes e calibrações pontuais. Cabe frisar o gargalo mais perceptível na linha dos componentes, representados pelas baterias, que ainda demandarão investimentos para a produção nacional.

Ao se abordar sobre os novos processos licitatórios, grande parte dos atores não identificam a possibilidade de replicação das bases regulatórias adotadas por São Paulo e Rio de Janeiro, e que as licitações que começam a surgir com solicitação de ônibus elétricos são limitadas a algumas cidades, não garantindo aumento de demanda e consequentemente estímulo para o aumento da oferta. Desta forma, o Retrofit, que poderia ter um espaço para suprir esta falta de demanda, também não se mostrou interessante, pois os custos dos agregados necessários à substituição dos itens do sistema de tração são muito maiores do que ter o ônibus elétrico de origem.

Por fim, na última parte do capítulo, foram construídos cenários prospectivos. No cenário BAU e no Moderado, a adoção de políticas públicas motivadoras para o aumento de demanda são bem restritas, limitadas a poucas cidades que já desenvolvem alguma iniciativa. No cenário considerado o Ideal, já existem condições mais favoráveis. Para o atendimento da demanda nacional e de exportação, existe o engajamento efetivo do Governo Federal e uma ação integrada com as esferas Estadual e Municipal é a chave para o sucesso na introdução dos ônibus elétricos nas cidades brasileiras.

Ações como a obrigatoriedade de compras de ônibus elétricos pela administração pública, a geração de políticas públicas para a redução tributos e a geração de recursos destinados a suportar o transporte público por ônibus, podem garantir efetivamente uma grande força alavancadora para a cadeia produtiva. Com garantias concretas dos Governos, os operadores poderão realizar investimentos nas frotas, ampliação dos volumes, o mercado poderá realizar investimentos diretos, permitindo a entrada de novos fabricantes de ônibus elétrico e componentes.

É com base nestes cenários, que debatem o nível de participação dos diversos atores, e em especial os instrumentos de política pública que podem ser adotados pelas esferas de Governo Federal, Estadual e Municipal, que se analisa nos próximos capítulos, os modelos financeiros e econômicos que sinalizam como estas decisões estratégicas poderão afetar a cadeia produtiva brasileira, na realização de investimentos diretos, criação de novos empregos, geração de impostos e desenvolvimento econômico.

IV. Instrumentos necessários para suportar os cenários de projeção construídos: um olhar para os recursos financeiros e humanos

Neste capítulo, o objetivo é levantar e caracterizar os investimentos produtivos, instrumentos de financiamento disponíveis e potenciais, e aspectos qualitativos das transformações no capital humano necessários para a eletrificação do transporte público. Este exercício tem como ponto de partida os cenários elaborados no capítulo precedente e o resultado que será empreendido neste capítulo se coloca como dimensões chave para a elaboração de políticas públicas, e alimentarão os modelos apresentados no Capítulo V.

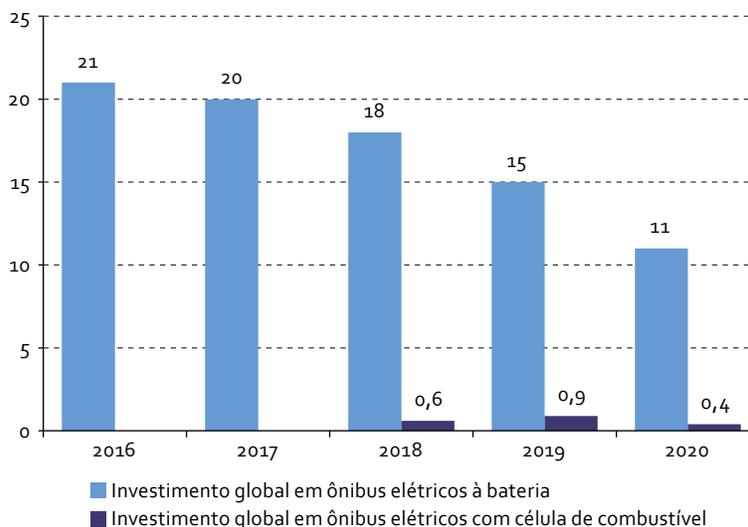
Para isso, o capítulo se organiza da seguinte maneira: após uma breve revisão bibliográfica dos principais investimentos na cadeia produtiva de ônibus de baixa emissão no mundo nos últimos anos, se traça um panorama dos investimentos produtivos relacionados aos ônibus elétricos já realizados no âmbito nacional e um exercício prospectivo baseado nos cenários apresentados no capítulo anterior, apresentando uma estimativa da capacidade produtiva e dos investimentos relacionados até 2050. A seguir se busca mensurar o custo da eletrificação total da frota de ônibus urbano brasileira e seu impacto no PIB até 2050. São também apresentados e discutidos os principais instrumentos de fomento e financiamento para as atividades relacionadas aos ônibus elétricos no âmbito nacional, bem como uma breve revisão dos instrumentos em âmbito internacional. Finalmente se trata das mudanças qualitativas nas capacitações e competências exigidas pelos recursos humanos empregados na cadeia produtiva de ônibus elétricos e atividades relacionadas.

A. Panorama e estimativas dos investimentos na cadeia produtiva de ônibus de baixa emissão de carbono no Brasil e no mundo

Do ponto de vista global, os dados agregados de investimentos em ônibus elétricos ainda são bastante escassos devido ao caráter incipiente desse mercado e de sua cadeia produtiva. Segundo dados do relatório *Energy Transition Investment Trends 2021*, da Bloomberg NEF (BNEF, 2021), única fonte encontrada na busca realizada com dados do presente ano o investimento global em ônibus elétricos à bateria segue uma trajetória decrescente nos últimos anos: o montante se reduziu quase pela metade entre 2016 e 2020 (de US\$ 21 bilhões para US\$ 11 bilhões) (vide gráfico 21).

Segundo o estudo, a principal causa dessa redução significativa são as mudanças no mercado chinês, responsável por 99% das vendas de ônibus elétricos no período, e refletem a retirada de subsídios e a saturação da demanda nas grandes cidades, algumas das quais já concluíram a primeira fase de transição para o transporte eletrificado.

Gráfico 21
Investimento global em ônibus elétricos
(US\$ bilhões)



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do BNEF (2021).

De forma geral, os investimentos fora da China ainda são tímidos, mas vem crescendo num ritmo maior à medida que governos e cidades manifestam interesse por esses veículos e impõem restrições aos ônibus convencionais. A partir desse panorama internacional, interessa ao estudo entender também o panorama de investimentos do setor no Brasil.

A análise das entrevistas conduzidas no projeto, combinadas com informações e dados secundários, mostram que os principais investimentos produtivos em ônibus elétricos no Brasil devem ocorrer de forma gradual, a depender do comportamento da demanda, da implementação de políticas públicas e da movimentação das montadoras e fornecedores. Outro fato relevante é que a demanda interna projetada e os investimentos produtivos já realizados (por exemplo, pela BYD) não justificam a construção de unidades produtivas de grande porte até o final da década de 2020 (ver cenários no capítulo anterior).

Diante da escassez de um direcionamento de políticas públicas, da falta de incentivos em nível nacional, e das incertezas tecnológicas, operacionais e econômicas, as montadoras tradicionais ainda adotam uma estratégia prospectiva, postergando investimentos em capacidade produtiva nas tecnologias alternativas. No Brasil, algumas das principais fabricantes de caminhões e ônibus (Mercedes-Benz, Scania, Volkswagen CO, e Volvo) já anunciaram investimentos no valor de R\$ 6,8 bilhões até 2025¹⁰, embora a maior parte desses investimentos sejam direcionados para a ampliação e modernização da produção de ônibus a diesel.

Ainda que não tenha sido possível obter informações sobre a parcela desses investimentos direcionada para ônibus de baixa emissão, algumas fabricantes revelaram informações relevantes no contexto dos ônibus de baixa emissão. A Volkswagen Caminhões e Ônibus, por exemplo, anunciou que investirá R\$ 2 bilhões em novas tecnologias incluindo ônibus elétricos, enquanto a Scania anunciou que

¹⁰ <https://estradao.estadao.com.br/caminhoes/fabricantes-de-caminhoes-e-onibus-vaio-investir-r-68-bilhoes-no-brasil-ate-2025/>.

seu investimento de R\$ 1,4 bilhões até 2024 envolverá o desenvolvimento da produção de ônibus a gás. Não obstante, em uma perspectiva global as matrizes dessas fabricantes já vêm realizando investimentos significativos em pesquisa, desenvolvimento e fabricação de ônibus elétricos, híbridos e à célula de combustível (IEA, 2021a), embora essa estratégia global ainda não se manifeste de maneira significativa nas estratégias de investimento das fabricantes globais no Brasil.

O investimento recente mais relevante e concreto em ônibus elétricos pelas montadoras tradicionais é o que foi anunciado recentemente pela Mercedes-Benz, que anunciou que investiu cerca de R\$ 100 milhões no desenvolvimento de um chassi de ônibus elétrico para o Brasil, incluindo adaptações na fábrica de São Bernardo do Campo (SP), além de testes e protótipos, investimentos em engenharia, capacitação e redes de fornecedores¹¹.

Ainda em relação a novas empresas focadas exclusivamente nos ônibus elétricos, alguns investimentos produtivos foram anunciados publicamente, embora sua efetivação ainda dependa de muitos fatores e, portanto, a entrada efetiva dessas empresas no mercado brasileiro de ônibus de baixa emissão não deve ser dada como certa no momento. Dentro do escopo da Aliança Zebra (Seção 4.4), por exemplo, a fabricante chinesa Higer bus anunciou um investimento de US\$ 5-10 milhões em uma unidade de montagem (PKD-SKD) de ônibus elétricos no Espírito Santo. Outro investimento que chama a atenção pelo montante de recursos e pela escala do projeto é o da Bravo Motors, que anunciou, em uma carta de intenções publicada em 2021, que pretende investir cerca de R\$ 25 bilhões num complexo produtivo para a fabricação de baterias e veículos elétricos, entre os quais ônibus elétricos, em Minas Gerais¹². Nesse caso específico, entretanto, ainda existe muita especulação em torno da viabilidade do investimento, primeiro devido à magnitude dos investimentos anunciados, muito superior às outras iniciativas, e pelo fato de a empresa em questão ainda não ter uma linha de produção consolidada, apenas protótipos.

Em um levantamento recente da WRI Brasil¹³, oito fabricantes de ônibus elétricos demonstram interesse no mercado brasileiro. Além das já citadas BYD, Eletra, Higer e Mercedes-Benz, estão nesse grupo as seguintes empresas: Foton, Skywell, Sunwin e Zhongtong. No total, essas empresas informaram a intenção de fornecer 32 modelos de ônibus a bateria: 12 padron, 10 articulados e 10 de portes menores.

A perspectiva é de que, a partir do final da década, o aumento da demanda interna projetada e a maior maturidade do mercado possa incentivar também montadoras focadas exclusivamente na produção de ônibus elétricos e chassis a entrar no mercado brasileiro e realizar investimentos produtivos, como já aconteceu com a fabricante chinesa BYD, que já investiu cerca de R\$ 200 milhões na unidade produtiva em Campinas¹⁴, além de R\$ 15 milhões na fábrica de baterias em Manaus¹⁵. Como a capacidade produtiva da empresa no país, que é de 720 chassis/ano, pode ser expandida até 1400 chassis por ano sem a necessidade de novas fábricas, é provável que a empresa não realize nenhum grande investimento nos próximos anos, mas sim busque reduzir a capacidade ociosa da unidade produtiva existente.

A escassez de informações e intenções de investimento para os próximos anos reduz a capacidade de prever com exatidão o montante de recursos que serão utilizados pela cadeia produtiva para viabilizar a produção dos ônibus elétricos no Brasil, de forma que a demanda prevista seja atendida através de produção nacional. Nesse sentido, o presente estudo conduz um exercício de prospecção que permite traçar um panorama geral dos investimentos produtivos necessários para viabilizar a capacidade produtiva destinada a atender a demanda interna e externa, levando-se em consideração os três cenários traçados no capítulo anterior.

¹¹ <https://www.automotivebusiness.com.br/noticia/33522/mercedes-benz-investe-r-100-milhoes-no-seu-primeiro-onibus-eletrico-no-brasil>.

¹² <https://www.automotivebusiness.com.br/noticia/33038/bravo-motor-promete-investir-r-25-bilhoes-para-fazer-eletricos-em-nova-lima-mg>.

¹³ <https://wribrasil.org.br/pt/blog/cidades/mercado-indica-aumento-oferta-onibus-eletricos-transicao-frota-brasil>.

¹⁴ <https://www.businesswire.com/news/home/20140715006224/en/BYD-Company-Announces-First-Factory-in-Brazil>.

¹⁵ <https://www.autoindustria.com.br/2020/08/24/byd-investe-r-15-milhoes-em-fabrica-de-baterias-em-manaus/>.

O exercício prospectivo utiliza um levantamento de informações acerca dos valores de investimentos em fábricas de ônibus elétricos no mundo, apresentadas na tabela 6. Os valores dos investimentos em moeda estrangeira foram convertidos em Reais de acordo com a taxa de câmbio média anual do ano em que foram anunciados, e aqueles em moeda nacional foram deflacionados¹⁶ para refletir valores atualizados e permitir a comparação dos investimentos. De toda forma, é preciso ressaltar que os números refletem um amplo escopo de projetos produtivos em diferentes países, com escalas distintas, conseqüentemente com custos de implementação diferentes. Dessa forma, optou-se por utilizar uma média dos custos marginais em capacidade produtiva.

Tabela 6
Investimentos produtivos em ônibus elétricos no Brasil e no mundo

Unidade produtiva de ônibus elétricos (país)	Investimento produtivo aproximado (R\$ milhões)	Capacidade produtiva (ônibus/ano)	Custo marginal da capacidade produtiva (R\$ milhões)	Produção
BYD (Hungria)	80	400	0,20	Padron e articulado
BYD (França)	40	200	0,20	Padron e articulado
Irizar (Espanha)	340	1 000	0,34	Padron e articulado
BYD (Brasil)	250	720+	0,35	Chassis Padron
Proterra (EUA)	230	400	0,58	Padron
Arrival (EUA)	240	1 000	0,24	Padron
Entrevista	1 300	10 000	0,13	Padron
Mercedes-Benz (Brasil)	100	150+	0,67	Chassis Padron
<i>Custo marginal médio de aumento de capacidade produtiva</i>			0,34	

Fonte: Elaboração própria com base em informações divulgadas pelas respectivas fabricantes e entrevistas do projeto.

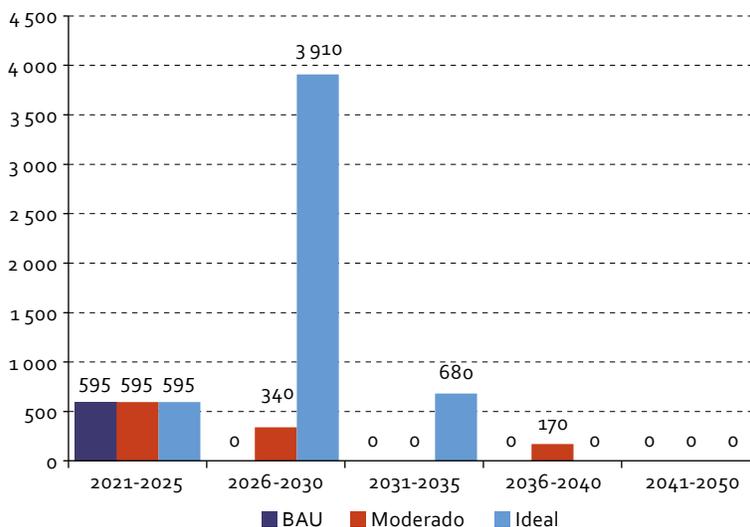
A partir dos dados coletados, estima-se que, em média, são necessários R\$ 340 mil por unidade adicional de capacidade produtiva implementada. Esse valor representa uma média dos diferentes investimentos já anunciados e/ou realizados globalmente, que por si tem valores bastante diversificados e incorporam também esforços de P&D, engenharia e treinamento.

Não obstante, dadas as limitações no acesso a informações mais precisas, esse valor será utilizado como base para calcular o montante estimado de investimentos necessários para atender à demanda de ônibus para os próximos anos, de acordo com os três cenários apresentados no capítulo anterior (BAU, Moderado e Ideal). Dessa forma, o investimento marginal é combinado com a estimativa de evolução da capacidade produtiva, chegando-se então a um valor estimado de investimentos que viabilizaria a produção nacional destinada a atender a demanda em cada cenário.

É importante ressaltar que o investimento produtivo calculado leva em consideração apenas a criação de capacidade produtiva através da construção e/ou adaptação de unidades produtivas, e não considera, por exemplo, eventuais investimentos em adaptação e atualização das fábricas já existentes. Também é preciso ressaltar que esse investimento considera apenas as montadoras na ponta da cadeia, e não as demais empresas da cadeia de valor *upstream*, como fornecedoras de componentes. Um cálculo mais amplo nesse sentido será realizado no Capítulo V através das relações na Matriz Insumo-Produto. A trajetória de investimentos por cenário é apresentada na gráfico 22 a seguir.

¹⁶ Utilizando-se o deflator do IBGE: <http://sidra.ibge.gov.br/tabela/6784>.

Gráfico 22
Estimativa de investimentos em ampliação da capacidade produtiva em ônibus elétricos no Brasil
(R\$ milhões)



Fonte: Elaboração própria.

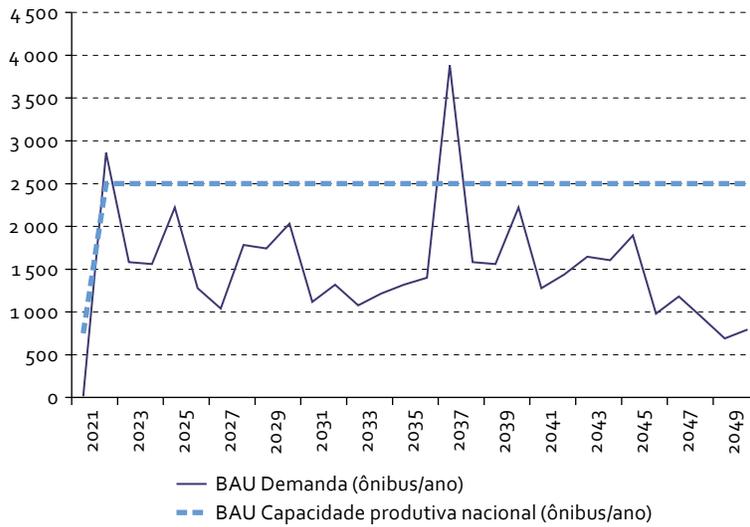
No cenário BAU, mais conservador e com a menor demanda por ônibus de baixa emissão, o montante de investimentos em ampliação da capacidade produtiva das montadoras totalizaria cerca de R\$ 595 milhões até 2050, dispendidos em uma única onda de investimentos na primeira metade da década de 2020. Esse cenário de baixo investimento reflete a continuidade do cenário atual de escassez de incentivos e subsídios públicos, poucas iniciativas de eletrificação por parte dos municípios brasileiros e baixa competitividade internacional.

Os investimentos produtivos já realizados até o momento (BYD, Eletra, Mercedes-Benz) se juntariam a uma onda de investimentos produtivos adicionais, o que elevaria a capacidade produtiva para 2500 ônibus/ano, o que atenderia a demanda projetada durante todo o período considerado (gráfico 23). Consequentemente, essa saturação do mercado se configuraria como uma barreira à entrada a novos investimentos produtivos. Os picos de demanda, como em 2037, não justificariam um aumento de capacidade produtiva e poderiam ser atendidos com importações e também através de estoques produtivos dos anos anteriores.

Já no cenário "Mercado Moderado", o montante de investimentos estimado até 2050 seria de R\$ 1,1 bilhão, refletindo a adoção de iniciativas mais consistentes por parte de alguns municípios relevantes e um ambiente produtivo e de negócios mais favorável em relação ao cenário BAU.

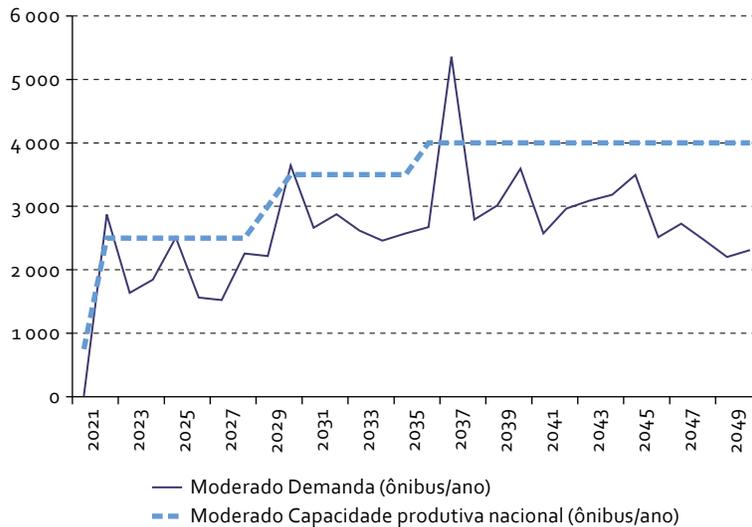
Além da primeira onda de investimentos no período 2021-2025, são projetadas também duas outras ondas de investimento produtivos menores, a primeira entre 2026-2030 para atender ao aumento da demanda no Rio de Janeiro e em outras cidades, e investimentos adicionais no quinquênio 2036-2040 para atender ao aumento da demanda via exportações, a entrada de cidades menores e o movimento de renovação de 10% da frota anual a partir de 2034, que também utilizaria importações e estoques produtivos. A partir desse período, a capacidade produtiva se estabilizaria em 4000 ônibus/ano até 2050, sendo assim capaz de atender a demanda (vide gráfico 24).

Gráfico 23
Capacidade produtiva estimada – cenário BAU



Fonte: Elaboração própria.

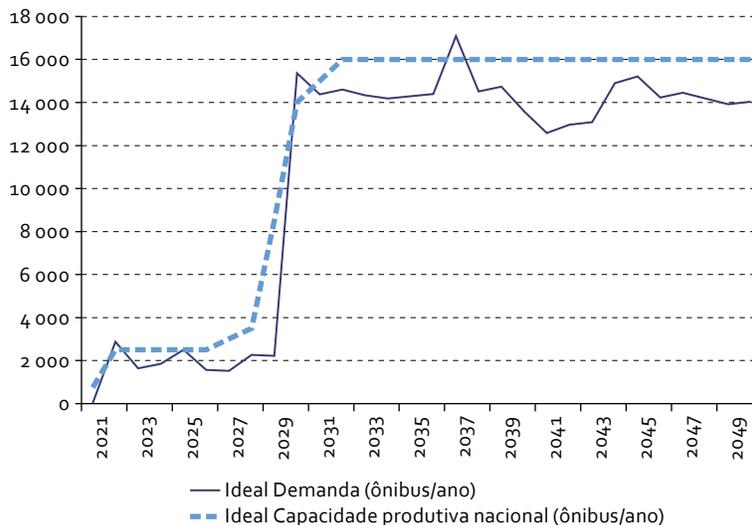
Gráfico 24
Capacidade produtiva estimada – cenário moderado



Fonte: Elaboração própria.

Já no terceiro cenário, "Ideal", há um salto de demanda principalmente a partir do final da década de 2020, impulsionado por incentivos, por iniciativas de cidades menores, renovação de frota e programas de compras governamentais, o que estimularia a criação de capacidade produtiva adicional para atender a essa demanda. Nesse cenário, os investimentos em criação de capacidade produtiva poderiam chegar a cerca de R\$ 5,2 bilhões até 2050, sendo concentrados principalmente entre 2029 e 2032, com a construção de unidades produtivas de grande porte e possivelmente com a entrada de vários players internacionais no país. A partir desse período, a capacidade produtiva se estabilizaria em 16.000 unidades/ano, o que atenderia a demanda até 2050 (vide gráfico 25).

Gráfico 25
Capacidade produtiva estimada – cenário ideal



Fonte: Elaboração própria.

Portanto, nos dois primeiros cenários, os investimentos em ampliação da capacidade produtiva são bastante reduzidos. Isso reflete, por um lado, a baixa demanda anual e, por outro, os investimentos já realizados, como as fábricas da BYD, Eletra e, mais recentemente, da Mercedes-Benz. Juntas, essas empresas e suas unidades produtivas já existentes conseguiriam atender uma parte significativa da demanda por ônibus elétricos nos próximos anos, sendo que os investimentos poderiam ficar limitados a eventuais esforços de modernização das unidades fabris. A fábrica da BYD, por exemplo, opera com capacidade ociosa em torno de 90%, dada a produção atual e a capacidade produtiva informada pela empresa. A fábrica da Mercedes-Benz começará produzindo 150 unidades para atender a demanda, mas a montadora informou que a fábrica tem capacidade para expandir a produção muito acima desse patamar, a depender da demanda.

Espera-se que a onda de investimentos atual dure até a metade da década e atraia outras fabricantes, incluindo montadoras já estabelecidas e novas entrantes. A partir desse ponto, a saturação do mercado e a baixa demanda podem se configurar como barreiras à entrada no setor, reduzindo drasticamente os investimentos produtivos. Contudo, no cenário “Ideal” as barreiras à entrada são bem menores devido ao tamanho da demanda, sobretudo a partir da segunda metade da década de 2020, o que pode gerar uma grande onda de investimentos, inclusive com a construção de grandes unidades produtivas no território nacional.

Eventualmente, a demanda pode ser atendida também a partir da importação de veículos em regime PKD/SKD/CKD, o que reduziria consideravelmente os investimentos produtivos. Entretanto, essa estratégia é limitada pela exigência de conteúdo local dos principais programas de financiamento (como do BNDES) e que podem ser adotados em eventuais programas de subsídios públicos. Outra forma de atender a picos de demanda poderia ser a utilização de estoques produtivos por parte das montadoras estabelecidas.

Por último, é importante lembrar que esses investimentos na ponta da cadeia devem desencadear investimentos adicionais no restante da cadeia produtiva, incluindo fornecedores de diferentes níveis, encarroçadoras entre outros, como será discutido no próximo capítulo.

Os três cenários discutidos – mesmo aquele definido como “Ideal” - refletem limitações de ordem econômica, política, institucional e tecnológica que afetam o ritmo e a magnitude do processo de eletrificação da frota de ônibus urbano. Nesse sentido, o capítulo também apresenta um quarto cenário “utópico” em que são estimados os gastos totais com a eletrificação total da frota urbana no país, de forma a calcular qual seria o impacto dessa transformação sobre a economia brasileira. Essa análise é o tema da próxima seção.

B. Estimativa de investimentos necessários para a eletrificação da frota de ônibus urbanos no Brasil

A presente seção apresenta um cálculo da estimativa do montante de recursos financeiros necessários para eletrificar a frota de ônibus urbanos no Brasil. Esse exercício investigativo e exploratório parte de um cenário em que o governo brasileiro decidisse eletrificar toda a frota de ônibus urbanos do país. O cálculo é baseado em um estudo conduzido nos EUA pelo CTE - *Center for Transportation and the Environment* [Centro de transporte e meio ambiente] e apresentado no documento *A Zero-Emission Transition for the U.S. Transit Fleet* (HORADAM; POSNER, 2021). O estudo realiza um cálculo do montante necessário para converter toda a frota de ônibus americana¹⁷ para ônibus de baixa emissão (na proporção de 73% de ônibus elétricos com bateria e 27% de ônibus elétricos com célula de combustível à hidrogênio) até 2035. Esse montante seria de US\$ 34,14 bilhões (R\$ 170 bilhões) em um cenário de baixo custo, podendo chegar até US\$ 57,15 bilhões (R\$ 285 bilhões) no cenário de alto custo. O custo de infraestrutura nos dois cenários seria de US\$ 15,16 bilhões e US\$ 17,27 bilhões, respectivamente. O estudo tem sido base para discussões políticas a respeito de pacotes de incentivos do atual governo americano¹⁸. Além do estudo do CTE, também foram utilizados dados e estimativas de estudos no âmbito brasileiro (EPE, 2020).

Para a realização do cálculo do montante no caso brasileiro, foram levados em consideração 1) o custo médio dos ônibus elétricos, 2) o tamanho da frota de ônibus urbanos em operação, 3) os custos de infraestrutura e 4) custos adicionais de suporte técnico, inovação e testes, a partir da equação a seguir:

$$Invest_{total} = Frota(Custo_{ônibus\ elétrico} + Custo_{infra}) + Custos\ adicionais \quad (1)$$

O custo médio dos ônibus foi obtido através das entrevistas conduzidas no presente estudo, através das quais inferiu-se um valor de R\$ 1,5 milhão por ônibus¹⁹. Considera-se também uma garantia estendida de 10% do valor do veículo (HORADAM; POSNER, 2021). Para o custo de financiamento do veículo, considera-se a taxa e o prazo de pagamento oferecidos pela linha BNDES Finame Mobilidade Baixo Carbono, que é de aproximadamente 7,1% a.a.²⁰ a serem pagos em 12 anos (ver Seção 4.4). Portanto, o $Custo_{ônibus\ elétrico}$ seria de R\$ 3 milhões por ônibus. Para o dado de tamanho da frota ($Frota$), utilizou-se o tamanho da frota total de ônibus urbano no Brasil, que é de 107.000 (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS 2021a).

O estudo americano do CTE estima um gasto de cerca de US\$ 250-280 mil por ônibus (ou R\$ 1.250-1.400 milhões) para implementação da infraestrutura de recarga, incluindo o projeto de engenharia e *design*, licenciamento, construção e ajustes técnicos. Entretanto, comparado com outras fontes consultadas, esse custo de implementação de infraestrutura é significativamente superior e parece não representar a realidade brasileira. Portanto, para o presente estudo, escolheu-se utilizar os dados do estudo "Avaliação Técnico-econômica de ônibus elétrico no Brasil" (EPE, 2020), que estabelece o custo de implementação de infraestrutura de recarga dos ônibus elétricos em cerca de R\$ 250 mil por ônibus, juntamente com o custo de financiamento oferecido pela linha BNDES Finame Mobilidade Baixo Carbono, de aproximadamente 7,1% a.a. a serem quitados em até 12 anos. Portanto, o custo total em infraestrutura de recarga $Custo_{infra}$ é de R\$ 463 mil por ônibus.

Para os custos adicionais de suporte técnico, inovação e testes, utiliza-se uma média da proporção desses gastos no montante total de investimentos calculado para os cenários de baixo e alto custo no estudo da CTE (HORADAM; POSNER, 2021), que é de 6% do montante total de gastos com a aquisição

¹⁷ A frota estimada é de 55625 ônibus padron, 6008 ônibus articulados, 6422 ônibus intermunicipais e interestaduais, e 209 double deckers, num total de 68264 ônibus.

¹⁸ <https://www.reed.senate.gov/news/releases/charging-forward-reed-rolls-out-73b-initiative-to-transform-americas-public-transit-network-and-transition-much-of-riptas-bus-fleet-to-zero-emission-vehicles>.

¹⁹ Considera-se, para simplificação, que o preço dos insumos produtivos e o câmbio assumiriam uma trajetória estável.

²⁰ Para fins de simplificação, considera-se aqui que não haveria choques na taxa SELIC e no IPCA, nem modificações nas taxas de juros do BNDES.

dos veículos e da infraestrutura. Esses custos incluem também os custos de desenvolvimento do plano de transição e atividades de suporte da implantação. A tabela 7 a seguir, resume os dados de *input* e o cálculo do montante total obtido através da equação acima.

Tabela 7
Estimativa de investimentos necessários para a eletrificação da frota de ônibus urbanos no Brasil

Descrição	Valor
A - Frota Total (<i>unidades</i>)	107 000
B - Custo unitário ônibus elétrico (<i>R\$ milhões</i>) ^a	3
C - Custo infraestrutura* por ônibus (<i>R\$ milhões</i>)	0,463
D - Custo total ônibus elétricos (A*B) (<i>R\$ milhões</i>)	321 000
E - Custo total Infraestrutura (A*C) (<i>R\$ milhões</i>)	49 541
F - Custo aquisição dos ônibus + infraestrutura de recarga (D+E) (<i>R\$ milhões</i>)	370 541
G - Custo aquisição dos ônibus + infraestrutura de recarga (F) + custos adicionais (suporte técnico, inovação e testes) (<i>R\$ milhões</i>)	392 773

Fonte: Elaboração própria.

^a Tendo em vista a base de preço de 1,5 milhões, acrescidos do seguro do bem e acumulando o montante financiado em 7,1% aa em 12 anos.

Portanto, o exercício conduzido nessa seção indica que o investimento necessário para a eletrificação total da frota de ônibus urbanos brasileira, incluindo infraestrutura de recarga, custos de financiamento e outros custos adicionais, seria de cerca de R\$ 390 bilhões, o que representa cerca de 5% do PIB brasileiro em 2020, que foi de R\$ 7,4 trilhões. Ao diluir esse custo ao longo de 30 anos e considerando uma taxa de crescimento do PIB de 3% ao ano, chega-se à conclusão de que o processo de transição para a eletrificação total do transporte urbano brasileiro teria um custo equivalente a cerca de 0,2% do PIB anual do país até 2050 e demandaria a troca de cerca de 3.500 ônibus à diesel por equivalentes elétricos a cada ano.

Naturalmente, o cálculo aqui realizado apresenta limitações, pois ignora choques nos indicadores macroeconômicos, custos diversos de adaptação da infraestrutura rodoviária, custos de venda dos ônibus à diesel, renovação da frota etc. além das limitações técnicas, financeiras e organizacionais envolvidas no processo de eletrificação em municípios menores ou com menos recursos. Porém, oferece uma indicação do impacto que a eletrificação total do transporte urbano poderia ter sobre a economia brasileira, caso fosse implementada uma política nacional nesse sentido.

Portanto, o impacto da eletrificação total da frota nacional sobre o PIB não é tão elevado a ponto de ser uma barreira impossível de ser superada. No entanto, a questão que permanece é como viabilizar cenários mais otimistas de eletrificação. A variável chave para viabilizar os investimentos produtivos e elevar a demanda são as fontes de financiamento, que precisam ser implementadas de modo a compensar as falhas de mercado e elevar a atratividade das atividades relacionadas aos ônibus elétricos. A presença de instrumentos de financiamento robustos pode ser crucial para se atingir um cenário Ideal, ou mesmo para viabilizar uma eventual decisão de eletrificar toda a frota nacional, como descrito na presente seção. Uma revisão sobre as melhores práticas internacionais e a experiência brasileira será apresentada na próxima seção.

C. Como viabilizar? Fontes de investimento e financiamento nacionais e internacionais para a cadeia produtiva de ônibus elétricos e da infraestrutura de recarga

Os projetos de implementação de ônibus elétricos em larga escala requerem grandes investimentos de capital para a aquisição dos veículos, fornecimento da infraestrutura de carregamento necessária e atualizações de rede de transmissão, planejamento urbano e para arcar com os custos de operação. Para as empresas da cadeia produtiva, as incertezas quanto à demanda futura por esses veículos também geram desincentivos aos investimentos produtivos.

Em geral, as instituições financeiras privadas têm poucos incentivos para financiar esses investimentos devido aos riscos envolvidos e ao retorno incerto, salvo em projetos-piloto de pequena escala. Por conta dessas condições, se faz necessária a utilização de instrumentos específicos para o financiamento da eletrificação do transporte público em larga escala. Na tabela 8 a seguir, são apresentados alguns dos principais instrumentos disponíveis para o financiamento de ônibus de baixa emissão, baseados em uma série de relatórios recentes sobre o tema (Jattin, 2019; Li et al., 2018; Moon-Miklaucc et al., 2019).

Tabela 8
Principais instrumentos de financiamento para a eletrificação do transporte

Fundos não-reembolsáveis	Subvenção econômica Incentivos fiscais
Fundos reembolsáveis	Linhas de financiamento a juros menores Títulos públicos verdes
Outros instrumentos	Financiamento combinado (<i>blended finance</i>) Leasing e novos modelos de negócio Compras públicas

Fonte: Elaboração própria.

Em primeiro lugar, os instrumentos de subvenção econômica consistem na aplicação de recursos públicos não-reembolsáveis diretamente nas atividades-foco selecionadas, reduzindo assim os custos e riscos e aumentando a atratividade dessas atividades para o setor privado. No contexto dos ônibus de baixa emissão, os recursos de subvenção podem ser aplicados para cobrir os custos de capital (por exemplo, para aquisição dos ônibus e infraestrutura de recarga e adaptação das garagens), custos operacionais (como os custos de eletricidade e manutenção), ou ainda em atividades de pesquisa e desenvolvimento, capacitação e treinamento, e em iniciativas de *retrofit* e substituição de ônibus convencionais (Li; Castellanos; Maassen, 2018).

Em geral, esses instrumentos têm sido usados na cadeia de valor *downstream* para compensar, parcial ou totalmente, a diferença de custos de capital e operacionais dos ônibus de baixa emissão em relação aos equivalentes à diesel, como é o caso do programa *Ultra-Low Emission Bus Scheme*, no Reino Unido, e do *Electric Bus Programme* do governo alemão (JATTIN, 2019). Contudo, também é possível encontrar programas de subvenção destinados a financiar diretamente a aquisição parcial ou total dos veículos e da infraestrutura de recarga: o FAME II - *Faster Adoption and Manufacturing of Electric Vehicles*, uma política nacional da Índia adotada em 2020 para promover a criação de um mercado consumidor e desenvolver a cadeia produtiva de veículos elétricos no país, reservou US\$ 1,4 bilhão para subsidiar até 40% do valor da aquisição desses veículos e infraestrutura de recarga, incluindo 7.090 ônibus elétricos até 2024 (IEA, 2021b). Entre 2019 e 2020, o programa já autorizou a aquisição subsidiada de 5.600 ônibus e 2.636 pontos de recarga, e busca incluir esses veículos nos programas de compras públicas²¹.

Em segundo lugar, os incentivos fiscais também são recursos não reembolsáveis destinados a reduzir os custos e riscos das operações de transporte urbano eletrificado, bem como estimular atividades estratégicas da cadeia produtiva *upstream*, como a fabricação de baterias e sistemas eletrônicos, entre outras. Os instrumentos fiscais à disposição dos governos incluem reduções em impostos incidentes sobre mercadorias, como taxas de importação e impostos sobre circulação de mercadorias e serviços, bem como reduções ou isenções em impostos territoriais como o IPTU, que podem aumentar a atratividade para a construção de unidades produtivas, ou a redução de impostos incidentes sobre insumos estratégicos como a eletricidade. Por último, incentivos fiscais também podem ser utilizados quando da emissão de títulos públicos verdes, reduzindo os custos de financiamento das atividades relacionadas ao transporte de baixo carbono.

²¹ <https://www.electrive.com/2021/06/28/india-extends-fame-ii-subsidy-programme/>.

Entre os instrumentos de financiamento reembolsáveis, destacam-se os de financiamento a juros subsidiados, como aqueles oferecidos por bancos públicos e de desenvolvimento, que podem ser destinados a financiar operações específicas como a compra dos veículos e da infraestrutura ou cobrir custos operacionais. Existem também iniciativas de títulos públicos verdes destinados a financiar a eletrificação do transporte, que podem ser oferecidos por operadores ou governos locais e funcionam da mesma forma que os títulos convencionais, ou seja, as entidades emissoras levantam capital vendendo os títulos aos investidores a uma taxa de juros fixa e por um período definido. Além do apelo à sustentabilidade, esses títulos podem ter sua atratividade aumentada através de incentivos fiscais diversos.

Uma terceira modalidade são os instrumentos de *blended finance* ou financiamento combinado, aliam num mesmo portfólio recursos reembolsáveis (linhas de financiamento, investimento tradicional) e não-reembolsáveis (recursos de instituições filantrópicas, governos, agências multilaterais, bancos de desenvolvimento e agências de fomento) direcionados a atividades com impacto social e ambiental e desafios prioritários em países em desenvolvimento²². Esse instrumento tem como principal vantagem combinar fontes de capital com expectativas diversas em relação ao risco, retorno e liquidez, especialmente nas atividades de maior risco e com participação maior de pequenas e médias empresas sem acesso ao capital tradicional. Esse é o caso, por exemplo, das atividades da cadeia produtiva que ainda não possuem equivalente na produção de ônibus à diesel, como softwares, sistemas eletrônicos, baterias e componentes, carregadores e sistemas de gestão, geração e transmissão de eletricidade.

Nesse sentido, os recursos não-reembolsáveis são responsáveis por oferecer uma base de sustentabilidade financeira, viabilidade comercial, capacitação técnica e garantias, reduzindo o risco e aumentando a atratividade do investimento para o capital privado, responsáveis por aumentar o fluxo de recursos disponíveis a esses projetos através de fundos reembolsáveis. Dessa forma, o instrumento promove o uso estratégico de capital tolerante ao risco de fontes públicas e filantrópicas para reduzir e compartilhar os riscos e atrair grandes somas de capital disponíveis de financiamento privado.

Também podem ser utilizados outros instrumentos que auxiliam na redução dos custos das operações e da produção de ônibus elétricos e atividades relacionadas. Um desses instrumentos é o *leasing*, em que a compra e manutenção dos ônibus ou de partes dos veículos (como as baterias) são atribuídas a uma empresa, em um esquema de arrendamento em que o operador apenas paga uma taxa para utilização do bem, reduzindo os custos de capital para esses agentes e distribuindo os riscos associados à operação desses veículos entre vários *stakeholders*. Um outro instrumento importante são as compras públicas, em que o Administração Pública utiliza seu poder de compra (por exemplo, ampliação ou renovação da frota de veículos do governo federal) para estimular a produção de ônibus de baixa emissão, baterias e infraestrutura de recarga.

Até o presente momento, não existem iniciativas e planos de ação consistentes no Brasil que disponham de instrumentos que incentivem, direta ou indiretamente, a aquisição de ônibus de baixa emissão de carbono, aumento da capacidade produtiva e infraestrutura de recarga e adensamento das respectivas cadeias produtivas em nível nacional. Num levantamento amplo realizado pela *International Energy Agency* – IEA em Abril de 2021 (IEA, 2021b), são listadas as políticas nacionais de eletrificação já anunciadas em todo o mundo, incluindo em países em desenvolvimento como Cabo Verde, Chile, China, Colômbia, Costa Rica, Índia, Indonésia, Malásia, Paquistão, Sri Lanka, e Tailândia. No Brasil não consta da lista de países com planos nacionais de eletrificação ou promoção de veículos elétricos. O estudo estima que o apoio governamental em todo o mundo foi de US\$ 14 bilhões em incentivos e deduções fiscais para veículos elétricos em 2020, um aumento de 25% em relação a 2019 a despeito do efeito da pandemia.

(World Bank; International Association of Public Transport, 2018) No Brasil, dada a escassez de um plano nacional e de instrumentos abrangentes de financiamento aos ônibus elétricos, o principal instrumento disponível no momento são as linhas de financiamento a juros subsidiados oferecidas pelo BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social no âmbito dos programas BNDES Finame, Fundo Clima, e Finem. Além disso, destaca-se também um projeto isolado do programa de P&D da ANEEL. Entretanto, os instrumentos existentes não são apropriados para um cenário de introdução de ônibus elétricos em larga escala nas principais cidades do país, como foi apontado diversas vezes durante as entrevistas. A seguir, cada um dos instrumentos é apresentado.

²² <https://www.unctf.org/bfldcs/home>.

BNDES Finame Baixo Carbono

O BNDES Finame é o instrumento mais antigo do BNDES de apoio à indústria de bens de capital. A linha Baixo Carbono foi criada recentemente e oferece financiamento para aquisição e comercialização de máquinas e equipamentos com maiores índices de eficiência energética ou que contribuam para redução da emissão de gases de efeito estufa. No âmbito dessa linha, podem ser financiados a aquisição de ônibus elétricos e híbridos, chassis, equipamentos de recarga e infraestrutura de geração e abastecimento de hidrogênio. Todos os produtos devem ser novos, de fabricação nacional²³ e credenciados no Credenciamento Finame (CFI) do Sistema BNDES. Algumas empresas já realizaram o credenciamento de ônibus de baixo carbono e componentes, como a BYD e Eletra (chassis e bateria), carrocerias Caio (trólebus e ônibus elétrico) e Marcopolo (ônibus híbrido e elétrico), e Scania (ônibus a gás).

BNDES Fundo Clima – Submobilidades Mobilidade urbana e Máquinas e equipamentos eficientes

O Fundo Nacional sobre Mudança do Clima - Fundo Clima foi instituído pela Lei nº 12.114/2009 e regulamentado pelos Decretos nº 7.343/2010 (revogado), nº 9.578/2018 e nº 10.143/2019. Trata-se de um fundo vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, e é um dos instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. Seu objetivo principal é financiar projetos de mitigação das mudanças climáticas, utilizando tecnologias que ainda precisam de incentivo para sua difusão. O Fundo Clima atua em duas modalidades básicas: 1) através de recursos reembolsáveis, destinados a financiar ações de mitigação e adaptação por meio de empréstimos que têm o potencial de gerar renda ou retorno financeiro; e 2) através de recursos não reembolsáveis, colocados à disposição de projetos de mitigação e adaptação que não têm o potencial de gerar renda ou retorno que permitam o seu reembolso.

A atuação do BNDES se dá através do gerenciamento dos recursos reembolsáveis através da criação de um programa de financiamento específico para aplicação desses recursos, o BNDES Fundo Clima, que possui nove subprogramas, dos quais dois se relacionam ao financiamento de ônibus de baixa emissão.

O Subprograma Mobilidade Urbana inclui o financiamento de projetos para criação ou ampliação de capacidade produtiva para a fabricação de ônibus elétricos, híbridos ou outros modelos com tração elétrica, eletrificação de vias e ampliação de sistemas elétricos, e demais projetos de infraestrutura para utilização de veículos com tração elétrica. Já o Subprograma Máquinas e Equipamentos Eficientes visa o financiamento à aquisição e à produção de máquinas e equipamentos com maiores índices de eficiência energética ou que contribuam para a redução de emissão de gases do efeito estufa, incluindo ônibus elétricos ou híbridos, e/ou movidos a etanol.

Linha BNDES Finem - Meio Ambiente - Ônibus elétricos, híbridos ou com tração elétrica e máquinas/equipamentos com maiores índices de eficiência energética e/ou redução de emissão de gases de efeito estufa

O BNDES Finem é um conjunto de linhas de financiamento criada pelo BNDES tendo como um dos principais critérios de avaliação os benefícios sociais decorrentes dos projetos, e abrange praticamente todos os segmentos econômicos através de subprogramas específicos. A Linha BNDES Finem - Meio Ambiente - Ônibus elétricos, híbridos ou com tração elétrica e máquinas/equipamentos com maiores índices de eficiência energética e/ou redução de emissão de gases de efeito estufa oferece financiamento para a produção e aquisição de ônibus elétricos, híbridos ou outros modelos com tração elétrica, além de ônibus a gás natural e biometano. Assim como outros programas de financiamento citados, os veículos e equipamentos adquiridos devem apresentar requisitos mínimos de conteúdo local para o credenciamento junto ao BNDES.

Nota-se que duas linhas oferecem financiamento voltado para a ampliação de capacidade produtiva no setor, enquanto as outras linhas destinam-se exclusivamente à aquisição dos ônibus e equipamentos. Entretanto, não existe nenhuma linha destinada à criação e ampliação de capacidade produtiva pelos fornecedores estratégicos.

²³ Para os veículos da Classe 1 (Chassis de Ônibus) de plataforma elétrica, pelo menos um dos seguintes componentes deverá ser de origem nacional: a) Trem de Força; ou b) Baterias de Tração.

Através da entrevista conduzida com representantes do BNDES, foi mencionado que a mobilidade urbana é uma prioridade para o Banco há alguns anos, embora isso englobe várias dimensões além dos ônibus de baixa emissão (trens, BRTs). Os representantes citam também que, apesar da existência das linhas de financiamento e de produtos já credenciados, nenhum contrato foi fechado até o momento da entrevista no âmbito dos ônibus de baixa emissão. Segundo eles, as empresas sondam as condições, linhas disponíveis, fazem planejamentos, mas não chegam a fechar os contratos com o banco. Na opinião dos representantes, isso não se deve às condições de financiamento oferecidas pelo banco, e sim por uma série de incertezas e gargalos como falta de iniciativa do poder público em oferecer garantias e sinalizações ao setor privado, assim como as incertezas inerentes às novas tecnologias (custos de manutenção e troca de baterias e outras peças defeituosas, custo real de operação dos ônibus). A tabela 9 resume as informações e condições de financiamento das linhas de financiamento oferecidas pelo BNDES no âmbito do presente estudo.

Tabela 9
Linhas de financiamento do BNDES para ônibus de baixo carbono e infraestrutura de recarga

Programa	Finalidade	Valores financiáveis	Prazos	Taxa de juros	Vigência
BNDES Finame Mobilidade Baixo Carbono	Aquisição de ônibus elétricos, híbridos, movidos a biocombustíveis e a gás, chassis, e equipamentos de recarga e infraestrutura de geração e abastecimento	Nenhuma menção a valores mínimos e máximos	10 anos (até 80% do bem) + 2 anos de carência (20% restantes em oito parcelas trimestrais)	0,95% ao ano, mais variação da TLP, TFB ou Selic (IPCA + 2,65% a.a.) + taxa do agente financeiro (até 3,5% ao ano)	Linha permanente
Fundo Clima - Subprograma Mobilidade Urbana	Ampliação de capacidade produtiva para a fabricação de ônibus elétricos, híbridos ou outros modelos com tração elétrica	Valor mínimo: R\$ 10 milhões e o máximo é de R\$ 80 milhões por beneficiário a cada 12 meses	20 anos + 2 de carência	Apoio indireto: custo financeiro 3% aa + taxa de juros do BNDES de 0,9% até 1,4% aa + 3% aa de taxa do agente financeiro. Apoio direto: custo financeiro 3% aa + taxa de juros do BNDES a partir de 1,3% aa + taxa de risco de crédito	Orçamento aprovado anualmente pelo Governo Federal
Fundo Clima - Subprograma Máquinas e Equipamentos eficientes	Aquisição de ônibus elétricos ou híbridos	Valor mínimo R\$ 10 milhões e o máximo é de R\$ 80 milhões por beneficiário	12 anos + 2 anos de carência	Apoio indireto: custo financeiro 0,1% aa + taxa de juros do BNDES de 0,9% aa + 3% aa de taxa do agente financeiro. Apoio direto: custo financeiro 0,1% aa + taxa de juros do BNDES de 0,9% aa + taxa de risco de crédito	Orçamento aprovado anualmente pelo Governo Federal
Linha BNDES Finem - Meio Ambiente - Ônibus de baixa emissão de carbono	Aquisição de ônibus e caminhões elétricos, híbridos, ou movidos a biocombustíveis, gás natural ou biometano	Valor mínimo: R\$ 40 milhões	34 anos	Apoio indireto: TLP (IPCA + 2,65% a.a.) + taxa de juros do BNDES de 1,05% aa + taxa do agente financeiro. Apoio direto: TLP (IPCA + 2,65% a.a.) + taxa de juros do BNDES a partir de 0,9% aa + taxa de risco de crédito	Linha permanente

Fuente: Elaboração própria.

Refrota – Caixa Econômica Federal

A linha Refrota é uma linha de crédito operada pela Caixa Econômica Federal para o financiamento de renovação ou ampliação das frotas de ônibus para empresas concessionárias ou permissionárias do transporte público coletivo urbano. A linha faz parte dos instrumentos do Programa de Infraestrutura de Transporte e da Mobilidade Urbana (Pró-Transporte), do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e conta com recursos provenientes do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), num total de R\$ 3 bilhões. O objetivo central modernizar a frota nacional de ônibus. Entretanto, o programa não conta com nenhum subprograma específico voltado para os ônibus de baixa emissão, e as taxas de financiamento são superiores às oferecidas pelos programas do BNDES.

Chamadas de Projeto de P&D Estratégico ANEEL nº 022/2018: “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”

A Lei nº 9.991/2000 determina a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. As empresas ficam obrigadas a 1% de sua receita operacional em atividades de pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e eficiência energética no uso final. Compete à ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, gerenciar esses recursos, que devem ser orientados para subtemas estratégicos ou prioritários, de acordo com a Resolução Normativa nº 316 de 2008, por meio de Chamadas de Projetos de P&D Estratégicos propostas pela agência. A Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 022/2018 “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente” foi proposta em 2018 e teve como objetivo selecionar projetos relacionados a promoção da eletromobilidade no país. Em 2019, 30 propostas de projetos foram selecionadas, com expectativa de investimentos da ordem de R\$ 463,8 milhões. Entre as propostas aprovadas, destaca-se a da empresa Lageado Energia, que trata do Desenvolvimento e Implantação Piloto de um Modelo Técnico e de Negócios de Infraestrutura de Recarga para Frotas de Ônibus Elétricos, com um total de R\$ 6,5 milhões concedidos no âmbito da Chamada.

Ainda que essa Chamada de Projetos já tenha sido concluída em 2019, os investimentos financiados ainda estão em curso e o modelo de chamada estratégica da ANEEL pode ser um instrumento a ser utilizado nos próximos anos para o financiamento de projetos voltados à implementação de ônibus elétricos e infraestrutura de recarga. Entretanto, a Medida Provisória nº 998/2020 determina que, até 2025, haja um remanejamento de 30% do orçamento destinado aos programas de P&D e de eficiência energética através da Lei 9.991/2000 para a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), que é um fundo setorial do governo para custear políticas públicas e programas de subsídio. Se essa medida não for alterada, pode haver uma paralisação na criação de novas chamadas estratégicas.

Além dos instrumentos de auxílio financeiro baseados em recursos públicos nacionais, existem também outras fontes e acordos de investimento internacionais que merecem destaque pelo montante de recursos disponibilizados para iniciativas de eletrificação do transporte público no Brasil nos próximos anos. A seguir, as principais iniciativas nesse sentido são brevemente contextualizadas.

Aliança Zebra (Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator)

A aliança é uma parceria liderada pela P4G, rede C40 Cities e pelo ICCT (Conselho Internacional de Transporte Limpo) e busca zerar as emissões da frota de transportes públicos em cidades estratégicas na América Latina, mais especificamente em São Paulo, Santiago do Chile, Medellín, e Cidade do México.

Além da P4G, rede C40 e ICCT, também apoiam a aliança fabricantes e distribuidores de veículos elétricos, como Andes Motor, BYD, CreattiEV SAS, Foton, Higer, Sunwin, Vivipra e Yuton, e investidores como o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), EDP Brasil, AMP Capital, ARC Global Fund, Ascendal, Ashmore Management Company, Enel X, John Laing e NéoT.

O acordo tem como objetivo acelerar a mudança na matriz energética dos veículos utilizados para o transporte de passageiros nas cidades selecionadas da América Latina, com a disponibilização de ônibus elétricos e de investimento de recursos financeiros. A aliança oferece oportunidades de troca de informações, programas de treinamento, compartilhamento de pesquisa e educação pública. A aliança

já garantiu o investimento de US\$ 424,5 milhões, elevando as implantações de ônibus elétricos da região para 460 entre 2018-2020. A parceria está trabalhando para garantir um investimento de US\$ 1 bilhão para implantar mais de 3.000 ônibus elétricos nas quatro cidades da América Latina nos próximos anos.

E-Motion: E-Mobility and Low Carbon Transportation

O projeto *E-motion* é liderado pela Agência Francesa de Desenvolvimento (Afd), em parceria com a Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ), com a Proparco – braço privado de financiamento da Afd – e o Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF). O objetivo do projeto é dar escala ao mercado de eletromobilidade na região, com crédito para frotas e infraestrutura, além de cooperação técnica, que envolve o subsídio à discussão de política energética – propostas regulatórias e de marcos legais. As ações são divididas em cinco eixos: 1) Cooperação para massificar o uso de veículos elétricos; 2) Financiar a redução da lacuna de custo dos veículos elétricos e da cadeia de suprimentos, com redução de risco nos negócios envolvendo a tecnologia; 3) Criação de linhas de crédito para postos de recarga, incluindo carregamento rápido; 4) Criar instrumentos de compartilhamento de risco para mitigação de custos associados aos perfis de risco e facilitar o acesso ao financiamento; 5) Criar uma Unidade de Gestão do Programa, para supervisão e atividades de promoção.

O projeto prevê a disponibilização de US\$ 850 milhões em investimentos em 10 países da América Latina, incluindo o Brasil. O foco dos investimentos previstos são os ônibus elétricos, apesar de incluir também a implementação de veículos elétricos comerciais, infraestrutura de recarga e rede de transmissão. Os investimentos estão ligados a novos modelos de negócios, baseados na separação da propriedade de ativos e operações, que foram desenvolvidos em países da região como Chile e Colômbia e estruturas de prestação de serviços.

Transformative Urban Mobility Initiative – TUMI

A Missão TUMI - *Transformative Urban Mobility Initiative* faz parte da iniciativa *Action towards Climate-friendly Transport (ACT)* do governo alemão, lançada em setembro de 2019, e é financiada pelo Ministério Alemão para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (BMZ) em colaboração com a C40 Cities, The Institute for Transportation and Development Policy (ITDP), The International Association of Public Transport (UITP), o World Resource Institute (WRI) e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

O objetivo da divisão de ônibus elétricos da TUMI (TUMI E-bus) é estabelecer uma ampla coalizão de organizações públicas e privadas para viabilizar a eletrificação do transporte público em 20 “Cidades Deep Dive” e replicar isso em mais de 100 cidades até o final de 2022. O plano é que, em 2025, mais de 100.000 ônibus elétricos em 500 cidades devem estar preparados para licitações e aquisições subsequentes. No Brasil, cinco cidades já assinaram cartas de intenção no escopo da TUMI E-bus para a eletrificação de suas frotas: Campinas, Curitiba, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo²⁴.

Transition to Electromobility in Brazilian Cities – Banco Mundial

Aprovado em 2020, o projeto *Transition to Electromobility in Brazilian Cities*, do Banco Mundial, tem como objetivo aprimorar as competências técnicas, financeiras e institucionais dos órgãos do governo federal para a transição para a eletrificação de ônibus no Brasil e apoiar a preparação de projetos-piloto de ônibus elétricos em cidades brasileiras selecionadas, que deverão ser identificadas ao longo do projeto. Trata-se de um projeto prospectivo de pequeno porte, no qual são disponibilizados US\$ 940 mil para a realização de workshops e um projeto de consultoria visando compreender os desafios e oportunidades da eletromobilidade no Brasil. Trata-se do primeiro passo de uma série de ações e projetos de eletromobilidade do Banco Mundial no Brasil previstos para os próximos anos.

Programa de Mobilidade Urbana Sustentável de Curitiba – BID e Prefeitura de Curitiba

Recentemente o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) assinou um contrato com a Prefeitura de Curitiba para aprimorar a mobilidade urbana da cidade, no qual o banco se comprometeu a destinar US\$ 106,7 milhões para modernizar a infraestrutura viária da cidade (com contrapartida de

²⁴ <https://portal.connectedsmartcities.com.br/2021/08/09/cinco-cidades-brasileiras-avancam-na-implementacao-de-onibus-eletricos/>.

US\$ 26,7 milhões da Prefeitura). Dentre as ações contidas no projeto de modernização, os projetos do Novo Inter 2 e do corredor Leste-Oeste são obras para as quais estão previstos corredores para ônibus elétricos. Além disso, o projeto organizou um workshop em Maio de 2021 para discutir modelos de operação de ônibus elétricos para a cidade²⁵.

Além dos aspectos relacionados aos instrumentos de financiamento, outra dimensão-chave no processo de eletrificação do transporte é a necessidade de novas capacitações técnicas e de pesquisa no âmbito dos ônibus elétricos. Na próxima seção, serão explorados alguns aspectos dessas transformações e exigências em relação aos recursos humanos.

D. Recursos humanos necessários para a cadeia produtiva de ônibus elétricos e infraestrutura de recarga no Brasil

A presente seção traça um perfil das principais mudanças qualitativas nos recursos humanos necessários para a cadeia produtiva e operação de ônibus elétricos e infraestrutura relacionada. Assim como qualquer outro veículo de grande porte, os ônibus elétricos são artefatos de alta complexidade tecnológica e sua cadeia produtiva emprega uma variedade de trabalhadores das mais diversas capacitações técnicas e educacionais, incluindo mão de obra altamente capacitada para as atividades de pesquisa e desenvolvimento em motores elétricos, baterias e sistemas auxiliares como freios regenerativos, trabalhadores de chão de fábrica e técnicos para a realização de controle de qualidade e manutenção.

Ainda que uma parcela significativa dos componentes mecânicos e estruturais dos ônibus elétricos sejam compartilhados com os ônibus convencionais, o trabalho relacionado a sistemas como os de propulsão, freios, software integrado e baterias dos ônibus elétricos demandam capacitações muito distintas daquelas exigidas pelos ônibus à combustão interna. Conseqüentemente, o emprego criado para atender as necessidades da cadeia produtiva de ônibus elétricos será qualitativamente diferente da cadeia de produção dos ônibus convencionais (Proff; Fojcik; Kilian, 2015), ainda que muitas vagas de emprego possam ser preenchidas por trabalhadores da cadeia produtiva dos ônibus a diesel com a exigência de treinamentos de capacitação, gerando um mix de competências novas e antigas (Martinez-Fernandez; Hinojosa; Miranda, 2010); (PERK *et al.*, 2018).

No tocante às atividades de pesquisa e desenvolvimento, a mudança qualitativa na natureza dos componentes de propulsão usados nos veículos elétricos impactará a exigência de profissionais altamente capacitados para atividades de pesquisa e desenvolvimento (Hamilton, 2011). O foco da demanda por inovações tende a se deslocar, exigindo pesquisadores e técnicos nas áreas de engenharia elétrica e eletrônica, programação e engenharia de materiais (EU Commission, 2014; Lindström; Heimer, 2017). Entre os profissionais na área de engenharia química e engenharia de materiais, o foco se desloca do conhecimento em sistemas catalisadores (elementos centrais dos motores a diesel de última geração) para sistemas de armazenamento de eletricidade, como as baterias e células de combustível (Hamilton, 2011); (Proff; Fojcik; Kilian, 2015); (Hagemann; Heuss; Weerda, 2021).

Entre os entrevistados no projeto, menciona-se a necessidade de um time de engenharia dedicado para a manufatura dos ônibus elétricos que, assim como nos processos de pesquisa e desenvolvimento, também deverá envolver capacitações mais centralizadas em engenharia elétrica, eletrônica, software e, no caso da engenharia química e de materiais, voltados para a manufatura das baterias.

As atividades de manutenção dos ônibus elétricos e da infraestrutura de recarga exigirão transformações muito significativas nas capacitações técnicas exigidas pela mão de obra relacionada a essas atividades. Segundo o Modelo SENAI de Prospectiva, que busca prever as necessidades futuras de mão de obra qualificada na indústria do Brasil²⁶, os profissionais em manutenção automotiva serão as profissões mais afetadas pela eletrificação do transporte no Brasil. Os sistemas elétricos, muitos dos

²⁵ <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-e-bid-avaliam-modelos-de-operacao-de-onibus-eletricos/58826>.

²⁶ <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2021/3/profissoes-do-futuro-setor-automotivo-carro-eletrico/#:~:text=O%20Modelo%20SENAI%20de%20Prospectiva,para%20a%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20destes%20ve%C3%ADculos>.

quais substituem sistemas mecânicos ou hidráulicos - incluindo o próprio motor, exigirão dos profissionais em manutenção conhecimentos e capacitações em engenharia elétrica, computação e eletrônica de potência para realizar as atividades de manutenção dos veículos. Apesar do elevado ritmo de evolução tecnológica, é muito provável que a vida útil das baterias seja menor que a dos veículos que elas alimentam, criando oportunidades para o desenvolvimento de empregos de manutenção relacionados à troca e reaproveitamento desses componentes (Perk *et al.*, 2018).

Os softwares têm um papel central no funcionamento dos veículos elétricos e da infraestrutura de recarga, gerenciando a operação da bateria visando aumentar sua vida útil e calculando sua autonomia em tempo real, otimizando o funcionamento dos motores elétricos diante da demanda por potência e torque, gerenciando os sistemas auxiliares como freios regenerativos, direção elétrica e controle de estabilidade, além de conectar os veículos a centrais de gerenciamento à distância para a realização de diagnósticos do veículo e dos carregadores. Portanto, a demanda por programadores e técnicos especializados em hardware e software deverá aumentar consideravelmente para as atividades de manutenção e diagnóstico dos ônibus elétricos e estrutura de recarga, inclusive com o surgimento de novas profissões no mercado, como os técnicos de energias e os técnicos em conectividade veicular para o setor automotivo (De Bruyn; Kampman; Koopman, 2012; EU Commission, 2014; Hagemann; Heuss; Weerda, 2021; Hamilton, 2011; Perk *et al.*, 2018).

E. Considerações finais do capítulo

O Brasil passa por uma fase de relativa euforia em relação aos investimentos em ônibus de baixa emissão, com o anúncio de investimentos produtivos em ônibus elétricos por parte de grandes montadoras, como a Mercedes-Benz, bem como a perspectiva de ampliação de capacidade produtiva por parte de empresas relevantes no setor como a BYD e a entrada de outras empresas nos próximos anos. Contudo, a escassez de incentivos e subsídios públicos, a perspectiva de poucas iniciativas concretas de eletrificação por parte dos municípios brasileiros e as lacunas na cadeia produtiva do setor fazem com que as ondas de investimento produtivo estimados para as próximas décadas sejam breves e de magnitude bastante reduzida, tanto no cenário *business as usual* quanto no cenário moderado, o que certamente limita a geração de emprego e renda no setor, como será apresentado no capítulo seguinte, e gera barreiras à entrada de novas empresas. Essa perspectiva só se altera no cenário Ideal, em que as políticas públicas mais consistentes conseguem elevar a demanda a patamares suficientemente elevados para alavancar os investimentos produtivos e reduzir as barreiras à entrada.

O capítulo mostra que o custo relativo de uma eventual eletrificação total da frota de ônibus urbanos no Brasil até 2050 seria bastante reduzida, de R\$ 390 bilhões ou cerca de 0,2% do PIB anual. Nos EUA, uma discussão similar tem provocado diversas discussões no âmbito de elaboração de políticas públicas e instrumentos de financiamento e subsídio para a eletrificação total da frota de ônibus do país. Espera-se que uma discussão similar possa ser estimulada também no Brasil.

É importante destacar também que poucos dos instrumentos financeiros disponíveis no Brasil são direcionados especificamente para as atividades *upstream* da cadeia produtiva dos ônibus de baixa emissão – os instrumentos se destinam a financiar os custos operacionais ou de infraestrutura. Nesse sentido, o adensamento das cadeias produtivas relacionadas aos ônibus de baixa emissão passa pela elaboração de elementos de política industrial que contemplem as atividades estratégicas relacionadas a esses veículos, definindo um portfólio de instrumentos que possam estimular a criação e aumento da capacidade produtiva em atividades-chave como a fabricação de baterias, software, componentes eletrônicos e carregadores, contribuindo assim para a redução dos custos da eletrificação do transporte brasileiro.

V. O que ganhamos com a difusão de mercado e produtiva dos ônibus elétricos no Brasil? uma análise a partir dos potenciais impactos econômicos diretos e indiretos associados

O setor de ônibus elétricos à bateria, no Brasil, ainda não está totalmente consolidado. Neste capítulo, realizamos um exercício de inserção da produção de ônibus elétricos a bateria na estrutura produtiva brasileira, com o objetivo de avaliar os potenciais impactos econômicos, diretos e indiretos, decorrentes do crescimento do setor. Os investimentos direcionados para a instalação de capacidade produtiva, os recursos para a produção de ônibus elétricos, inclusive para atender a demanda externa, e os investimentos em infraestrutura de recarga gerariam impactos econômicos relevantes em termos de produção, emprego, renda, valor adicionado e impostos.

Neste sentido, a partir de dados coletados no âmbito desta pesquisa e de fontes oficiais, o setor de ônibus elétricos a bateria foi inserido na matriz de insumo produto nacional de forma a permitir melhor caracterização em termos de relações setoriais, de produção e consumo. Um modelo de insumo produto e os multiplicadores dele derivados foram utilizados para projetar os impactos econômicos de crescimento do setor considerando três cenários de expansão: i) *Business as Usual* (BAU), ii) Otimista e iii) Moderado. A seguir, são apresentadas as principais características do setor em termos de efeitos multiplicadores, considerando a estrutura atual de produção. As seções subsequentes apresentam as premissas e projeções de cada cenário simulado. A Nota Metodológica, que detalha a estrutura da Matriz de Insumo Produto, dos multiplicadores utilizados e do funcionamento do Modelo de Insumo Produto, pode ser solicitada aos autores.

A. O setor de ônibus elétricos à bateria na matriz de insumo produto

Os multiplicadores utilizados para caracterizar o setor de ônibus elétricos a bateria foram calculados através da mais recente matriz de insumo produto disponibilizada pelo IBGE (2018), referente ao ano de 2015. A matriz original considera as relações de produção e consumo referentes aos 67 setores. Foi

realizada uma abertura setorial para incorporar os setores de i) Ônibus Elétricos a Bateria; ii) Ônibus a Diesel; iii) Peças e Acessórios para Ônibus Elétricos a Bateria e; iv) Peças e Acessórios para Ônibus a Diesel, configurando uma matriz de insumo produto com 71 setores e 71 produtos.

Para a abertura setorial, utilizou-se dados de produção de ônibus da PIA (2015), exportação de ônibus da ANFAVEA (2015) e vínculos empregatícios da RAIS (2015), a fim de desagregar o setor de *Ônibus a Diesel* do setor original, denominado *Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças*, e desagregar o setor de *Peças e Acessórios para Ônibus a Diesel* do setor original, denominado *Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores*, configurando uma matriz com 69 setores. Esses novos setores foram desagregados para incluir o setor de *Ônibus Elétricos a Bateria* e o setor de *Peças e Acessórios para Ônibus Elétricos a Bateria*.

Como o setor de Ônibus Elétricos a Bateria não está consolidado, utilizou-se as informações obtidas no âmbito desse projeto para estabelecer a estrutura produtiva do setor, considerando a produção, a estrutura da cadeia produtiva, os custos de produção e os índices de nacionalização da produção. Ressalta-se que a cadeia produtiva dos ônibus elétricos é semelhante à cadeia dos ônibus convencionais, com exceção da motorização e seus componentes, que atualmente são importados. Assim, as aquisições de insumos dos demais setores são próximas. A tabela 10 apresenta a composição da estrutura de compras intermediárias setoriais do setor de Ônibus Elétricos à Bateria no Brasil.

Tabela 10
Composição setorial das aquisições do setor de ônibus elétricos à bateria no Brasil
(Em porcentagens)

Setor	Participação	Setor	Participação
Agricultura	0,00	Fabricação de peças e acessórios para ônibus diesel	1,86
Pecuária	0,00	Fabricação de peças e acessórios para ônibus elétricos	17,75
Produção florestal, pesca e aquicultura	0,00	Fabricação de outros equip. de transporte, exceto veículos automotores	0,11
Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos	0,01	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	0,25
Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	0,03	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	0,17
Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos	0,00	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0,50
Extração de min. metálicos não ferrosos, inclusive beneficiamentos	0,00	Água, esgoto e gestão de resíduos	0,09
Abate e produtos de carne, laticínio e pesca	0,02	Construção	0,22
Fabricação e refino de açúcar	0,02	Comércio por atacado e varejo	15,37
Outros produtos alimentares	0,07	Transporte terrestre	4,77
Fabricação de bebidas	0,03	Transporte aquaviário	0,17
Fabricação de produtos do fumo	0,00	Transporte aéreo	0,17
Fabricação de produtos têxteis	0,05	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	3,51
Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	0,01	Alojamento	0,06
Fabricação de calçados e de artefatos de couro	0,04	Alimentação	0,31
Fabricação de produtos da madeira	0,14	Edição e edição integrada à impressão	0,00
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	0,21	Atividades de televisão, rádio, cinema	0,00
Impressão e reprodução de gravações	0,02	Telecomunicações	1,14

Tabela 10 (conclusão)

Setor	Participação	Setor	Participação
Refino de petróleo e coquerias	0,96	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	0,62
Fabricação de biocombustíveis	0,01	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	2,57
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	0,12	Atividades imobiliárias	0,08
Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos	0,49	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	2,20
Fabricação de prod. de limpeza, cosméticos/ perfumaria e higiene pessoal	0,05	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/ análises técnicas e P & D	1,84
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	0,01	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	4,06
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	6,66	Aluguéis não imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual	0,27
Fabricação de produtos de minerais não metálicos	1,60	Outras atividades administrativas e serviços complementares	1,20
Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço	4,82	Atividades de vigilância, segurança e investigação	0,57
Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais	0,43	Administração pública, defesa e seguridade social	0,69
Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	2,52	Educação pública	0,09
Fabricação de equip. de informática, produtos eletrônicos e ópticos	0,21	Educação privada	0,07
Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	9,51	Saúde pública	0,01
Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	1,91	Saúde privada	0,00
Fabricação de automóveis e caminhões, exceto peças	0,66	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	0,11
Fabricação de ônibus diesel, exceto peças	0,34	Organizações associativas e outros serviços pessoais	0,23
Fabricação de ônibus elétricos, exceto peças	4,77	Serviços domésticos	0,00
Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	3,61		

Fonte: Elaboração própria.

Os setores de ônibus a diesel e ônibus elétricos a bateria compartilham a mesma estrutura de aquisição de insumos básicos, como produtos derivados da metalurgia, químicos, borracha, materiais não metálicos e madeira. Compartilham a mesma composição de insumos caracterizados, como derivados de forjados, fundidos, estampados, artefatos de borracha, vidros, produtos não metálicos, plásticos pneumáticos, eixos e suspensão. Os insumos adquiridos são trabalhados de acordo com as características técnicas dos ônibus elétricos, como, por exemplo, os chassis, que são adaptados para suportar o peso elevado das baterias. A diferença reside nos insumos referentes às autopeças, como os componentes dos sistemas de motorização, frenagem, combustível, diferencial e transmissão, que representam 17,7% do consumo intermediário do setor, e nos insumos relacionados aos equipamentos elétricos, com participação de 9,5%. Em relação aos ônibus elétricos, o *powertrain* e seus componentes, como as células da bateria, são importados, implicando em menor participação da cadeia produtiva nacional na composição do valor de produção. Considerando o valor de produção final, a participação dos componentes importados representa 40%. Essa característica é evidenciada pelos multiplicadores de impacto.

B. Os multiplicadores do setor de ônibus elétricos à bateria no Brasil

A caracterização e a avaliação dos impactos de expansão do setor de ônibus elétricos à bateria no Brasil foram realizadas através dos multiplicadores de impacto setoriais quantificados pelo modelo de insumo produto. O multiplicador nada mais é do que uma expressão numérica dos efeitos diretos, indiretos e induzidos, sobre a economia, decorrentes da expansão da produção de determinado setor. A tabela 11 apresenta os multiplicadores de impacto mensurados para o setor de ônibus elétricos à bateria. A metodologia de cálculo foi baseada em Vale; Perobelli (2020) e Miller; Blair (2009).

Tabela 11
Efeitos multiplicadores do setor de ônibus elétricos

Produção	Valor adicionado	Emprego (total truncado)	Emprego (Tipo I)	Renda (truncado)	Renda (tipo II)	Impostos
3,14	0,84	15	21	0,44	5,96	0,15

Fonte: Elaboração própria.

O Multiplicador Total de Produção captura os efeitos diretos, indiretos e induzidos desencadeados na economia em decorrência do aumento de demanda final. Neste sentido, para a variação de R\$1,00 na demanda final do setor de ônibus elétricos, via exportações ou investimentos, por exemplo, são gerados R\$3,14 de produto na economia, sendo R\$2,14 nos demais setores.

O Valor Adicionado (VA) é o valor agregado obtido no processo produtivo, dado pela diferença entre o valor bruto da produção e o consumo intermediário de insumos. Posto de outra forma, o VA é a soma dos bens produzidos pela economia, depois de deduzidos os custos dos insumos utilizados, e sem considerar os impostos. O Multiplicador de Valor Adicionado considera os efeitos diretos, indiretos e induzidos da elevação de R\$1,00 na demanda final pelo setor de ônibus elétricos, gerando um acréscimo de Valor Adicionado de R\$0,84 na economia, líquidos, sem impostos.

A elevação de R\$1,00 na demanda final pelo setor de ônibus elétricos, gera um acréscimo de Valor Adicionado de R\$0,84 na economia, líquidos, sem impostos.

O Multiplicador de Emprego Total indica a capacidade do setor em promover a geração de emprego, direto e indireto, na economia. Assim, para uma variação de demanda no montante de R\$1.000.000,00 temos a geração de 15 empregos na economia. Considerando o Multiplicador de Emprego Tipo I, temos que para cada emprego gerado diretamente pelo setor de Ônibus Elétricos, temos a geração de 21 empregos na economia. Em relação à renda gerada, considerando o Multiplicador Total de Renda Truncado, para cada R\$1,00 demandado do setor de ônibus elétricos, é gerado R\$0,44 de renda na economia, incluindo o efeito induzido nos setores do modelo. O Multiplicador de Renda do Tipo II indica que para cada R\$1,00 de renda gerada diretamente no setor de ônibus elétricos, são gerados R\$5,96 na economia, também incluindo o efeito induzido. Em relação aos impostos gerados pelo setor, verifica-se que para cada R\$1,00 de demanda final incremental em ônibus elétricos à bateria, obtêm-se R\$0,15 de impostos gerados na economia, sendo R\$0,04 no próprio setor.

Para cada emprego gerado diretamente pelo setor de Ônibus Elétricos, temos a geração de 21 empregos na economia, e para cada R\$1,00 de renda gerada no setor, temos a geração de R\$5,96 de renda gerada na economia.

Pelo fato de o setor de ônibus elétricos à bateria ainda não estar consolidado, sua cadeia produtiva apresenta grande participação de insumos importados. A expansão do setor, além de promover ganhos de escala relevantes, possibilitaria a nacionalização da produção do *powertrain*, da bateria e demais componentes eletrônicos. Quanto maior a participação da indústria nacional na cadeia produtiva, maiores os multiplicadores. A tendência, portanto, é de elevação dos multiplicadores, conforme a indústria se

estabilize no Brasil. A seguinte seção explora diferentes cenários de produção de ônibus elétricos à bateria no Brasil e seus potenciais impactos econômicos.

C. Impactos macroeconômicos em cenários de produção de ônibus elétricos considerando a nacionalização gradual da cadeia de baterias e componentes elétricos

A expansão do setor de ônibus elétricos a bateria envolveria a alocação de diversos recursos na economia nacional. Inicialmente, um esforço, em termos de investimentos para a expansão da capacidade produtiva e para a adaptação da infraestrutura de recarga, seria necessário. Com a capacidade produtiva instalada, seriam realizados investimentos na produção de ônibus elétricos para atender a demanda interna e externa, via exportações, caso o setor acompanhe o desempenho do setor de ônibus à combustão e atenda parte do mercado da América Latina. Não obstante, haveria, ainda, a redução da demanda por ônibus à diesel. Destarte, a expansão do setor relaciona-se, sobretudo, a gastos com investimento, produção e exportação de ônibus elétricos a bateria, e à redução do setor de ônibus à combustão. Tais efeitos desencadeiam relevantes impactos econômicos. A metodologia de elaboração de choques é baseada em Domingues; Carvalho (2012) e BDMG (2017).

A distinção de tratamento das variáveis inicialmente impactadas, i) investimento, ii) produção e iii) exportação, é necessária, dadas as especificidades da relação setorial que os respectivos desembolsos financeiros representam. Os investimentos em capacidade produtiva e infraestrutura de recarga não representam choques de demanda sobre o setor de ônibus elétricos à bateria, apesar de serem realizados para atender o aumento de produção do setor. Porém, representam choques nos setores que fornecem os insumos para a expansão da capacidade produtiva, como, por exemplo, construção civil, máquinas e equipamentos e serviços relacionados. Isso vale para os investimentos em infraestrutura de recarga. Neste sentido, os choques de investimento ocorreriam sobre os setores listados no vetor de absorção de investimentos e que fornecem insumos na forma de demanda final para a FBCF, através da Unidade Padrão de Investimento (UPI).

Os desembolsos relacionados à produção de ônibus elétricos à bateria, para atender o aumento de demanda, são inseridos como choques de demanda final, assim como as exportações, de modo que a expansão do volume exportado e consumido, convertido em valor monetário, entra, no modelo, como choque de demanda no próprio setor de ônibus elétricos à bateria. Atualmente, não há exportação de ônibus elétricos à bateria, contudo, espera-se que o setor consiga atender parte do mercado da América Latina, que também se encontra em expansão. Os cenários apresentados, na seção seguinte, exploram essa possibilidade. Em relação à redução da demanda por ônibus à diesel, posto que cada unidade de ônibus elétrico à bateria substitui uma unidade de ônibus à diesel, calcula-se o valor monetário da redução da demanda. Para as simulações, o montante entra com sinal negativo na demanda final do setor de ônibus à diesel.

Por fim, após a determinação dos valores monetários alocados para os investimentos em capacidade produtiva e infraestrutura de recarga para a produção dos ônibus elétricos a bateria e oriundos da redução da demanda por ônibus à diesel, os valores são deflacionados para o ano de 2015, ano da base de dados do modelo, para compor o vetor agregado de choques. O vetor de choque final já considera a dedução de impostos e a participação de insumos importados. O modelo de insumo produto utiliza o vetor de choques e projeta os efeitos em termos de produção, valor adicionado, impostos, emprego e renda. Após as simulações, os valores são atualizados para 2021. Ademais, são utilizadas as premissas e dados dos cenários estabelecidos no Capítulo III deste trabalho.

D. Cenário *business as usual* (BAU)

O cenário *Business as Usual* é o mais conservador. Considera uma lenta recuperação do setor nos anos imediatos pós pandemia pela COVID-19, sendo que a cadeia produtiva de ônibus elétricos à bateria não seria mobilizada. Poucos centros urbanos adotariam a mobilidade elétrica via ônibus à bateria, e o setor público não contribuiria através de subsídios ou adequação do arcabouço institucional de apoio à eletrificação.

Neste cenário, a participação de componentes importados no custo do ônibus elétrico à bateria seria de 40% até o ano de 2040, quando passaria para 30%, em decorrência do aumento da produção nacional. O valor dos ônibus elétricos à bateria permaneceria em R\$1,5 milhão ao longo do tempo, representando 3 vezes o custo de um ônibus à diesel. O preço não se reduziria em virtude do pequeno avanço em termos de escala de produção dos elétricos à bateria, além do fato da estrutura produtiva nacional ser oligopolizada, com o mercado concentrado em poucos produtores. A tabela 12 apresenta as premissas utilizadas na construção do cenário BAU.

Tabela 12
Premissas do cenário *business as usual*
(Valores em R\$ milhões)

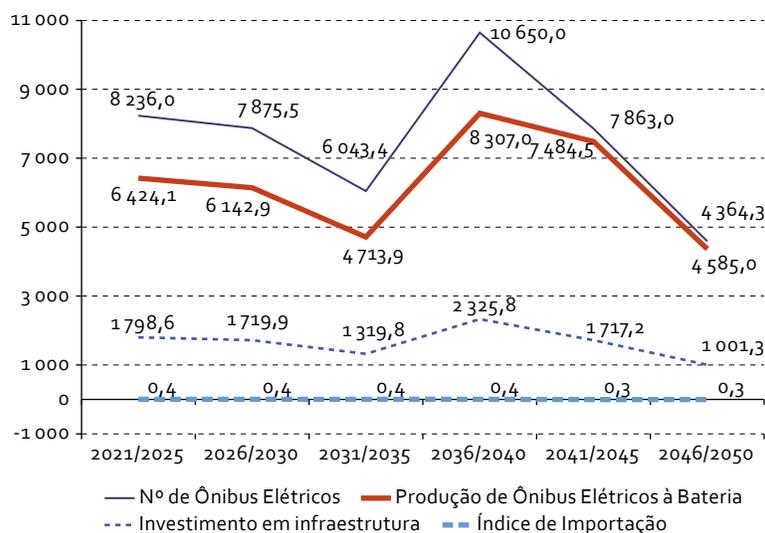
Período	Índice de importação	Nº de ônibus elétricos	Custo de produção total (1)	Investimento em infraestrutura (2)	Investimento em capacidade produtiva (3)	Redução da produção de ônibus à diesel	Total (1) + (2) + (3)
2021/2025	40%	8 236	6 424,08	1 798,64	519,76	3 212,04	5 530,44
2026/2030	40%	7 876	6 142,89	1 719,91	0,00	3 071,45	4 791,36
2031/2035	40%	6 043	4 713,85	1 319,80	0,00	2 356,93	3 676,73
2036/2040	40%	10 650	8 307,00	2 325,83	0,00	4 153,50	6 479,33
2041/2045	30%	7 863	7 484,52	1 717,18	0,00	3 066,57	6 135,13
2046/2050	30%	4 585	4 364,30	1 001,31	0,00	1 788,15	3 577,46
Total acumulado		45 253	37 436,65	9 882,68	519,76	17 648,63	30 190,45

Fonte: Elaboração própria.

Os montantes investidos acompanham o volume da frota nacional, que alcançaria um pico de 10.650 ônibus elétricos à bateria em 2040, em decorrência do processo de renovação da frota de 2030. Neste cenário, as perspectivas para o setor de transporte público são de redução gradual de demanda após 2040, período em que os investimentos são reduzidos. Ressalta-se que, em decorrência do pequeno volume de ônibus elétricos, os investimentos em capacidade produtiva, no montante de R\$519 bilhões, ocorreriam apenas no primeiro quinquênio da série.

A expansão do setor de ônibus elétricos a bateria, mesmo num *cenário business as usual* considerado muito conservador, apresentaria impactos econômicos positivos devido aos elevados níveis de investimento em capacidade produtiva, e, sobretudo, em infraestrutura de recarga, que mobilizariam a produção de diversos setores econômicos, como construção civil e serviços. A tabela 13 apresenta os resultados econômicos, por quinquênio, decorrentes da expansão do setor.

Gráfico 26
Investimentos na expansão da frota de ônibus elétricos à bateria no Brasil, no cenário *business as usual*
(Valores em R\$ milhões)



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13
Impactos econômicos da expansão do setor de ônibus elétricos no cenário *business as usual*
(Valores em R\$ milhões)

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	62 165	2 163,77	893,94	4 565,92	13 085,19
2026/2030	-13 097	1 729,75	727,88	3 636,48	10 952,55
2031/2035	-11 415	1 327,35	558,55	2 790,52	8 404,63
2036/2040	28 701	2 339,13	984,31	4 917,60	14 811,08
2041/2045	13 894	3 300,72	1 159,58	6 535,68	17 508,85
2046/2050	-33 455	1 924,69	676,16	3 811,03	10 209,60
Total Acumulado	46 794	12 785,41	5 000,44	26 257,23	74 971,91

Fonte: Elaboração própria.

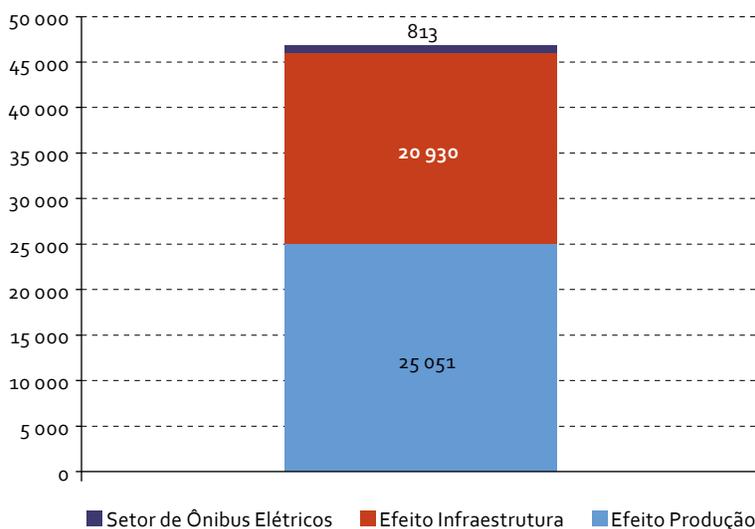
Os investimentos em capacidade produtiva, infraestrutura de recarga, produção de elétricos, já considerando a redução da produção de ônibus à diesel, mobilizam os setores econômicos, que também produzem mais para atender a expansão do setor de ônibus elétricos. Em termos acumulados, no ano de 2050, teríamos investido um total de R\$30 bilhões diretamente na expansão do setor, que seriam revertidos em R\$74,9 bilhões em produção, considerando a mobilização produtiva de toda a economia, além da geração de R\$5 bilhões em impostos e R\$26,2 bilhões em Valor Adicionado.

Os impactos sobre o PIB seriam positivos. Entre 2021 e 2030, os investimentos relacionados à expansão do setor de elétricos à bateria poderiam contribuir com a elevação do PIB em R\$982 milhões por ano.

O valor adicionado bruto acrescido de impostos diretos, líquidos de subsídios, representa o Produto Interno Bruto (PIB). Considerando os 10 anos iniciais, os impactos incrementais acumulados seriam de R\$9,8 bilhões, equivalente a um incremento anual de R\$982 milhões no PIB, ou de 0,013% do PIB de 2020.

Em termos de geração de empregos, considerando a economia nacional como um todo, haveria elevação de até 46.794 postos de trabalho ao longo de 30 anos, já considerando as perdas no setor de ônibus à diesel. Como o fator trabalho acompanha o volume produzido, seriam criados até 1.480 postos de trabalho diretamente no setor de ônibus elétricos à bateria em 2040. Contudo, com a redução da produção, apenas 813 seriam criados em 2050. Ressalta-se que os investimentos em infraestrutura também apresentam relevantes efeitos em termos de geração de emprego. Dos 46.794 postos de trabalho criados pela expansão do setor, 20.930 seriam decorrentes dos investimentos em capacidade produtiva e infraestrutura de recarga, ao passo que 25.051 seriam criados na economia, mas decorrentes da produção do setor de ônibus elétricos à bateria (vide gráfico 27).

Gráfico 27
Decomposição dos empregos gerados no cenário BAU



Fonte: Elaboração própria.

Analisando os empregos apenas do setor de ônibus a bateria e do setor de ônibus a diesel, verifica-se que a elevação de postos de trabalho para a produção de elétricos não compensaria a redução de postos de trabalho no setor de ônibus à diesel, conforme apresentado nas tabela 13 e tabela 14. Essa dinâmica ocorre em decorrência da grande participação de componentes importados, sobretudo que compõem o *powertrain* dos ônibus elétricos.

Os empregos gerados diretamente no setor de ônibus elétricos à bateria não compensariam as perdas de postos de trabalho no setor de ônibus à diesel, contudo, considerando os empregos gerados nos demais setores econômicos, a geração de empregos superaria, em muito, as perdas do setor de ônibus à diesel.

A renda gerada na economia, que representa o pagamento pelos fatores de produção, chegaria a R\$12,7 bilhões em 2050, em termos acumulados, considerando todos os setores econômicos. No setor de ônibus elétricos, a renda alcançaria a cifra de R\$ 3,3 bilhões, os impostos R\$1,4 bilhões, e o valor adicionado R\$3,7 bilhões, em 2050 (vide tabela 14).

A expansão do setor de ônibus elétricos ocorre sobre o setor de ônibus à diesel, de forma que para cada elétrico à bateria, teríamos menos um ônibus à diesel em circulação. A tabela 15 apresenta os efeitos negativos da expansão dos elétricos sobre os ônibus à diesel. Em termos de emprego, a redução chegaria a 2.036 postos de trabalho em 2040, e 876 em 2050. Essa perda não seria totalmente compensada diretamente pelo setor de ônibus elétrico, devido à grande participação de insumos importados em sua produção. Contudo, a geração de novos postos de trabalho em outros setores, supera, em muito, a redução de postos de trabalho perdidos em decorrência da redução da demanda por ônibus à diesel.

Tabela 14
Impactos econômicos no setor de ônibus elétricos no cenário *business as usual*
(Valores em R\$ milhões)

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	1 151	485,75	250,70	529,69	6 562,94
2026/2030	-50	464,49	239,73	506,50	6 275,66
2031/2035	-256	356,43	183,96	388,67	4 815,74
2036/2040	644	628,13	324,19	684,94	8 486,55
2041/2045	-93	910,32	293,00	1 008,72	7 670,07
2046/2050	-581	530,82	170,85	588,20	4 472,50
Total Acumulado	813	3 375,95	1 462,43	3 706,71	38 283,45

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 15
Impactos econômicos no setor de ônibus à diesel no cenário *business as usual*
(Valores em R\$ milhões)

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	-1 573	-440,77	-125,62	-487,16	-3 288,44
2026/2030	67	-421,92	-120,25	-466,33	-3 147,83
2031/2035	350	-323,77	-92,27	-357,84	-2 415,54
2036/2040	-881	-570,57	-162,61	-630,61	-4 256,79
2041/2045	533	-420,98	-120,02	-466,49	-3 142,01
2046/2050	626	-245,48	-69,99	-272,01	-1 832,14
Total Acumulado	-876	-2 423,50	-690,76	-2 680,44	-18 082,73

Fonte: Elaboração própria.

No cenário BAU, considerado conservador, os investimentos relacionados à expansão do setor de ônibus elétricos trariam efeitos positivos para a economia. Com exceção do setor de ônibus à diesel e do setor de peças e equipamentos para ônibus à diesel, os demais apresentariam elevação dos principais agregados econômicos, como renda, produção, emprego, valor adicionado e PIB. Os efeitos seriam positivos já no curto prazo, entre 2021 e 2025, período em que seriam efetuados os investimentos em capacidade produtiva. Neste período, o valor adicionado acumulado seria de R\$4,5 bilhões, e 62.165 postos de trabalho seriam criados. A expansão do setor contribuiria pouco para a retomada de crescimento econômico em decorrência da crise desencadeada pela COVID-19. Contudo, verifica-se que os efeitos negativos sobre o setor de ônibus à diesel são superados de forma agregada na economia.

No cenário BAU, mais conservador, os impactos econômicos decorrentes da expansão do setor de elétricos à bateria seriam positivos e superariam as perdas sobre o setor de ônibus à diesel, contudo, sua contribuição para a retomada do crescimento econômico seria limitada.

E. Cenário moderado

O Cenário Moderado introduz uma participação maior de ônibus elétricos à bateria no mercado brasileiro, considerando municípios que já sinalizaram ou iniciaram projetos de eletrificação da frota. Para atender o aumento da frota, há incremento na capacidade produtiva por parte dos principais agentes. Neste cenário, haveria produção para atender parte do mercado da América Latina. No total, a frota de ônibus elétricos à bateria seria 73% maior que no cenário BAU.

Posto que a produção é maior, haveria ganhos de escala que propiciariam um processo de nacionalização dos componentes importados. No cenário moderado, em 10 anos, o setor de ônibus elétricos promoveria a nacionalização da produção de 25% dos componentes importados. Esse desempenho possibilitaria um índice de importação de 30% em 2040, e de 20% em 2050. A escala de produção também permitiria uma redução maior em termos de custo. Em 2050, o valor do ônibus elétrico à bateria chegaria a R\$1 milhão ou duas vezes o preço do ônibus à diesel. A tabela 16 apresenta as premissas utilizadas nas simulações com o cenário Moderado.

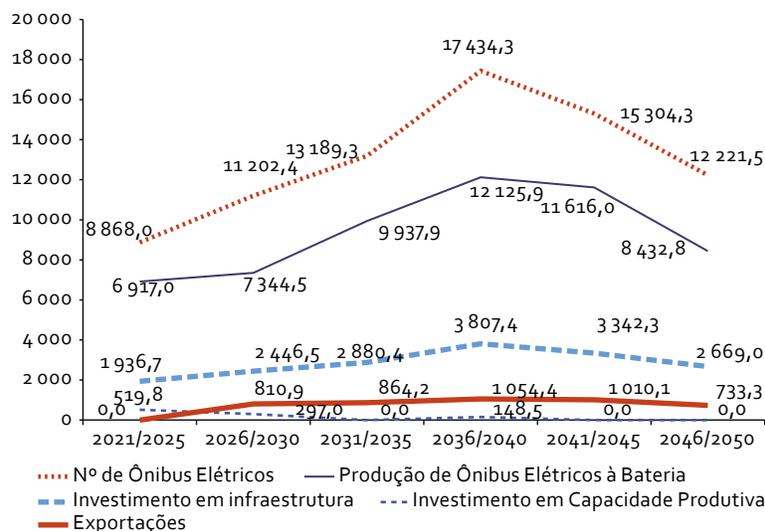
Tabela 16
Premissas do cenário moderado
(Valores em R\$ milhões)

Período	Índice de importação	Nº de ônibus elétricos	Aumento da demanda por ônibus elétricos a bateria (1)	Investimento em infraestrutura (2)	Investimento em capacidade produtiva (3)	Exportações (4)	Redução da demanda de ônibus a diesel (5)	Total (1) + (2) + (3) + (4) - (5)
2021/2025	40%	8 868	6 917,04	1 936,66	519,76	0,00	3 458,52	5 914,95
2026/2030	40%	11 202	7 344,49	2 446,47	297,01	810,88	4 368,95	6 529,90
2031/2035	30%	13 189	9 937,90	2 880,39	0,00	864,17	5 143,84	8 538,61
2036/2040	30%	17 434	12 125,88	3 807,43	148,50	1 054,42	6 799,37	10 336,88
2041/2045	20%	15 304	11 615,96	3 342,27	0,00	1 010,08	5 968,68	9 999,64
2046/2050	20%	12 221	8 432,81	2 669,02	0,00	733,29	4 766,37	7 068,74
Total acumulado		78 220	56 374,09	17 082,24	965,27	4 472,84	30 505,72	48 388,72

Fonte: Elaboração própria.

No cenário moderado, o pico de produção de ônibus elétricos ocorreria em 2037, em decorrência da renovação da frota já existente e da manutenção do ritmo de crescimento do setor, que passa a se reduzir em seguida. Ao todo seriam produzidos 78.220 ônibus elétricos à bateria. O volume de investimento para dar suporte à elevação da frota, inclusive para atender a demanda externa, é maior. Novos aportes em capacidade produtiva e infraestrutura de recarga são necessários (Vide Gráfico 28).

Gráfico 28
Investimentos na expansão da frota de ônibus elétricos a bateria no Brasil, no cenário moderado
(Valores em R\$ milhões)



Fonte: Elaboração própria.

Os efeitos econômicos decorrentes da expansão do setor no cenário moderado são maiores que os verificados no cenário BAU, posto que há elevação considerável da frota. Considerando todos os setores econômicos, no ano de 2050, seriam criados 117.328 postos de trabalho, volume que chegaria a 163.000 no quinquênio 2040/2045. Em termos acumulados no final do período analisado, seriam gerados R\$52,3 bilhões em valor adicionado, R\$9,3 bilhões em impostos e R\$25,8 bilhões em renda, conforme apresentado na tabela 17.

Tabela 17
Impactos econômicos da expansão do setor de ônibus elétricos no cenário moderado
(Valores em R\$ milhões)

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	66 103	2 302,58	952,35	4 857,75	13 964,12
2026/2030	4 116	2 405,95	1 018,21	5 114,35	14 934,53
2031/2035	42 822	4 533,73	1 614,37	9 063,54	23 941,41
2036/2040	25 968	5 465,87	1 964,65	11 008,45	28 711,80
2041/2045	24 918	6 562,82	2 242,63	13 054,17	33 031,65
2046/2050	-46 598	4 625,61	1 592,35	9 254,21	23 178,29
Total acumulado	117 328	25 896,57	9 384,55	52 352,45	137 761,82

Fonte: Elaboração própria.

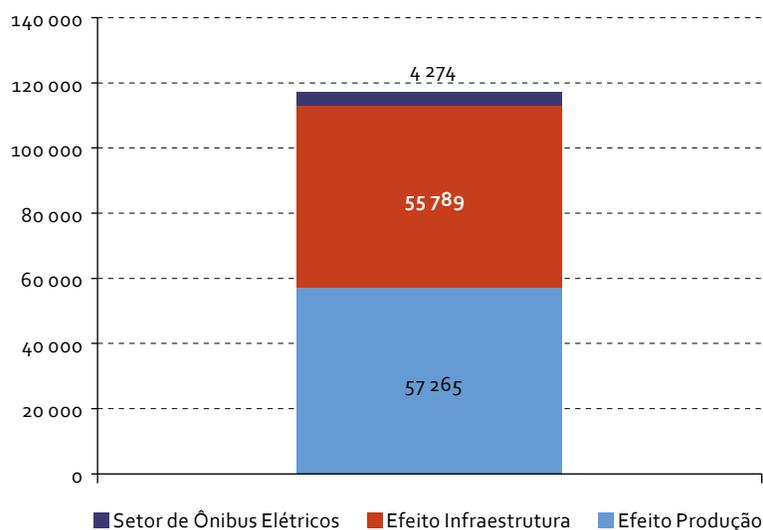
Os impactos sobre o PIB seriam pouco maiores em comparação ao cenário BAU. O incremento acumulado em 10 anos, de 2021 a 2030, seria de R\$11,9 bilhões. Em termos anuais, a expansão do setor representaria um incremento médio de R\$1,1 bilhão por ano no PIB nacional. Considerando o PIB de 2020, o incremento anual seria de 0,016%. A expansão do setor exigiria R\$48,3 bilhões em investimentos alocados, que gerariam R\$ 137,7 bilhões em produção na economia, dos quais R\$89,3 bilhões em produção seriam mobilizados pelos demais setores econômicos, de maneira direta e indireta, para dar suporte à produção de ônibus elétricos à bateria.

Entre 2021 e 2030, os investimentos relacionados à expansão do setor de elétricos à bateria poderiam contribuir com a elevação do PIB em R\$1,1 bilhão por ano.

Em termos de empregos gerados na economia, dos 117.328, em 2050, 55.789 seriam decorrentes apenas dos investimentos em capacidade produtiva e infraestrutura de recarga, e 57.265 seriam decorrentes dos efeitos diretos e indiretos da produção de ônibus elétricos. 4.274 postos de trabalho seriam criados no setor de ônibus elétricos à bateria, conforme apresentado no Gráfico 29. A expansão do setor evidencia que a grande maioria dos empregos criados não são diretamente no setor de ônibus elétricos, mas sim nos demais setores econômicos que compõem a cadeia produtiva dos elétricos, e com grande participação nos setores que se relacionam com os investimentos em infraestrutura de recarga e capacidade produtiva. Em 10 anos, entre 2021 e 2030, a geração de até 70.218 postos de trabalho poderiam contribuir para a redução de 0,5% do nível de desemprego atual de 14 milhões de desempregados (IBGE, 2021).

Considerando apenas o setor de ônibus elétricos à bateria, os investimentos em produção, infraestrutura de recarga e capacidade produtiva gerariam, ao todo, 4.274 postos de trabalho em 2050, com pico de 5.887 no quinquênio 2040/2045, período de maior volume produtivo. Em termos acumulados em 2050, a renda gerada seria de R\$6,9 bilhões, com R\$2,3 bilhões em impostos e R\$ 7,6 bilhões em valor adicionado, conforme apresentado na tabela 18.

Gráfico 29
Decomposição dos empregos gerados no cenário moderado



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 18
Impactos econômicos no setor de ônibus elétricos no cenário moderado
(Valores em R\$ milhões)

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	1 239	523,03	269,94	570,33	7 066,55
2026/2030	222	616,66	318,27	672,44	8 331,64
2031/2035	552	1 313,83	422,87	1 455,84	11 069,85
2036/2040	443	1 603,09	515,97	1 776,37	13 507,05
2041/2045	3 431	1 697,48	496,74	1 859,65	13 003,74
2046/2050	-1 613	1 232,31	360,62	1 350,04	9 440,29
Total acumulado	4 274	6 986,41	2 384,41	7 684,66	62 419,14

Fonte: Elaboração própria.

Os efeitos negativos sobre o setor de ônibus à diesel seriam intensificados no cenário moderado, em decorrência da maior redução da demanda. As perdas em termos de postos de trabalho seriam de 2.334 em 2050, mas chegariam em 3.300 no quinquênio 2040/2045. Esse volume não seria diretamente recuperado pelo setor de ônibus elétricos, posto que ainda haveria um percentual elevado de participação de importados na produção de elétricos, mas sim pelos demais setores da economia. As perdas em termos de valor adicionado seriam de R\$4,6 bilhões, sendo que R\$1,1 bilhão deixaria de ser gerado em impostos sobre o setor (vide tabela 19).

No cenário moderado, a geração de postos de trabalho no setor de ônibus elétricos ainda não superaria as perdas do setor de ônibus à diesel. As perdas são superadas ao considerar a geração de emprego nos demais setores econômicos.

No cenário moderado, em decorrência do aumento da frota de elétricos e do montante investido para dar suporte à produção, teríamos uma possibilidade de recuperação econômica no curto prazo, já considerando os efeitos negativos sobre o setor de ônibus à diesel. Entre 2021 e 2025, 66.102 postos de trabalho seriam criados, diretamente e indiretamente, em decorrência da expansão do setor, com R\$13,9 bilhões em valor adicionado gerados. Entre 2026 e 2030, mais 4.116 postos de trabalho e R\$14,9 bilhões em valor adicionado seriam gerados, evidenciando a capacidade do setor em promover a retomada do crescimento econômico.

Com volumes de investimento maiores, o cenário moderado amplia o potencial do setor em contribuir para a retomada de crescimento econômico pós-COVID-19.

Tabela 19
Impactos econômicos no setor de ônibus a diesel no cenário moderado
(Valores em R\$ milhões)

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	-1 693	-474,63	-135,27	-524,58	-3 541,05
2026/2030	-448	-600,10	-171,03	-663,26	-4 477,15
2031/2035	-380	-706,63	-201,46	-783,00	-5 273,89
2036/2040	-812	-934,24	-266,36	-1 035,22	-6 972,70
2041/2045	412	-818,65	-233,57	-907,13	-6 114,29
2046/2050	587	-654,04	-186,60	-724,73	-4 884,87
Total acumulado	-2 334	-4 188,28	-1 194,28	-4 637,93	-31 263,94

Fuente: Elaboração própria.

F. Cenário ideal

O Cenário Ideal é o mais otimista. Nele, as esferas de governo se mobilizariam para adequar todo o arcabouço regulatório, financeiro, e de garantias para o setor. A cadeia produtiva passa a incorporar novos agentes para atender o expressivo aumento da frota, e parte do mercado da América Latina é atendida pela produção nacional de ônibus elétricos no mesmo patamar do mercado de ônibus à diesel, em que cerca de 8% da produção é exportada. Nesse cenário, a frota acumulada de elétricos à bateria seria 306% maior que a do cenário Moderado e 600% maior que a frota do cenário BAU, totalizando, de forma acumulada, 317.501 veículos até 2050.

A acelerada substituição da frota à diesel pela elétrica possibilita ganhos de escala que contribuem para a nacionalização da produção dos componentes elétricos e para a redução dos custos de produção. No cenário Ideal, 50% dos componentes importados seriam nacionalizados em 10 anos, de forma que, em 2031, o índice de importação do setor alcançaria 20%. O custo dos ônibus à bateria se reduziria ao longo do tempo, chegando a ser 1,7 mais elevado que o ônibus à diesel, ou R\$850 mil a unidade em 2050, montante semelhante ao verificado no mercado internacional de ônibus elétricos à bateria. As premissas utilizadas na simulação do cenário ideal são apresentadas na tabela 20.

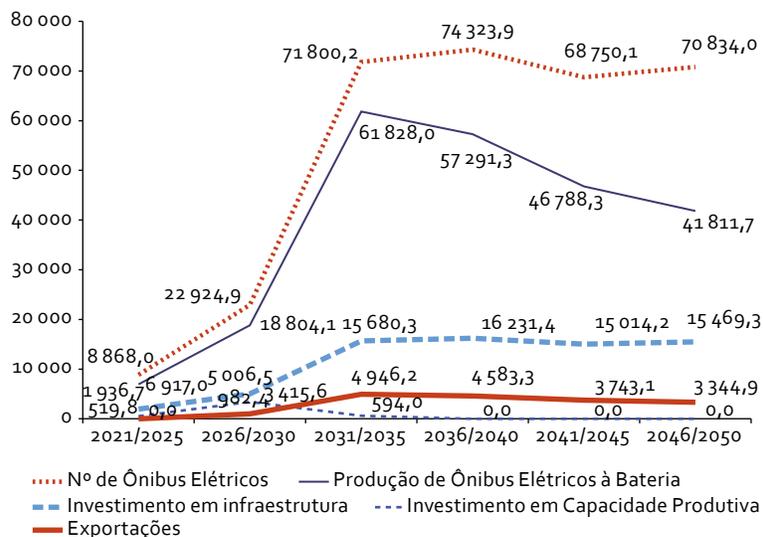
Tabela 20
Premissas do cenário ideal
(Valores em R\$ milhões)

Período	Índice de importação	Nº de ônibus elétricos	Aumento da demanda por ônibus elétricos à bateria(1)	Investimento em infraestrutura (2)	Investimento em capacidade produtiva (3)	Exportações (4)	Redução da demanda de ônibus à diesel (5)	Total (1) + (2) + (3) + (4) - (5)
2021/2025	40%	8 868	6 917,04	1 936,66	519,76	0,00	3 458,52	5 914,95
2026/2030	30%	22 925	18 804,10	5 006,52	3 415,58	982,41	8 940,72	19 267,89
2031/2035	20%	71 800	61 827,98	15 680,29	594,01	4 946,24	28 002,09	55 046,43
2036/2040	20%	74 324	57 291,32	16 231,42	0,00	4 583,31	28 986,31	49 119,73
2041/2045	20%	68 750	46 788,26	15 014,18	0,00	3 743,06	26 812,54	38 732,96
2046/2050	20%	70 834	41 811,71	15 469,27	0,00	3 344,94	27 625,24	33 000,67
Total acumulado		317 501	233 440,41	69 338,34	4 529,36	17 599,95	123 825,43	201 082,64

Fonte: Elaboração própria.

O volume produzido alcançaria o pico de 74.324 unidades no quinquênio 2036/2040, contudo, como o custo unitário se reduz ao longo do tempo, o pico de investimentos em produção de elétricos seria verificado no quinquênio anterior, 2031/2035, quando seria dispendido o montante de R\$461,8 bilhões. Para dar suporte ao expressivo aumento da frota, os investimentos em capacidade produtiva seriam realizados nos quinze anos iniciais, entre 2021 e 2035. Os investimentos em infraestrutura de recarga acompanham a frota, atingindo um pico em 2040 e se estabilizando em R\$15 bilhões.

Gráfico 30
Investimentos na expansão da frota de ônibus elétricos à bateria no Brasil, no cenário ideal
(Valores em R\$ milhões)



Fonte: Elaboração própria.

Os efeitos econômicos, diretos e indiretos, decorrentes da expansão do setor de elétricos são apresentados na tabela 21. Seriam gerados 561.985 novos postos de trabalho para dar suporte à produção de elétricos. Em termos acumulados, até 2050, seriam gerados R\$128,3 bilhões em renda de fatores de produção, R\$44,3 bilhões em impostos e R\$256,7 bilhões em valor adicionado. Tais efeitos já consideram os impactos negativos sobre o setor de ônibus à diesel.

Tabela 21
Impactos econômicos da expansão do setor de ônibus elétricos no cenário ideal
(Valores em R\$ milhões)

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	66 103	2 302,58	952,35	4 857,75	13 964,12
2026/2030	214 216	10 794,33	3 870,26	21 870,66	55 484,14
2031/2035	612 829	36 255,87	12 306,11	71 743,24	183 152,25
2036/2040	-88 798	32 245,88	11 011,84	64 108,08	162 360,88
2041/2045	-159 609	25 328,55	8 734,17	50 741,47	126 786,45
2046/2050	-82 755	21 460,79	7 503,05	43 461,10	106 521,72
Total acumulado	561 985	128 387,99	44 377,78	256 782,28	648 269,57

Fonte: Elaboração própria.

Os R\$201 bilhões investidos na expansão do setor de ônibus elétricos à bateria, considerando infraestrutura de recarga, capacidade produtiva e produção, gerariam R\$648,2 bilhões de produção na economia. Destes, R\$389,8 bilhões seriam produzidos nos demais setores da economia e R\$258,3 seriam

realizados no próprio setor de ônibus elétricos à bateria, já incluindo os efeitos negativos da redução de R\$126,8 bilhões na produção do setor de ônibus à diesel. Em termos de PIB, teríamos, de forma acumulada entre 2021 e 2030, um incremento de R\$31,5 bilhões no PIB. Anualmente, o incremento médio seria de R\$3,1 bilhões, o equivalente a 0,04% do PIB do Brasil em 2020. Considerando o período entre 2021 e 2050, o incremento acumulado do PIB seria de R\$301 bilhões. Em termos anualizados, teríamos um incremento de 0,14% do PIB.

Com uma expansão mais agressiva do setor de ônibus elétricos à bateria, poderíamos ter um incremento anual de R\$3,1 bilhões no PIB até 2030.

Para viabilizar o expressivo aumento da frota de elétricos à bateria ao longo de 30 anos, seria necessário a abertura de até 31.100 novos postos de trabalho diretos. A partir do quinquênio 2036/2040, com a redução da produção, os empregos cairiam para 21.056 postos de trabalho em 2050. A renda acumulada no final do período seria de R\$33 bilhões, com R\$9,8 bilhões em impostos gerados e R\$36,2 bilhões em valor adicionado.

Tabela 22
Impactos econômicos no setor de ônibus elétricos no cenário ideal
(Valores em R\$ milhões)

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	1 239	523,03	269,94	570,33	7 066,55
2026/2030	2 448	2 406,59	774,58	2 666,72	20 277,08
2031/2035	27 448	8 977,31	2 627,08	9 834,94	68 771,70
2036/2040	-2 285	8 318,59	2 434,32	9 113,29	63 725,54
2041/2045	-5 289	6 793,57	1 988,04	7 442,58	52 042,93
2046/2050	-2 506	6 070,98	1 776,59	6 650,97	46 507,48
Total acumulado	21 056	33 090,07	9 870,55	36 278,83	258 391,29

Fonte: Elaboração própria.

Decompondo o emprego gerado, verifica-se que dos 561.985 novos postos de trabalho gerados em decorrência da expansão do setor de elétricos à bateria, 21.056 seriam gerados diretamente no setor, ao passo que 217.583 seriam gerados em outros setores da economia, mas decorrentes da expansão da produção de elétricos à bateria. Os investimentos em infraestrutura de recarga e capacidade produtiva seriam responsáveis pela geração de 323.346 novos postos de trabalho na economia, no final de 2050. Montante superior aos postos de trabalho relacionados à produção de ônibus elétricos. O Gráfico 31 apresenta a decomposição dos empregos gerados.

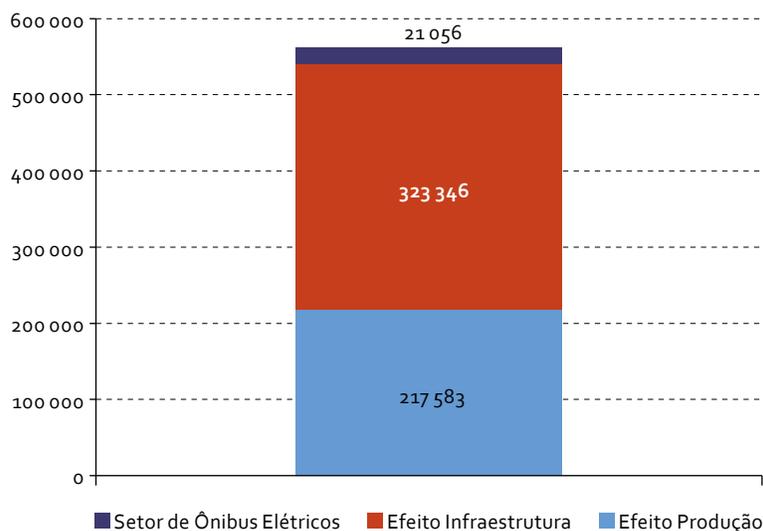
561.985 novos postos de trabalho seriam gerados, considerando toda a cadeia produtiva e demais setores econômicos. 21.056 empregos seriam gerados, somente no setor de ônibus elétricos à bateria.

Apesar dos efeitos agregados positivos sobre a economia, o setor de ônibus à diesel seria penalizado. Ao longo do período, seriam perdidos cerca de 13.537 postos de trabalho no setor. Esse volume seria compensado pela elevação do emprego no setor de ônibus elétricos à bateria, em torno de 21.056 postos. Neste ponto, ressalta-se que os trabalhadores do setor de ônibus à diesel não seriam absorvidos em sua totalidade pelo setor de ônibus elétricos. Ajustes serão necessários, inclusive em termos de qualificação, conforme já mencionado no capítulo anterior. A renda do setor seria reduzida em R\$16,9 bilhões, R\$4,8 bilhões em impostos deixariam de ser coletados, e o valor adicionado do setor seria reduzido em R\$4,2 bilhões (vide tabela 23).

O cenário Ideal, mais otimista quanto à expansão do setor de ônibus elétricos à bateria, seria mais eficaz em promover a retomada do crescimento econômico nacional. Os volumes investidos em produção de ônibus, em infraestrutura de recarga e em capacidade produtiva gerariam, entre 2021 e 2025, 66.103 novos postos de trabalho. Em 10 anos, o volume chegaria a 280.318 novos postos, já considerando a redução do emprego no setor de ônibus à diesel, contribuindo para uma redução de 2% no total de desempregados

no país, atualmente em 14 milhões. O incremento acumulado no PIB em 2030 seria de R\$31,5 bilhões ou o equivalente a 0,04% do PIB em termos anuais. Neste sentido, a expansão do setor de ônibus elétricos à bateria, poderia contribuir para a retomada do crescimento econômico no período pós COVID-19.

Gráfico 31
Decomposição dos empregos gerados no cenário ideal



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 23
Impactos econômicos no setor de ônibus à diesel no cenário ideal

Ano	Emprego	Renda	Impostos	Valor adicionado	Produção
2021/2025	-1693	-474,63	-135,27	-524,58	-3 541,05
2026/2030	-2680	-1 225,53	-349,40	-1 357,99	-9 146,70
2031/2035	-9322	-3 837,82	-1 094,96	-4 252,65	-28 663,87
2036/2040	-491	-3 975,50	-1 134,24	-4 405,20	-29 692,12
2041/2045	1056	-3 679,53	-1 049,80	-4 077,25	-27 481,62
2046/2050	-406	-3 793,29	-1 082,26	-4 203,31	-28 331,30
Total acumulado	-13537	-16 986,30	-4 845,92	-18 820,98	-126 856,65

Fonte: Elaboração própria.

G. Considerações finais do capítulo

O setor de ônibus elétricos à bateria ainda é incipiente no Brasil. A baixa demanda e, conseqüentemente, o baixo volume de produção inviabiliza a nacionalização de grande parte de componentes importados que compõem os *ônibus elétricos*, resultando em elevados custos de produção. Espera-se que, com o aumento da demanda e das escalas de produção, a produção interna, inclusive das baterias, principal componente do *powertrain*, seja viável em até 10 anos. As simulações de expansão do setor consideram essa evolução da nacionalização dos componentes importados.

Quanto maior a participação de insumos nacionais, maiores seriam os efeitos em termos de emprego, renda e produção.

As simulações indicam que quanto maior os investimentos na expansão do setor de elétricos à bateria, maiores seriam os efeitos econômicos, conforme esperado. Logo, nos cenários *moderado* e *ideal*, os impactos econômicos seriam maiores. Mesmo no cenário mais conservador, caracterizado

como *business as usual*, cuja participação de importados na estrutura produtiva é elevada, os efeitos econômicos, diretos e indiretos, seriam positivos, inclusive quanto à geração de postos de trabalho na economia. Nesse cenário conservador, evidencia-se que os postos de trabalho gerados na economia como um todo, superam, em muito, as perdas do setor de ônibus a diesel. Contudo, o setor de elétricos à bateria, sozinho, não conseguiria absorver diretamente esses postos de trabalho perdidos.

Mesmo no cenário mais conservador, em que a participação de importados na estrutura produtiva é elevada, os efeitos econômicos, diretos e indiretos, seriam positivos, inclusive quanto à geração de postos de trabalho na economia.

Nos demais cenários, *moderado* e *ideal*, o volume investido na expansão do setor de elétricos à bateria poderia contribuir, de forma mais eficiente, para a recuperação econômica. O volume de empregos gerados e o valor adicionado na economia, em 2025 e 2030, seriam consideráveis, já incluindo os efeitos negativos sobre o setor de ônibus à diesel. Cerca de 280.318 novos postos de trabalho seriam gerados no cenário *ideal* entre 2021 e 2030. O volume seria de 70.218 novos postos no cenário *moderado*. Os empregos gerados no setor de ônibus elétricos à bateria se equivaleriam as perdas do setor de ônibus à diesel já em 2031, no cenário *ideal*, em decorrência da nacionalização de 50% dos componentes importados.

Em termos de impactos sobre o PIB, o cenário *ideal* apresentaria maior contribuição, implicando, grosso modo, em incremento no PIB na ordem de 0,04% ou R\$3,1 bilhões por ano. Considerando todo o período analisado, entre 2021 e 2050, a contribuição anual sobre o PIB se elevaria para 0,14%, dado os volumes de investimento realizados para manter a expansão, juntamente com a renovação da frota. No cenário *moderado*, os impactos sobre o PIB seriam menores, mas ainda sim com potencial de contribuir para a retomada de crescimento da economia brasileira. O PIB seria incrementado em R\$1,1 bilhão por ano, em média, entre 2021 e 2030.

A renda gerada pelos investimentos em capacidade produtiva, infraestrutura de recarga e produção de ônibus elétricos à bateria, no cenário *ideal*, seria de R\$128,3 bilhões, em termos acumulados em 2050. Entre 2021 e 2030, a renda acumulada seria de R\$13 bilhões. No cenário moderado, a renda gerada seria de R\$25,8 bilhões, em 2050, e de R\$4,7 bilhões entre 2021 e 2030, também em termos acumulados. No cenário BAU, a renda seria de R\$12,7 bilhões em 2050, e de R\$3,8 bilhões entre 2021 e 2030. Esses resultados evidenciam a maior contribuição do cenário *ideal* na geração de renda no país, sobretudo nos 10 anos iniciais da expansão do setor.

Em termos de geração de impostos, a expansão do setor de elétricos teria muito a contribuir, dada a atual situação de deterioração fiscal pelo qual passa o Brasil, já incluindo os efeitos negativos sobre a arrecadação em decorrência da redução da produção de ônibus à diesel. No cenário *ideal*, a arrecadação acumulada em 2050 seria de R\$44,3 bilhões, com R\$4,7 bilhões entre 2021 e 2030. No cenário moderado, a arrecadação acumulada seria de R\$9,3 bilhões em 2050, com R\$1,9 bilhão entre 2021 e 2030. No cenário BAU, a arrecadação acumulada seria de R\$5 bilhões em 2050, sendo R\$1,5 entre 2021 e 2030.

A expansão do setor de ônibus elétricos à bateria poderia contribuir para a retomada do crescimento econômico no contexto pós pandemia. Quanto mais agressiva for a expansão, maiores os benefícios econômicos, em termos de emprego, renda, arrecadação de impostos e PIB.

Portanto, os resultados apresentados pelas simulações, indicam que os impactos econômicos em termos de PIB, emprego, renda e geração de impostos seriam positivos, mesmo no cenário mais conservador. A redução dos postos de trabalho esperados no setor de ônibus à diesel seriam amenizados pelo aumento dos empregos gerados em outros setores da economia. No cenário mais otimista, com uma expansão mais agressiva do setor de elétricos à bateria, a escala maior de produção possibilitaria a internalização de grande parte dos componentes que atualmente são importados, esse efeito faria com que os empregos gerados no setor de elétricos à bateria se equivalessem às perdas no setor de ônibus à diesel. No entanto, em termos gerais, a criação de novos postos de trabalho para atender toda a cadeia, seriam potencializados.

VI. Barreiras e oportunidades para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa emissão no Brasil: agendas estratégicas e ações necessárias

Este Capítulo orienta-se para uma análise propositiva com a apresentação de ações necessárias para a expansão/estruturação de uma cadeia produtiva de ônibus de baixa-emissão no Brasil. A identificação de oportunidades e barreiras foi feita a partir das informações coletadas e dos *insights* das entrevistas com os principais stakeholders tanto da cadeia de ônibus a diesel como da cadeia de ônibus de baixa-emissão no Brasil.

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

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

O ponto de chegada deste capítulo é apontar e direcionar ações estratégicas para ao Brasil, por meio de sua indústria e prontidão tecnológica, suporte governamental e da pesquisa; como o país pode se posicionar nos próximos anos em relação ao adensamento da cadeia produtiva de ônibus elétricos e de baixa-emissão no Brasil.

Apresenta-se em quais direções esta cadeia pode caminhar a partir do aproveitamento das oportunidades ligadas às competências e capacidades nacionais, que dariam conta de responder as demandas de mercado da eletrificação no país e na América Latina.

Dessa forma, percorre-se uma linha de análise que toca os principais aspectos circunscritos na cadeia do ônibus de baixa emissão elétrico, no caso brasileiro, de como e onde as possibilidades em torno destas tecnologias e as projeções de futuro são observáveis. Esta construção, costurada e articulada ao longo

dos primeiros cinco capítulos, encontra desfecho numa agenda com diretrizes, ações estratégicas e a articulação demandada para a estruturação da produção de ônibus elétricos, componentes e formação de capacidades locais da eletromobilidade no Brasil, ponderando os impactos macroeconômicos associados e evidenciados neste projeto.

A. Barreiras para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil

Na tabela 24 se apresentam as principais barreiras identificadas as quais têm sido agrupadas em 5 categorias de análise:

- **Apropriação da Tecnologia e Operação (BT):** Estas barreiras estão associadas às incertezas que têm os operadores de frota sobre a tecnologia de ônibus elétricos a bateria, os sistemas de infraestrutura de recarga e sua operação e manutenção.
- **Cadeia Produtiva, Componentes e suas Tecnologias (BC):** São barreiras relacionadas a ausência de componentes nacionais para a fabricação de ônibus elétricos e à necessidade de adequar a produção de determinados modelos de ônibus para atender as características de operação nas cidades brasileiras.
- **Barreiras do Capital e Financeiras (BF):** São barreiras que sinalizam uma das dificuldades mais destacadas dos ônibus elétricos e seu custo inicial de aquisição e a ausência de linhas de financiamento atrativas para os operadores de frota.
- **Mercado e Modelos de Negócio do Ecossistema (BM):** Neste grupo de barreiras tem destaque a ausência de um mercado de ônibus a grande escala e as barreiras de entrada para novos atores no mercado de ônibus de baixa-emissão.
- **Políticas Públicas e Governança (BP):** Nestas barreiras tem destaque a ausência de um arcabouço de políticas públicas e instrumentos regulatórios para estimular a transição para a mobilidade elétrica no Brasil e algumas dificuldades na governança entre os principais atores que atuam neste segmento.

Tabela 24
Barreiras identificadas para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil

Categorias	Barreiras identificadas
Apropriação da Tecnologia e Operação (BT)	BT1. Incertezas sobre a autonomia dos ônibus elétricos para cobrir determinadas rotas urbanas. BT2. Incertezas sobre o desempenho e o ciclo de vida das baterias dos ônibus elétricos, no longo prazo. BT3. Ainda não há uma rede de infraestrutura de recarga para os ônibus elétricos, nem um projeto de implementação a grande escala que permita analisar as necessidades de adequação nas garagens dos ônibus. BT4. Incerteza dos operadores em relação aos custos de manutenção dos ônibus elétricos. BT5. Dúvidas e incertezas dos operadores sobre a rota tecnológica dos ônibus elétricos a bateria, o que gera insegurança operacional. BT6. Não há ainda um pessoal capacitado e qualificado (suporte infraestrutura, engenharia e operação) para atender a operação de ônibus elétricos a bateria a grande escala.
Cadeia Produtiva, Componentes e suas Tecnologias (BC)	BC1. Necessidade de adequação dos modelos de ônibus elétricos para as características das cidades brasileiras. BC2. O Brasil ainda não produz as células para as baterias de lítio, que é um dos componentes mais importantes da cadeia de ônibus elétricos a bateria. BC3. A fabricação de carrocerias para ônibus elétricos demanda o uso de novos materiais mais leves para compensar o peso das baterias. BC4. Não há modelos de ônibus elétricos a bateria articulados e biarticulados, os quais fazem parte dos modelos utilizados nas grandes cidades brasileiras. BC5. Atualmente, o sistema Retrofit não se considera como uma opção tecnológica para a eletrificação de frotas de transporte público. Os projetos atuais são customizados o que demanda projetos de engenharia direcionados, os quais são custosos dado esse caráter singular e de baixo volume. Ademais, mesmo que o preço das baterias continue tendo uma queda, o Retrofit ainda não se coloca como viável.

Tabela 24 (conclusão)

Categorias	Barreiras identificadas
Barreiras do Capital e Financeiras (BF)	<p>BF1. O custo de aquisição dos ônibus de baixa-emissão é mais alto (aproximadamente 3 vezes mais) em comparação com um ônibus a diesel. Para o caso do Brasil estes custos podem ser ainda superiores dado que os principais componentes são importados e cotados em dólares o que incrementa seu valor final.</p> <p>BF2. Falta de maiores incentivos financeiros/subsídios por parte do governo federal e local para a implementação de uma frota limpa e de baixa-emissão.</p> <p>BF3. As linhas de financiamento existentes (BNDES) são pouco atrativas para os operadores de frota.</p> <p>BF4. Ausência de uma estrutura de garantias para a compra e financiamento dos ônibus elétricos desde os municípios e os estados.</p> <p>BF5. A maioria das cidades brasileiras não têm o controle da Bilhetagem das passagens de ônibus e isto gera incertezas sobre a arrecadação do dinheiro das passagens.</p> <p>BF6. Enquadramento da rentabilidade possível de um sistema de transporte público para os novos entrantes. Alguns dos operadores de frota tradicionais não estão interessados em novos modelos de negócio nem na participação de novos entrantes. Há uma barreira para encontrar este equilíbrio.</p>
Mercado e Modelos de Negócio do Ecosistema (BM)	<p>BM1. Barreiras a entrada para novas empresas considerando o posicionamento de players já estabelecidos no Brasil e que passaram a diversificar seu portfólio de produtos, Mercedes-Benz, por exemplo. Assim, novos entrantes terão desafios para entrar no mercado brasileiro nesse cenário.</p> <p>BM2. Pouca disponibilidade de modelos de ônibus elétricos a bateria no mercado brasileiro.</p> <p>BM3. O tamanho do mercado de ônibus elétricos (demanda) não tem a escala suficiente o que não justifica (ainda) investimentos para montar uma fábrica de produção local. Isto gera desinteresse de empresas de ônibus elétricos estrangeiras de oferecer seus produtos no Brasil.</p> <p>BM4. Não há um mercado de revenda para ônibus de baixa-emissão, o que implica uma perda de receita por parte das operadoras de frota, que revendem os ônibus de grandes cidades para municípios menores.</p> <p>BM5. A queda no número de passageiros transportado pelo transporte público afeta a receita das operadoras.</p> <p>BM6. Em algumas cidades do Brasil, as garagens dos ônibus são propriedade dos operadores de frota, o que desincentiva a entrada de novos players.</p> <p>BM7. O "Custo Brasil" gera perda de competitividade internacional das empresas brasileiras de ônibus (chassis e carroceria).</p>
Políticas Públicas e Governança (BP)	<p>BP1. Ausência de uma política nacional de estímulo à mobilidade elétrica com metas e prazos claros de implementação de uma frota limpa nos sistemas de transporte público.</p> <p>BP2. Ausência de uma tarifa de energia elétrica diferenciada para fazer a recarga dos ônibus elétricos.</p> <p>BP3. Em alguns casos, há incertezas em relação ao cumprimento dos contratos dos operadores de frota por parte dos municípios.</p> <p>BP4. Os contratos das licitações para os sistemas de transporte público coletivo no Brasil, concentram toda a responsabilidade sobre os operadores de frota.</p> <p>BP5. Não existem incentivos tributários e aduaneiros para a importação de peças e componentes chaves para a fabricação de ônibus elétricos, que ainda não são fabricados no Brasil.</p> <p>BP6. Os operadores de ônibus a diesel têm uma relação de confiança e comercial estabelecida com as empresas fabricantes de ônibus no Brasil. Construir esse relacionamento com empresas estrangeiras toma tempo.</p> <p>BP7. Ação coordenada por parte de alguns atores do ecossistema para manter a tecnologia atual (ônibus a diesel).</p> <p>BP8. Falta de uma política para a soberania tecnológica em componentes e tecnologias estratégicas dos ônibus de baixa-emissão, que proporcione vantagem competitiva ao país.</p> <p>BP9. Ausência do marco regulatório integrado nacional, que considera as diferentes tecnologias, sistemas de propulsão e aponte o planejamento necessário para a mobilidade de baixo carbono e que contemple a articulação com as cidades menores para elaboração de suas estratégias locais para a eletrificação do transporte público.</p>

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Alguns destaques relacionados com as barreiras identificadas para a Cadeia Produtiva dos Ônibus de Baixa-Emissão no Brasil são:

A principal barreira é o custo de aquisição mais alto dos ônibus de baixa-emissão em comparação com um ônibus a diesel. Na média, um ônibus elétrico a bateria pode ser até três vezes mais caro que um ônibus a diesel. Para o caso do Brasil estes custos podem ser ainda superiores dado que os principais componentes são importados e cotados em dólares o que incrementa seu valor final.

Os custos adicionais estão relacionados ao valor das baterias, aos custos de integração ao sistema e a baixa-escala de produção. Contudo, no longo prazo o Custo Total de Propriedade (*Total Cost of Ownership* TCO²⁷) dos ônibus elétricos é mais baixo devido basicamente aos baixos custos de manutenção. Para o caso dos trólebus, seu custo é maior principalmente pelos custos associados à manutenção da rede elétrica.

No caso dos ônibus que utilizam bicombustíveis, embora seu TCO seja similar aos ônibus a diesel, projetos piloto em São Paulo, demonstraram que o rendimento dos biocombustíveis como o diesel de cana de açúcar, biodiesel e biometano, é mais baixo em comparação aos ônibus a diesel, o que incrementa os custos de abastecimento. Além disso, ainda não há disponibilidade suficiente destes biocombustíveis para atender a atual demanda e demandas futuras. Para superar este desafio, políticas nacionais como o *RenovaBio* e o *Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis*, planejam estímulos de P&D em biocombustíveis com ênfase em melhorar a eficiência no uso na produção (BERMÚDEZ, 2018).

Outra barreira de destaque para a implementação dos ônibus de baixa-emissão é que embora já existem um conjunto de linhas de financiamento especialmente desenhadas para a aquisição de ônibus elétricos (como apresentado anteriormente), estas parecem ser pouco atrativas para os operadores de frota. Isto foi evidenciado na entrevista com o BNDES, quem confirmou que ainda não foram outorgados créditos para operadores de frota nestas linhas de financiamento.

Também foi evidenciado nas entrevistas o problema do financiamento para frotas de baixa-emissão. Embora algumas cidades no Brasil têm identificado a necessidade de implementar uma frota limpa ainda é necessário subsídios, isenção de impostos e benefícios adicionais para que os operadores possam viabilizar esta aquisição. Estes estímulos podem ser justificados pelos benefícios futuros em relação aos custos de saúde evitados por causa da poluição atmosférica local. O problema do financiamento é ainda mais relevante se levamos em conta o prejuízo das operadoras de frota como consequência da queda de passageiros gerada pela pandemia da COVID-19.

Neste sentido, foi manifestada a urgência de ter um posicionamento por parte do governo federal e dos governos locais para auxiliar os sistemas de transporte público coletivo, e que pensando numa recuperação verde da economia, as renovações de frota poderiam estar focadas em ônibus de baixa-emissão.

Outro ponto de destaque nas barreiras identificadas é a incerteza dos operadores de frota em relação a tecnologias do ônibus elétricos a baterias, principalmente em relação à autonomia, infraestrutura de recarga e custos de manutenção.

Além disso, foi salientado nas entrevistas a pouca disponibilidade de modelos de ônibus elétricos a bateria no mercado brasileiro e a ausência de um maior número de empresas para fornecer este tipo de tecnologias aos operadores de frota. Embora empresas como a BYD e a Eletra, já tem fornecido ônibus elétricos a bateria em diferentes cidades do país é importante ampliar a oferta de modelos por parte de outras empresas. O anúncio em agosto de 2021 por parte da empresa Mercedes-Benz da produção nacional de um chassi para ônibus elétrico pode contribuir para a mudança deste cenário.

Por fim, tem destaque a ausência de **um mercado de revenda para os ônibus de baixa-emissão**, principalmente para ônibus elétricos a bateria. No contexto dos ônibus a diesel, grande parte dos operadores vendem estes ônibus a cidades menores quando termina sua vida útil ou a idade média obrigatória. Como a vida útil de um ônibus elétrico a bateria é na média 15 anos, seu custo de aquisição só se consegue amortizar no total da vida útil. Assim, os operadores de frota têm que ficar com o ônibus elétrico mais tempo e não poderão vende-los a cidades menores, principalmente porque estas não têm a capacidade financeira para a aquisição destas tecnologias. Neste sentido, uma possível alternativa consiste na criação de mecanismos de remuneração associados às licitações com um maior tempo de concessão para quem opte pela tecnologia de ônibus elétricos a bateria, e que também permitam garantir a viabilidade econômica e financeira das operadoras (Bermúdez, 2018).

²⁷ O Custo Total de Propriedade (TCO) é uma ferramenta que tem como objetivo compreender o verdadeiro custo de comprar um bem ou serviço. Ajuda às empresas e aos consumidores a avaliar os custos diretos e indireto associados a uma compra. O TCO é importante, já que o preço de compra da maioria dos bens não é o único custo associado com seu uso e propriedade (HAGMAN et al., 2016).

B. Oportunidades para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil

No que tange às oportunidades, estas foram classificadas em quatro categorias, as quais se apresentam na tabela 25:

- **Competências Tecnológicas e Cadeia Produtiva (OT):** Estas oportunidades estão relacionadas com as capacidades produtivas e competências tecnológicas que tem a cadeia de ônibus urbanos no Brasil as quais podem-se adaptar à fabricação de ônibus de baixa-emissão.
- **Políticas Públicas e Governança (OP):** Aqui tem destaque as licitações de transporte público coletivo nas principais cidades brasileiras que podem ser uma janela de oportunidade para a inserção de ônibus de baixa-emissão e para a criação de novos modelos de negócio para a operação do transporte público coletivo.
- **Formação de Mercado (OM):** Nesta categoria se agrupam as oportunidades para a criação de um mercado para os ônibus de baixa-emissão e a entrada de novos atores que podem alavancar estas tecnologias.
- **Oportunidades Energéticas (OE):** Estas oportunidades estão relacionadas com a disponibilidade de uma matriz energética limpa e a importância de articular a mobilidade elétrica com fontes renováveis, principalmente energia solar fotovoltaica.

Tabela 25
Oportunidades para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão no Brasil

Categorias	Oportunidades identificadas
Competências Tecnológicas e Cadeia Produtiva (OT)	OT1. O Brasil tem competências tecnológicas para a fabricação nacional de ônibus de baixa-emissão (carrocerias, componentes, <i>powertrain</i>).
	OT2. Algumas das empresas de carroceria consultadas têm capacidade de adaptar suas carrocerias para ônibus elétricos. Contudo, é necessário fazer investimentos para ter uma produção a grande escala.
	OT3. Há iniciativas de montagem local de baterias de lítio para ônibus elétricos. Exemplo: Fábrica de montagem da BYD em Manaus; Parceria do Grupo Moura com a CATL (China), entre outras.
	OT4. Importância de ter um conjunto ou mix de tecnologias de ônibus de baixa-emissão para contribuir com o problema da qualidade do ar nas cidades e que leve em conta o papel estratégico dos biocombustíveis na economia brasileira.
	OT5. Projetos como o E-Consórcio que foi criado para a fabricação nacional de caminhões elétricos, demonstrou que as empresas brasileiras têm a capacidade de articular-se para a fabricação de veículos elétricos pesados, como caminhões e ônibus.
	OT6. Projetos de implementação de ônibus elétricos em outras cidades do mundo e na América Latina, tem demonstrado que no longo prazo, o Custo Total de Propriedade (TCO <i>Total Cost of Ownership</i>) dos ônibus elétricos é mais baixo que um ônibus a diesel, devido basicamente aos baixos custos de manutenção.
	OT7. Presença de fornecedores de componentes no Brasil que fazem parte da cadeia global de ônibus elétricos.
	OT8. Oportunidade de <i>catching up</i> tecnológico, dado o estágio de maturidade que se encontra a tecnologia (ainda em consolidação) e permite que novos entrantes se coloquem nessa trajetória e desenvolvam competências para atuação robusta.
	OT9. Criação de empresas de provedoras de serviços, com origem de capital nacional, para atuarem neste segmento.
	OT10. Realização de projeto de chassis de ônibus elétrico com fabricação nacional por parte de uma montadora já estabelecida localmente com a tecnologia diesel.

Tabela 25 (conclusão)

Categorias	Oportunidades identificadas
Políticas Públicas e Governança (OP)	OP1. Licitações de transporte público, principalmente em São Paulo, com metas de redução de emissões são uma janela de oportunidade para a entrada destas tecnologias.
	OP2. Criação de novos modelos de negócio que dividem a operação da propriedade e podem ser a solução para viabilizar a compra inicial dos ônibus elétricos, como tem sido feito em cidades latino-americanas como Santiago de Chile e Bogotá (Colômbia).
	OP3. Iniciativas para a criação de uma Estratégia/Plano Nacional de Mobilidade Elétrica liderado pela Plataforma Nacional da Mobilidade Elétrica (PNME) com foco importante no Transporte Público de Baixa-Emissão.
	OP4. Novos atores interessados em participar do mercado dos ônibus elétricos, principalmente empresas de energia
	OP5. A implementação de ônibus elétricos no Brasil pode complementar as estratégias orientadas para o cumprimento de Acordos Internacionais Ambientais, como o Acordo de Paris.
Formação de Mercado (OM)	OM1. Iniciativas lideradas por organizações internacionais como o Banco Mundial, C40, ICCT (Projeto Zebra, TUMI) que têm como objetivo viabilizar a incorporação de ônibus elétricos em cidades brasileiras.
	OM2. A formulação de novas licitações de transporte público coletivo em cidades brasileiras está alavancando a inserção de ônibus de baixa-emissão (ex: São Paulo, Rio de Janeiro, Campinas, São José dos Campos, entre outros.)
	OM3. Novos entrantes estrangeiros de empresas de ônibus elétricos Exemplo: Higer (China)
	OM4. Novos entrantes nos sistemas de transporte público, como as empresas de energia interessados em financiar os ônibus elétricos, como já acontece em outras cidades da América Latina.
	OM5. Há oportunidades para a criação de um mercado secundário de baterias que fomenta a criação de uma cadeia e responde à demanda por baterias vinculadas à Geração Distribuída.
	OM6. Projetos de BRT (Bus Rapid Transit) e corredores elétricos em cidades como Rio de Janeiro, São Paulo e Campinas. Isto é uma oportunidade para melhorar a qualidade e o conforto dos sistemas de transporte público.
Oportunidades Energéticas (OE)	OE1. O Brasil tem uma matriz energética e elétrica com alta participação de fontes renováveis.
	OE2. Disponibilidade de energia elétrica para abastecer frotas de ônibus elétricos. Estudo feito pela Enel X junto com a SPTrans nas garagens em São Paulo, demonstra a viabilidade de fornecer energia elétrica para a recarga dos ônibus.
	OE3. Projetos piloto têm demonstrado a viabilidade de integrar a infraestrutura de recarga dos ônibus elétricos com energia solar-fotovoltaica. Exemplo: Transwolff em São Paulo; Ônibus Elétrico da Universidade Federal de Santa Catarina.
	OE4. As garagens dos ônibus elétricos podem ser utilizadas como Recursos Energéticos Distribuídos.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Alguns destaques relacionados com as oportunidades identificadas para a Cadeia Produtiva dos Ônibus de Baixa-Emissão no Brasil são:

A principal oportunidade é que a cadeia produtiva de ônibus no Brasil tem todas as capacidades para a fabricação nacional de ônibus de baixa-emissão. Foi evidenciado nas entrevistas com as empresas montadoras de chassis, carrocerias e principais componentes (motores e baterias) que a implementação de ônibus de baixa-emissão não é um problema da tecnologia, embora tenham que ser feitas adequações para a operação nas cidades brasileiras.

As empresas consultadas afirmaram ter a capacidade de produção de ônibus de baixa-emissão e ter produtos que podem atender as necessidades específicas no mercado brasileiro. Como já explicado na descrição da cadeia produtiva dos ônibus de baixa-emissão, a BYD e a Eletra já têm produção nestas tecnologias, e trabalham em parcerias com fornecedores locais, principalmente empresas de carrocerias. Empresas como Mercedes Benz e Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO) também tem desenvolvido protótipos de ônibus elétricos a bateria. Especificamente no caso da VWCO, a criação da planta de produção para a fabricação do caminhão elétrico e-Delivery se ajusta a produção de ônibus elétricos a bateria.

As empresas de componentes, principalmente baterias, motores elétricos, e carrocerias, também manifestaram ter a capacidade de produção para atender as especificações dos ônibus elétricos a bateria. O único componente no qual não há produção nacional e que é fundamental para a viabilidade da mobilidade elétrica, são as células de lítio para as baterias. Como foi evidenciado na cadeia de ônibus de baixa-emissão, a empresa BYD já tem uma planta para a montagem do pacote de baterias em Manaus (Amazonas) e o Grupo Moura tem uma linha de negócios para a atender a demanda de baterias de lítio, em parceria com a empresa chinesa de baterias CATL. Por sua vez, a empresa WEG também tem a capacidade para a produção nacional de motores elétricos.

Contudo, para as empresas consultadas para viabilizar a produção a grande escala de ônibus de baixa-emissão é necessário ter uma demanda constante por estas tecnologias. Assim, demandas esporádicas e de poucas unidades destas tecnologias não permitem viabilizar o investimento necessário para fazer as adequações nas plantas de produção local.

Neste contexto, a solução passa por ter um conjunto de instrumentos de política pública de caráter federal, estadual e local que estimulem a implementação de estas tecnologias, que garantam um financiamento adequado para os operadores de frota e que permitam a incorporação de novos atores, como por exemplo, as empresas de energia elétrica.

Assim, encerra-se neste momento a listagem e caracterização das principais barreiras e oportunidades levantadas neste projeto. Na sequência deste exercício ora empreendido, o capítulo segue para a sua última parte e desfecho analítico do projeto, qual seja, uma agenda propositiva como forma de atacar as situações/problemas, apontando os elementos necessários para o adensamento da cadeia produtiva de ônibus elétricos no Brasil. Deste modo, a próxima seção desdobra os achados do projeto em ações concretas necessárias, aqui desenvolvidas como agendas estratégicas.

C. Agendas estratégicas para alavancagem da cadeia produtiva de ônibus elétricos no Brasil: uma proposta de ações necessárias

Nesta seção são apontados os elementos necessários para o adensamento da cadeia produtiva de ônibus elétricos no Brasil, sobretudo como uma orientação de próximos passos aos stakeholders públicos e privados relacionados. Estas agendas e ações estratégicas apresentam caráter transversal, isto é, devem ser incorporadas por todos os atores envolvidos no tema dos ônibus de baixa-emissão.

Os apontamentos na tabela 26 demonstram exemplos de agendas que poderão ser endereçadas. Além de ser matéria prima, as informações apresentadas e analisadas na sequência caracterizam-se como uma resposta à lacuna de entendimentos sobre quais são as possibilidades e como pode se dar a participação brasileira nesta nova trajetória.

D. Considerações finais do capítulo

Este capítulo elaborou ações propositivas para orientar os atores no território nacional no campo da oferta de ônibus elétricos a bateria. Todo esse arranjo foi amarrado a partir da construção de agendas estratégicas, com caráter transversal, abrangente a todos os atores do ecossistema.

Sobretudo, se aponta aqui uma visão de governança que oriente as diversas iniciativas apresentadas ao longo do projeto e que sejam coordenadas para posicionar o Brasil como um player relevante na produção de ônibus elétricos. De tal modo, a situação exige esforço e organização dos atores públicos e privados, atuando de maneira concomitante e em sintonia, para ganhar espaço em um ambiente de intensa concorrência.

Como resultado, as agendas estratégicas elaboradas visam atuar na difícil tarefa de orquestração do novo sistema, ou seja, levantando medidas que visam suportar e articular as ações individuais em prol de ações coletivas na trajetória do transporte público de baixa emissão nas cidades brasileiras. Foram indicados caminhos a serem seguidos e, principalmente, mencionadas condições objetivas para que as barreiras e oportunidades mapeadas possam ser trabalhadas, impactando na dinâmica industrial do país, impulsionando um novo mercado de veículos e contribuindo decisivamente para a mobilidade urbana via transporte público nas cidades.

A construção destas agendas, entretanto, não ser interpretadas como um fim em si mesmo. Caberá aos grupos de atores adereçados à eletrificação no Brasil incorporar essas pautas em suas estratégias individuais, por meio da implementação das ações e recomendações apontadas, bem como acompanhar as mudanças e novos rumos que se colocam nesta nova tecnologia.

Tabela 26
Agendas e ações estratégicas para a cadeia de ônibus de baixa-emissão no Brasil

Agendas Estratégicas	Ações Estratégicas
1. Estímulo à criação de novos modelos de negócio para a operação de ônibus de baixa-emissão	<p>1.1. É necessário a implementação de Novos Modelos de Negócio (separação CAPEX e OPEX) para a operação e o financiamento dos sistemas de transporte público nas cidades brasileiras. Estes novos modelos de negócio, devem considerar as características do contexto brasileiro.</p> <p>1.2. Criação de alternativas de financiamento como o <i>leasing da bateria</i>, o qual poderia reduzir em até um 60% o valor inicial do investimento. Este modelo considera que a bateria do ônibus não é de propriedade do operador, sendo a bateria alugada. Na prática, o valor da bateria não se incorpora na aquisição do ônibus elétrico e este valor passa a ser parte do CAPEX. Estes modelos de negócio podem contribuir com as incertezas dos operadores de frota em relação a estas tecnologias (BERMÚDEZ, 2018).</p> <p>1.3. Aprimorar a comunicação e o diálogo entre operadores, montadoras e o BNDES para aumentar a atratividade das linhas de financiamento para ônibus de baixa-emissão, por exemplo, através da inclusão de instrumentos que contemplem novos modelos de negócio.</p> <p>1.4. Incentivar e fomentar a entrada de novos atores, por exemplo, empresas de energia, no mercado de ônibus elétricos a bateria.</p> <p>1.5. O governo federal e os governos locais devem liderar a implementação de subsídios e incentivos monetários para a compra/leasing de ônibus de baixa-emissão como um mecanismo para a descarbonização dos sistemas de transporte público e para a melhora na qualidade do ar.</p>
2. Fortalecimento das competências tecnológicas para a produção nacional de ônibus de baixa-emissão	<p>2.1. Fomentar a criação de parcerias, alianças ou <i>joint-ventures</i> entre empresas estrangeiras e empresas nacionais de ônibus (carrocerias, chassis, componentes) para a fabricação nacional de ônibus elétricos, de acordo com as competências tecnológicas de cada empresa.</p> <p>2.2. Reorganizar as linhas de financiamento existentes no BNDES para a cadeia produtiva de ônibus de baixa emissão e componentes, reduzindo a sobreposição de incentivos e ampliando o alcance do financiamento subsidiado a outros elos da cadeia produtiva <i>upstream</i>, como para ampliação da capacidade produtiva de fornecedores de componentes, acumuladores de energia e encarroçadoras.</p> <p>2.3. Promover Chamadas estratégicas lideradas por exemplo pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), (Ex. Chamada 22) para a implementação de projetos de P&D em ônibus elétricos por parte das empresas de energia elétrica, com foco na produção nacional.</p> <p>2.4. Promover Chamadas estratégicas que tenham como objetivo a adensamento na cadeia produtiva e a ampliação do valor agregado nacional. Estas chamadas estratégicas podem ser lideradas por entidades como a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), Ministério de Economia, entre outras.</p>

Tabela 26 (conclusão)

Agendas Estratégicas	Ações Estratégicas
3. Formulação de um arcabouço coordenado de políticas públicas para o estímulo à Mobilidade de Baixo-Carbono	<p>3.1. Formular um Plano/Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica para o Brasil a qual deve definir metas claras de curto, médio e longo prazo para a inserção de ônibus de baixa-emissão no Brasil. A construção deste Plano/Estratégia deve contar com a participação de todos os atores interessados e do Governo Federal. Também deve definir responsáveis pela implementação das ações estratégicas.</p> <p>3.2. Estabelecer políticas e instrumentos monetários como subsídios para a compra e a redução dos impostos de importação de componentes chaves dos ônibus elétricos (que ainda não tem produção local), com o alvo de acelerar a inserção destas tecnologias nas cidades brasileiras.</p> <p>3.3. Estabelecer uma política de subsídios ou tarifas diferenciadas para a energia elétrica usada no transporte público, com foco na integração com energias renováveis, como solar fotovoltaica.</p> <p>3.4. Criação de uma política industrial com foco no adensamento produtivo local e criação de competências pelos atores instalados no Brasil.</p> <p>3.5. Criação de instrumentos de política de comércio internacional direcionados no âmbito do Mercosul, com foco no estímulo à exportação de ônibus elétricos neste mercado e em outros países da América Latina.</p> <p>3.6. Criação de um fundo nacional com recursos financeiros federais direcionados a manutenção das operações do sistema de transporte público no Brasil.</p>
4. Promover a articulação e coordenação da demanda por ônibus de baixa-emissão	<p>4.1. Fomentar a articulação da demanda para cidades menores para conseguir comprar produtos a preços mais competitivos (compras coletivas) que possam impulsionar os ônibus elétricos nesse contexto.</p> <p>4.2. O governo federal poderia estimular a inserção dos ônibus de baixa-emissão através de compras governamentais, por exemplo para ônibus escolares, como já acontece com o Projeto Caminho da Escola.</p>
5. Criação de programas de capacitação tanto para a operação como para a gestão dos ônibus de baixa emissão	<p>5.1. Incentivar programas de capacitação de gestores públicos perante a implementação destas novas tecnologias, considerando os aspectos de governança do ecossistema, processos, e organização dos atores.</p> <p>5.2. Fomentar a capacitação técnica e tecnológica para a operação e reparação dos ônibus elétricos e para a instalação e manutenção da infraestrutura de recarga associada.</p> <p>5.3. Criar programas de capacitação para motoristas dos ônibus em sistemas de condução eficiente para aproveitar o uso da frenagem regenerativa para recargar a bateria e garantir maior autonomia.</p> <p>5.4. Estabelecer parcerias entre os governos locais, centros de P&D (nacionais e internacionais) e/ou universidades para a criação de cursos de extensão e programas de formação em tecnologias de baixa-emissão.</p>
6. Estímulo ao desenvolvimento de projetos piloto para testar a operação e a infraestrutura de recarga dos ônibus elétricos a bateria	<p>6.1. Difundir e compartilhar experiências sobre os resultados dos projetos piloto de ônibus elétricos (por exemplo, Transwolff em São Paulo e outras cidades latino-americanas) para que os operadores de frota reduzam suas incertezas sobre o desempenho destas tecnologias.</p> <p>6.2. Identificar as rotas ótimas dentro da cidade para a implementação de ônibus elétricos e verificar a necessidade de fazer recargas de oportunidade.</p> <p>6.3. Estimular o desenvolvimento de projetos piloto nas garagens dos ônibus urbanos para identificar as necessidades de reforço da rede elétrica e/ou implantação de subestações nas garagens. Estes projetos devem ser feitos em parceria com as empresas de energia elétrica de cada cidade.</p> <p>6.4. Implementar projetos piloto que integrem painéis solares fotovoltaicos nas estações de carregamento dos ônibus. Este tipo de integração está sendo implementada no projeto piloto de ônibus elétricos em São Paulo. Projetos pilotos liderados pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) têm demonstrado a viabilidade de fazer a recarga dos ônibus elétricos com energia solar fotovoltaica.</p>
7. Criação de uma estrutura de garantias nos contratos de operação de sistemas de transporte público por ônibus	<p>7.1. É necessário dar estrutura de garantias, tanto para o cumprimento dos contratos, como para suportar a operação do sistema de transporte público coletivo com ônibus elétrico (por exemplo, a partir de mecanismos de bilhetagem eletrônica).</p> <p>7.2. As novas licitações de transporte público nas cidades brasileiras devem estimular a implementação de tecnologias de baixa ou zero-emissão, já seja como uma porcentagem do total da frota ou através de definição de metas de redução de emissões e poluentes locais.</p> <p>7.3. As novas licitações de transporte público devem contemplar estímulos adicionais para as operadoras de frota que participem com uma de ônibus elétricos a bateria fabricados em parceria com empresas nacionais de componentes, chassis e carrocerias.</p>

Fonte: Elaboração própria.

VII. Conclusão

O objetivo deste estudo foi investigar, descrever e analisar as alternativas para a estruturação da cadeia produtiva de ônibus elétricos no Brasil e seus impactos relacionados. Como objetivos específicos, foram empreendidas seis frentes correlatas e complementares, a saber: 1) Caracterizar o ecossistema dos ônibus a diesel considerando a cadeia produtiva já estabelecida, políticas públicas vigentes e atores relacionados; 2) Mapear o setor em construção do ônibus de baixa emissão no Brasil, tendo em vista a potencial cadeia produtiva, desenho e implementação de políticas públicas e novos atores relacionados; 3) Construir cenários prospectivos de produção de ônibus elétricos urbanos no Brasil tendo em vista o horizonte 2050 de análise; 4) Levantar e estimar os investimentos, recursos financeiros e mão de obra qualificada para suportar o alcance dos cenários de crescimento de produção concebidos; 5) Analisar os impactos econômicos (em termos de variação no PIB, geração de empregos, investimentos e infraestrutura) nos cenários de demanda, produção e importação de ônibus elétricos urbanos até 2050; 6) Identificar ações necessárias e agendas estratégicas para captura das oportunidades e mitigação das barreiras.

Os objetivos apresentados fundamentaram-se a partir de uma questão central que orientou toda a condução do trabalho, sendo: Quais são as possibilidades de recuperação econômica pós pandemia e sustentável com foco na cadeia produtiva de ônibus elétricos e sua infraestrutura de no Brasil?

Estas indagações foram motivadas pela lacuna de entendimentos pelos atores do setor da mobilidade, e por fontes secundárias que abordam a indústria automotiva brasileira e suas tecnologias, em compreender como o país pode se posicionar frente ao ônibus com propulsão elétrica. Por ser um cenário que cada vez mais se avizinha em escala global, motivou-se também, pelo papel relevante que a cadeia de ônibus representa para o Brasil em termos de geração de renda, emprego e atividades de pesquisa e desenvolvimento: é imperativo um diagnóstico mais claro de como as atividades produtivas de montagem de veículos e seus componentes poderão ser afetadas com a introdução destas novas tecnologias

Para corresponder aos objetivos e motivações associadas, este projeto se organizou em seis capítulos. Inicialmente foi apresentado o cenário atual da indústria de ônibus a diesel fabricados no Brasil. A caracterização da cadeia produtiva de ônibus a diesel permitiu evidenciar a relevância do parque industrial instalado no país, com destaque para a participação de empresas nacionais de carrocerias e empresas estrangeiras montadoras de chassis. Esta indústria tem um impacto positivo na geração de renda e no número de pessoas ocupadas, tanto nos processos de fabricação dos componentes estruturais, como na

prestação do serviço do transporte público. De fato, pensar na fabricação de ônibus de baixa-emissão pode ser chave tanto para alavancar a indústria nacional e geração de emprego, como para melhorar a qualidade dos serviços de transporte público coletivo e mitigar a queda do número de passageiros.

Em seguida se aprofundou a discussão e trouxe a perspectiva dos ônibus de baixa-emissão, como foco nos elétricos (escopo central do projeto) e as possibilidades da criação deste ecossistema no Brasil. Este capítulo apresentou as principais características dos tipos de ônibus de baixa-emissão e os sistemas de recarga. Também deu uma visão do mercado internacional dos ônibus de baixa-emissão, os quais experimentam um crescimento expressivo na América Latina, com destaque para as cidades de Santiago de Chile e Bogotá (Colômbia). Como grandes resultados, viu-se que o crescimento no número de unidades de ônibus de baixa-emissão, principalmente ônibus elétricos a bateria, tem sido favorecido pela criação de novos modelos de negócio que tem como objetivo a divisão da operação dos ônibus da aquisição deles, o que tem estimulado a inserção de novos atores nos sistemas de transporte público, principalmente empresas de energia elétrica. Outro aprendizado capítular é que os modelos de ônibus elétricos comprados pelos países e cidades da América Latina, estão sendo fornecidos por empresas cujas atividades produtivas são exógenas ao Brasil. Isto gera certa preocupação na indústria de ônibus a diesel estabelecida no Brasil, já que América Latina é o principal mercado de exportação destes veículos. Ainda, em relação à cadeia produtiva de ônibus de baixa-emissão no Brasil, ficou evidenciado que muitas das empresas que fazem parte da cadeia de ônibus a diesel também contam com capacidades para produzir ônibus elétricos a bateria, tanto para o chassi como para a carroceria. Tem destaque o anúncio da empresa Mercedes-Benz, a qual é líder na produção nacional e na exportação de ônibus a diesel, de começar a fabricação nacional de um chassi para ônibus elétrico urbano. Sem dúvida esta ação deste importante player local pode servir de estímulo para a alavancagem da cadeia produtiva de ônibus de baixa-emissão no Brasil.

Essa discussão empreendida pelos dois primeiros capítulos revelou o contexto desse setor, tanto do ponto de vista econômico quanto de sua relevância perante o tecido social. Vimos as ações, os movimentos e os riscos para a indústria associados ao não engajamento perante a trajetória de transição para os ônibus elétricos. Empreendido este olhar ao contexto e enquadramento setorial atual, uma questão emergiu: O que vem pela frente nos próximos anos no que se refere ao mercado e produção de ônibus urbano no Brasil? Qual será o espaço a ser ocupado pelo ônibus de baixa emissão no Brasil? Essas questões foram atacadas sistematicamente pelo capítulo III.

Pois, no Capítulo III foram construídos cenários prospectivos de crescimento de mercado, partindo de uma visão do Conservador ou Business as Usual - BAU, um Moderado e um Ideal, cada um com instrumentos capazes de sinalizar ou garantir aos atores envolvidos no segmento de ônibus, os caminhos necessários para a adoção dos ônibus elétricos. Viu-se que no cenário BAU e no Moderado, a adoção de políticas públicas de incentivo para o aumento de demanda são restritas, limitadas a poucas cidades que já desenvolvem alguma iniciativa. No cenário considerado Ideal, já existem condições de contorno mais favoráveis. Para o atendimento da demanda nacional e de exportação, existe necessariamente o engajamento efetivo do Governo Federal e uma ação integrada com as esferas Estadual e Municipal como chave para o sucesso na introdução dos ônibus elétricos nas cidades brasileira. Com garantias concretas dos Governos, os operadores poderão realizar investimentos nas frotas, ampliação dos volumes, o mercado poderá realizar investimentos diretos, permitirá a entrada de novos fabricantes de ônibus elétrico e componentes, a capacitação necessária para voltar a atender os mercados de exportação que já não irão comprar ônibus a diesel, a criação de novos empregos e o desenvolvimento econômico e social.

Foi por meio do desenho destes cenários que se basearam para empreender a modelagem financeira e econômica. Deste modo foi possível entender e mensurar como estas decisões estratégicas e seus impactos poderão afetar a cadeia produtiva brasileira, na realização de investimentos diretos, criação de novos empregos, geração de impostos e desenvolvimento econômico.

O capítulo seguinte, orientado aos investimentos necessários, ressaltou uma onda de investimentos no setor para os próximos anos que forneceria as condições produtivas para suportar os cenários de crescimento da demanda desenhados. Exemplos nessa direção remetem ao anúncio de investimentos

produtivos em ônibus elétricos por parte de grandes montadoras, como a Mercedes-Benz, bem como a perspectiva de ampliação de capacidade produtiva por parte de empresas relevantes no setor como a BYD e a entrada de outras empresas nos próximos anos. Contudo, a escassez de incentivos e subsídios públicos, a perspectiva de poucas iniciativas concretas de eletrificação por parte dos municípios brasileiros e as lacunas na cadeia produtiva do setor fazem com que as ondas de investimento produtivo estimados para as próximas décadas sejam breves e de magnitude bastante reduzida, tanto no cenário *business as usual* quanto no cenário moderado, o que certamente limita a geração de emprego e renda no setor. Essa perspectiva só se altera no cenário Ideal, em que as políticas públicas mais consistentes conseguem elevar a demanda a patamares suficientemente elevados para alavancar os investimentos produtivos e reduzir as barreiras à entrada. Outro achado do capítulo 4 apontou que o custo relativo de uma eventual eletrificação total da frota de ônibus urbanos no Brasil até 2050 seria relativamente baixo considerando o tamanho da economia brasileira: R\$ 390 bilhões ou cerca de 0,2% do PIB anual.

É importante destacar também que poucos dos instrumentos financeiros disponíveis no Brasil são direcionados especificamente para as atividades *upstream* da cadeia produtiva dos ônibus de baixa emissão – os instrumentos se destinam a financiar os custos operacionais ou de infraestrutura. Nesse sentido, o adensamento das cadeias produtivas relacionadas aos ônibus de baixa emissão passa necessariamente pela elaboração de instrumentos de política industrial que contemplem as atividades estratégicas relacionadas a esses veículos, e que tenham, em seu desenho, elementos que possam estimular a criação e aumento da capacidade produtiva em atividades-chave como a fabricação de baterias, software, componentes eletrônicos e carregadores, contribuindo assim para a redução dos custos da eletrificação do transporte brasileiro.

Finalmente, se demonstrou que as simulações geradas indicam que quanto maior os investimentos na expansão do setor de elétricos à bateria, maiores seriam os efeitos econômicos, conforme esperado. Logo, nos cenários *moderado* e *ideal*, os impactos econômicos seriam maiores. Mesmo no cenário mais conservador, caracterizado como *business as usual*, cuja participação de importados na estrutura produtiva é elevada, os efeitos econômicos, diretos e indiretos, seriam positivos, inclusive quanto à geração de postos de trabalho na economia.

Nos demais cenários, *moderado* e *ideal*, o volume investido na expansão do setor de elétricos à bateria poderia contribuir, de forma mais eficiente, para a recuperação econômica. O volume de empregos gerados e o valor adicionado na economia, em 2025 e 2030, seriam consideráveis, já incluindo os efeitos negativos sobre o setor de ônibus à diesel. Cerca de 280.318 novos postos de trabalho seriam gerados no cenário *ideal* entre 2021 e 2030. O volume seria de 70.218 novos postos no cenário *moderado*. Os empregos gerados no setor de ônibus elétricos à bateria se equivaleriam as perdas do setor de ônibus à diesel já em 2031, no cenário *ideal*, em decorrência da nacionalização de 50% dos componentes importados.

Em termos de impactos sobre o PIB, o cenário *ideal* apresentaria maior contribuição, implicando, grosso modo, em incremento no PIB na ordem de 0,04% ou R\$3,1 bilhões por ano. Considerando todo o período analisado, entre 2021 e 2050, a contribuição anual sobre o PIB se elevaria para 0,14%, dado os volumes de investimento realizados para manter a expansão, juntamente com a renovação da frota. No cenário *moderado*, os impactos sobre o PIB seriam menores, mas ainda sim com potencial de contribuir para a retomada de crescimento da economia brasileira. O PIB seria incrementado em R\$1,1 bilhão por ano, em média, entre 2021 e 2030.

A renda gerada pelos investimentos em capacidade produtiva, infraestrutura de recarga e produção de ônibus elétricos à bateria, no cenário *ideal*, seria de R\$128,3 bilhões, em termos acumulados em 2050. Entre 2021 e 2030, a renda acumulada seria de R\$13 bilhões. No cenário moderado, a renda gerada seria de R\$25,8 bilhões, em 2050, e de R\$4,7 bilhões entre 2021 e 2030, também em termos acumulados. No cenário BAU, a renda seria de R\$12,7 bilhões em 2050, e de R\$3,8 bilhões entre 2021 e 2030. Esses resultados evidenciam a maior contribuição do cenário *ideal* na geração de renda no país, sobretudo nos 10 anos iniciais da expansão do setor.

Em termos de geração de impostos, a expansão do setor de elétricos teria muito a contribuir, dada a atual situação de deterioração fiscal pelo qual passa o Brasil, já incluindo os efeitos negativos sobre a arrecadação em decorrência da redução da produção de ônibus à diesel. No cenário ideal, a arrecadação acumulada em 2050 seria de R\$44,3 bilhões, com R\$4,7 bilhões entre 2021 e 2030. No cenário moderado, a arrecadação acumulada seria de R\$9,3 bilhões em 2050, com R\$1,9 bilhão entre 2021 e 2030. No cenário BAU, a arrecadação acumulada seria de R\$5 bilhões em 2050, sendo R\$1,5 entre 2021 e 2030.

Portanto, os resultados apresentados pelas simulações, indicam que os impactos econômicos em termos de PIB, emprego, renda e geração de impostos seriam positivos, mesmo no cenário mais conservador. A redução dos postos de trabalho esperados no setor de ônibus à diesel seriam amenizados pelo aumento dos empregos gerados em outros setores da economia. No cenário mais otimista, com uma expansão mais agressiva do setor de elétricos à bateria, a escala maior de produção possibilitaria a internalização de grande parte dos componentes que atualmente são importados, esse efeito faria com que os empregos gerados no setor de elétricos à bateria se equivalessem às perdas no setor de ônibus à diesel. No entanto, em termos gerais, a criação de novos postos de trabalho para atender toda a cadeia, seriam potencializados.

Toda a costura iniciada e mapeada para o caso do ônibus urbano brasileiro, colocada à prova em prospecções de crescimento e desdobradas em investimentos necessários e impactos econômicos relacionados encontra desfecho no último capítulo. Nesta sexta parte, se sugere uma forma de trabalhar e operacionalizar as oportunidades econômicas evidenciadas pelo projeto, bem atacar as situações/problemas e as barreiras encontradas, chamando a atenção para dois aspectos fundamentais para a estruturação das atividades, a saber: (1) que tipo de agendas estratégicas são necessárias para a coordenação deste setor e, (2) que tipo de ações concretas se colocam como necessárias para alcançar êxito nas agendas.

Visando atuar nestas direções é que se propõe sete grandes agendas estratégicas:

- Estímulo à criação de novos modelos de negócio para a operação de ônibus de baixa-emissão;
- Fortalecimento das competências tecnológicas para a produção nacional de ônibus de baixa-emissão;
- Formulação de um arcabouço coordenado de políticas públicas para o estímulo à Mobilidade de Baixo-Carbono;
- Promover a articulação e coordenação da demanda por ônibus de baixa-emissão;
- Criação de programas de capacitação tanto para a operação como para a gestão dos ônibus de baixa emissão;
- Estímulo ao desenvolvimento de projetos piloto para testar a operação e a infraestrutura de recarga dos ônibus elétricos a bateria;
- Criação de uma estrutura de garantias nos contratos de operação de sistemas de transporte público por ônibus.

Estas se colocam com o propósito de serem um guia e roteiro para alavancagem da cadeia produtiva e de mercado do ônibus elétrico no Brasil, acoplamento as perspectivas da demanda e oferta, em prol de uma estratégia articulada para o ônibus elétrico em termos do adensamento local nas atividades produtivas e criação de competências no Brasil. O ponto de chegada deste ensaio de ações é apoiar o posicionamento da indústria brasileira nesse segmento, transbordando sua participação e fluxos comerciais com a América Latina, e também e aumentando seu protagonismo perante o ônibus elétrico neste contexto.

De forma geral, este projeto revelou um momento ímpar que passa o setor de ônibus urbano no Brasil quanto a sua reflexão e entendimento de que papéis terá nessa nova trajetória que cada vez mais aponta a eletrificação como solução para a transição ao ônibus de baixo carbono. Ainda, está em xeque a pensar como em que medida terá a participação indústria brasileira como hub produtivo nesse sentido.

Vimos também, com grande ineditismo de resultados, a mensuração e quantificação dos impactos gerados por esse setor do ônibus de baixa emissão. Conseguiu-se por exemplo, não só qualificar a premissa de que o segmento de ônibus elétricos traz impactos positivos no emprego, PIB e geração de renda quanto também conseguiu-se dar escala e visão de grandes números acerca dessas dimensões.

E com estes conjuntos de resultados, se interpretados numa visão integrada, nos permitem afirmar, sim, que este setor produtivo pode ser um dos pilares responsáveis pela recuperação econômica verde no Brasil, principalmente no período pós pandemia.

E uma forma de vislumbrar esse caminho é encarar as agendas e ações estratégicas como guia, tanto para pensar o posicionamento da cadeia produtiva de ônibus no Brasil, como para orientar a formulação da política pública brasileira. Afinal, conta-se aqui com um diagnóstico que dá sustentação à elaboração de instrumentos para que o Brasil desenvolva do lado da oferta de ônibus e possa formar competências / se aproveite das condições já existentes para alcançar as oportunidades evidenciadas.

Claramente, o conjunto de ações tem que ser interpretado como dinâmico e evolutivo, não sendo um produto estático ao longo do tempo. Recomenda-se acompanhar as várias dimensões que afetam o setor, o que inclui as (novas) rotas tecnológicas; a evolução institucional (novos tipos de políticas e esforços colaborativos internacionais); o avanço de mercado; e outros pontos que afetam o diagnóstico trazido ao longo do projeto. Este acompanhamento é necessário para que se possa realizar, calibrar e aperfeiçoar as ações pontuadas.

Bibliografia

- ANEEL. Agência abre Chamada de P&D Estratégico sobre Mobilidade Elétrica Eficiente. [s. l.], (2019), Disponível em: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/agencia-abre-chamada-de-p-d-estrategico-sobre-mobilidade-eletrica-eficiente/656877?inheritRedirect=false.
- ANTP (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS). A importância Macroeconômica e socioambiental do Transporte Público por ônibus no Brasil. [S. l.: s. n.] Disponível em: <http://files.antp.org.br/2020/8/26/a-importancia-macroeconomica-e-socioambiental-do-transporte-publico-por-onibus-1.pdf>.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ÔNIBUS (FABUS). Produção das Associadas. [s. l.], (2021), Disponível em: <https://www.fabus.com.br/producao.htm>.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2021. [S. l.: s. n.].
- AUTOMOTIVE BUSINESS. Moura planeja montar baterias para elétricos. [s. l.] (2019), Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/noticia/30077/moura-planeja-montar-baterias-para-eletricos>. Acesso em: 24 jun. 2021.
- AUTOMOTIVE BUSINESS. e-Consórcio viabiliza a produção de caminhões e ônibus elétricos no País. [s. l.] (2021a), Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/e-consorcio-viabiliza-a-producao-de-caminhoes-e-onibus-eletricos-no-pais/>.
- AUTOMOTIVE BUSINESS. Mercedes-Benz investe R\$ 100 milhões no seu primeiro ônibus elétrico no Brasil. [s. l.] (2021b), Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/mercedes-benz-investe-r-100-milhoes-no-seu-primeiro-onibus-eletrico-no-brasil/>.
- BARASSA, E.; CRUZ, R. F. da; MORAES, H. B. 1º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica. [S. l.: s. n.].
- BATERIAS MOURA. Moura e CATL firmam parceria estratégica para mercado de baterias de íons de lítio na América do Sul. [s. l.], 2020.
- BERMÚDEZ -RODRÍGUEZ, T.; CONSONI, F. L. Uma abordagem da dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico das baterias lítio-íon para veículos elétricos. Revista Brasileira de Inovação, [S. l.], v. 19, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658394>.
- BERMÚDEZ, T. Transiciones Socio-Técnicas hacia una Movilidad de Bajo Carbono: Un análisis del Nicho de los Buses de Baja Emisión para el Caso de Brasil. [S. l.: s. n.].
- BNEF. Energy Transition Investment Trends 2021 - Tracking Global Investments in Low-Carbon Energy Transition. [S. l.: s. n.].

- BRASIL. Decreto No. 9.557 de 8 de Novembro de 2018. Programa Rota 2030-Mobilidade e Logística. Brasil, 2018.
- BYD BRASIL. Chassis de Ônibus Elétricos a Bateria. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.byd.com.br/produtos/onibus/>.
- C40 CITIES. Green and Healthy Streets. Fossil-Fuel-Free Declaration- Planned Actions to Deliver Commitments. [S. l.: s. n.].
- CASTRO, B. H. R. de; BARROS, D. C.; VEIGA, S. G. da. Baterias automotivas : panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. BNDES Setorial, [S. l.], v. 37, p. 443–396, 2013.
- CIDADE DE SÃO PAULO. Diário oficial Cidade de São Paulo. Lei No. 16.802 de 17 de Janeiro de 2018[S. l.: s. n.].
- CONCEJO DE BOGOTÁ. Acuerdo No. 811/2021. Por medio del cual se impulsan acciones para enfrentar la emergencia climática y el cumplimiento de los objetivos de descarbonización en Bogotá D.C. [S. l.], 2021.
- CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1964/2019. Por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones. [S. l.], 2019.
- CRUZ, R. F. da. Análise do TCO (Total Cost Ownership) de um Veículo Comercial Leve elétrico considerando a produção local de baterias de Lítio. 2020. - Universidade de São Paulo, [S. l.], 2020.
- DE BRUYN, S.; KAMPMAN, B.; KOOPMAN, M. Literature review on employment impacts of GHG reduction policies for transport. [S. l.], 2012.
- DIÁRIO DO TRANSPORTE. HISTÓRIA: São Paulo já teve lei que obrigava frota de ônibus movidos a Gás Natural. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2015/11/02/historia-sao-paulo-ja-teve-lei-que-obrigava-frota-de-onibus-movidos-a-gas-natural/>.
- DIÁRIO DO TRANSPORTE. Vendas de ônibus fecham 2020 com queda de 33%, diz Fenabreve. [S. l.], 2021a. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2021/01/05/vendas-de-onibus-fecham-2020-com-queda-de-33-diz-fenabreve/>.
- DIÁRIO DO TRANSPORTE. Novas empresas integram e-Consórcio da VWCO para consultoria especializada em mobilidade elétrica. [S. l.], 2021b. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2021/08/26/novas-empresas-integram-e-consorcio-da-vwco-para-consultoria-especializada-em-mobilidade-eletrica/>.
- DIÁRIO DO TRANSPORTE. Mercedes-Benz lança o primeiro chassi elétrico com produção no Brasil: eO500U. [S. l.], 2021c. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2021/08/25/mercedes-benz-lanca-o-primeiro-chassi-eletrico-com-producao-no-brasil-eo500u/>.
- ELECTROMOV. Tres sistemas de tecnologías para cargar buses eléctricos que se utilizan en el transporte público. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.electromov.cl/2019/12/12/tres-sistemas-de-tecnologias-para-cargar-buses-electricos-que-se-utilizan-en-el-transporte-publico/>.
- ELETRA. Trólebus. [S. l.], 2021a. Disponível em: <http://www.eletrabus.com.br/en/empresa/>.
- ELETRA. e-Retrofit. [S. l.], 2021b. Disponível em: <https://www.eletrabus.com.br/categoria/e-retrofit/>.
- EPE. AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONOMICA DE ÔNIBUS ELÉTRICO NO BRASIL. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-nota-tecnica-de-avaliacao-tecnico-economica-de-onibus-eletrico-no-brasil>.
- ESTRADÃO. Encarroçadoras de ônibus enfrentam alta no preço de insumos. [S. l.], 2020.
- EU COMMISSION. Eu Skills Panorama 2014 - Focus on Automotive sector and clean vehicles. Brussels: [S. n.], 2014.
- FIEP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ. Rol de Cadeias Produtivas -Complexo Automotivo. [S. l.: s. n.], 2010.
- FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FNDE) MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Caminho da Escola. [S. l.], 2021.
- GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. Research Policy, [S. l.], v. 31, n. 8–9, p. 1257–1274, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8).
- HAGEMANN, B.; HEUSS, R.; WEERDA, K. New mobility, new skills. Mckinsey Quartely, [S. l.], n. April, 2021.
- HAGMAN, J. et al. Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion. Research in Transportation Business & Management, [S. l.], v. 18, p. 11–17, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.01.003>.
- HAMILTON, J. Green Jobs: Electric Vehicles Report 4 - Careers in Electric Vehicles. [S. l.: s. n.].
- HORADAM, N.; POSNER, A. A Zero-Emission Transition for the US Transit Fleet. Atlanta, GA United States: [S. n.], 2021.

- IEA. Global EV Outlook 2021. Paris: [s. n.], 2021 a.
- IEA. Global EV Policy Explorer. Paris: [s. n.], 2021 b.
- IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global EV Outlook 2019 Scaling-up the transitions to electric mobility. [S. l.: s. n.].
- IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global EV Outlook 2021 Accelerating ambitions despite the pandemic. Global EV Outlook 2021, [S. l.], 2021.
- IQAIR. 2019 World Air Quality Report. Region & City PM_{2.5} Ranking. [S. l.: s. n.].
- JATTIN, M. G. Financial Mechanisms for Electric Bus Adoption. [S. l.: s. n.].
- LABMOB (LABORATÓRIO DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL); UFRJ (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO). E-BUS RADAR - Plataforma de Ônibus Elétricos da América Latina. [S. l.], 2021.
- LEE, K.; MALERBA, F. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. *Research Policy*, [S. l.], v. 46, n. 2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.09.006>.
- LI, X.; CASTELLANOS, S.; MAASSEN, A. Emerging trends and innovations for electric bus adoption—a comparative case study of contracting and financing of 22 cities in the Americas, Asia-Pacific, and Europe. *Research in Transportation Economics*, [S. l.], v. 69, p. 470–481, 2018.
- LINDSTRÖM, M.; HEIMER, T. Electric Vehicles: Shifting Gear or Changing Direction? [S. l.: s. n.].
- MARTINEZ-FERNANDEZ, C.; HINOJOSA, C.; MIRANDA, G. Greening jobs and skills: labour market implications of addressing climate change. [S. l.], 2010.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA; MINISTERIO DE TRANSPORTE. Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica de Colombia. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2019.12.6.378.381>.
- MOON-MIKLAUCIC, C. *et al.* Financing electric and hybrid-electric buses: 10 questions city decision-makers should ask. [S. l.]: Working Paper. World Resources Institute, October 2019 [online][accessed ..., 2019.
- NTU (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS). Anuário NTU 2019—2020. [S. l.: s. n.].
- NTU (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS). Os grandes números da mobilidade urbana. Cenário Nacional. [S. l.], 2021a.
- NTU (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS). IMPACTOS NO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS PROVOCADOS PELA PANDEMIA DA COVID-19: ANÁLISE DO CENÁRIO NACIONAL (MARÇO/2020 A ABRIL/2021). [S. l.: s. n.]
- OLHAR DIGITAL. Mercedes-Benz paralisa fábricas no Brasil por causa da Covid-19. [S. l.], 2021.
- PERK, A. *et al.* Powering a New Value Chain in the Automotive Sector: The Job Potential of Transport Electrification. [S. l.]: The European Association of Electrical Contractors. <https://download ...>, 2018.
- PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE. Lei 14.933 de 5 de Junho de 2009 [S. l.: s. n.].
- PROFF, H.; FOJCIK, T. M.; KILIAN, D. Value added and competences in the transition to electric mobility – an analysis of the European automotive industry. [S. l.], v. 15, n. 1, p. 20–42, 2015.
- REVISTA VEC. 1.002 nuevos buses eléctricos tendrán carrocerías hechas en Colombia. [S. l.], 2021.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTES. PORTARIA - SMT No 81 DE 24 DE MARÇO DE 2020. [S. l.], 2020.
- SISTEMA COMEX STAT - COMEXVIS. Exportações automóveis para transporte de mercadorias e usos especiais. [S. l.], 2021.
- SPTRANS; SECRETARIA DE MOBILIDADE E TRANSPORTES CIDADE DE SÃO PAULO. Manual dos Padrões Técnicos de Veículos Tração Elétrica. [S. l.], 2019.
- SPTRANS; SECRETARIA DE MOBILIDADE E TRANSPORTES PREFEITURA DE SÃO PAULO. Manual dos Padrões Técnicos de Veículos. [S. l.], 2018.
- TRANSMILENIO. Planificación e implementación de la Flota Eléctrica en el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá. Componente Zonal. [S. l.], 2020.
- TRANSMILENIO. Estadísticas de oferta y demanda del Sistema Integrado de Transporte Público - SITP - Junio 2021. [S. l.], 2021.
- UNICAMP. Ônibus elétrico começa a circular na Unicamp. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2020/09/15/onibus-eletrico-comeca-circular-na-unicamp>.

- VOLKSWAGEN CAMINHÕES E ÔNIBUS. Um dia histórico: VW Caminhões e Ônibus inicia a produção do e-Delivery. [s. l.], 2021.
- VOLVO ÔNIBUS. Volvo Híbrido. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.volvobuses.com/br/city-and-intercity/chassis.html>.
- WEG. WEG vai produzir Sistema Powertrain de tração em série. [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/weg-vai-produzir-sistema-powertrain-de-tracao-em-serie>.
- WEG. Mobilidade Elétrica. [s. l.], 2021. Disponível em: https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automação-e-Controle-Industrial/Drives/Mobilidade-Elétrica/c/BR_WDC_IA_DRV_ET.
- WORLD BANK. Latin America Clean Bus in LAC. Lessons from Chile's Experience with E-mobility. [S. l.: s. n.].
- WORLD BANK; INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PUBLIC TRANSPORT. Electric Mobility and Development. Washington, DC: [s. n.], 2018.
- WRI BRASIL. Nova NDC do Brasil: entenda por que a meta climática foi considerada pouco ambiciosa. [s. l.], 2021.
- YONG, J. Y. *et al.* A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [S. l.], v. 49, p. 365–385, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.130>.
- ZAPAROLLI, D. Foco nas baterias de lítio : Revista Pesquisa Fapesp. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/foco-nas-baterias-de-litio/>. Acesso em: 24 jun. 2021.

Anexo

Tabela A1
Premissas para os cenários de evolução de volumes conforme critérios prescritos^a

Tecnologia	Critério de Implementação	Executor	BAU	MODERADO	IDEAL
Todas	NA	NA	Volume total (tamanho total do mercado interno/doméstico) igual para todos os cenários		
EURO 5	PROCONVE P7:2012	Nacional	<ol style="list-style-type: none"> Dados consolidados de produção ANFAVEA de 2015 a Julho/2021 Premissa de 16.000 unidades totais produzidas em 2021, conforme inferência das entrevistas Premissa de 18.000 unidades totais produzidas em 2022, com aumento de 12,5% em relação a 2021, como efeito da compra antecipada do EURO VI 		
EURO 6	PROCONVE P8:2023	Nacional	<ol style="list-style-type: none"> Premissa de 18.000 unidades totais produzidas em 2023 Premissa de taxa de crescimento de 0,5% entre 2024 e 2033, tendo 2024 como ano base Premissa de taxa de redução anual de 1,1% entre 2034 e 2050, face a renovação dos veículos a Diesel (tendo como base o regramento de São Paulo) 	<ol style="list-style-type: none"> Premissa de 18.000 unidades totais produzidas em 2023 Para 2024 a 2050, volume é a diferença entre o Volume Total de Mercado e o Volume de Elétricos + Gás 	
Elétrico	NA	NA	1. De 2015 a 2021: estoque de veículos (Elétricos e Trólebus) existente em várias cidades		
Elétrico	Lei Municipal 16802/18	São Paulo	<ol style="list-style-type: none"> 2022 a 2035 reflete de forma direta o cronograma da SPTRANS 2036 a 2050, tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota 		
Elétrico	Decreto 46.081/19	Rio de Janeiro	<ol style="list-style-type: none"> 2022 a 2024 tem-se a implementação de 500 elétricos, com foco no sistema BRT 2025 a 2037 tem-se a implementação no sistema de transporte convencional de ônibus, conforme decreto 46.801 (obrigatoriedade de veículo zero emissão para qualquer unidade nova integrada à frota) 2037 a 2050, tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota 		
Elétrico	Parceria com C40	Salvador	<ol style="list-style-type: none"> 2023 a 2026 tem-se a implementação de 450 elétricos, resultado da parceria com C40 e antes do setor elétrico 2034 a 2037 tem-se o início da renovação da frota diesel pelos elétricos 2038 a 2050 tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota 		
Elétrico	Parceria com C40	Curitiba	<ol style="list-style-type: none"> 2023 a 2026 tem-se a implementação de 400 elétricos, resultado da parceria com C40 e antes do setor elétrico 2034 a 2037 tem-se o início da renovação da frota diesel pelos elétricos 2038 a 2050 tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota 		
Elétrico	Licitação	Campinas	<ol style="list-style-type: none"> 2022 a 2026 tem-se a implementação de 457 elétricos, em face a licitação em curso 2027 a 2035 tem-se o início da renovação da frota diesel pelos elétricos 2033 a 2050 tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota 		
Elétrico	Licitação	São José dos Campos	<ol style="list-style-type: none"> 2023 a 2027 tem-se a implementação de 312 elétricos, em face a licitação em curso 2036 a 2050 tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota 		

Tabela A1 (continuação)

Tecnologia	Critério de Implementação	Executor	BAU	MODERADO	IDEAL
Elétrico	Veículos em Operação	Distrito Federal	a) Manutenção da frota existente de 3 veículos		a) Manutenção da frota existente de 3 veículos b) De 2030 a 2039 tem-se o início da renovação da frota diesel pelos elétricos c) 2038 a 2050 tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota d) De 2045 em frente tem-se a renovação plena dos elétricos inseridos na frota
Elétrico	Veículos em Operação	Bauru	a) Manutenção da frota existente de 2 veículos	a) Manutenção da frota existente de 2 veículos b) De 2034 a 2042, implementação de 126 elétricos c) De 2049 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota	
Elétrico	Veículos em Operação	Maringá	a) Manutenção da frota existente de 2 veículos	a) Manutenção da frota existente de 2 veículos b) 2034 a 2042 tem-se a implementação de 289 elétricos c) De 2049 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota	
Elétrico	Veículos em Operação	Volta Redonda	a) Manutenção da frota existente de 2 veículos		
Elétrico	Veículos em Operação	Santos	a) Manutenção da frota existente de 3 veículos	a) Manutenção da frota existente de 2 veículos b) 2034 a 2042 tem-se a implementação de 290 elétricos c) De 2049 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota	
Elétrico	Veículos em Operação	ABD + BRT ABC	a) Até 2020, 105 trólebus b) Em 2023 e 2024, inserção de 180 elétricos no sistema BRT c) 2030 a 2039 tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota		
Elétrico	Anúncio do Poder Público	Florianópolis	NA	a) 2022 a 2027 tem-se a implementação de 496 elétricos b) 2037 a 2042 tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota	
Elétrico	Anúncio do Poder Público	Belo Horizonte	NA	a) 2023 a 2037 tem-se a implementação de 2440 elétricos b) 2038 a 2050 tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota	
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	Recife	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 2686 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	Fortaleza	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 2249 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota

Tabela A1 (continuação)

Tecnologia	Critério de Implementação	Executor	BAU	MODERADO	IDEAL
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	Porto Alegre	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 1698 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	Manaus	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 1575 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	Goiânia	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 1391 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	Belém	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 1185 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	Maceió	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 702 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	São Luís	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 949 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	Guarulhos	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 951 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota
Elétrico	Cidade com mais de 1 milhão de habitantes	São Gonçalo	NA	NA	a) 2030 a 2039 tem-se a implementação de 709 elétricos b) De 2045 em frente tem-se a renovação dos elétricos já inseridos na frota

Tabela A1 (conclusão)

Tecnologia	Critério de Implementação	Executor	BAU	MODERADO	IDEAL
Elétrico	Programa Caminho da Escola	Governo federal	NA	NA	a) 2030 a 2050 tem-se a implementação de 10000 elétricos/ano no contexto do Programa Caminho da Escola b) Este volume de elétricos é substituído da frota total a diesel de ônibus projetado até 2050
Elétrico	Exportação	NA	NA	a) Premissa de que 87% do volume total do mercado representa o volume de ônibus Urbanos b) Premissa de que 8% do volume de ônibus Urbanos serão para exportação e serão elétricos	
Gás	NA	NA	1. De 2015 a 2021: estoque de veículos existente em várias cidades 2. De 2020 a 2035: crescimento gradual e linear, com máximo em 2035 - perfil baseado em entrevistas 3. De 2034 a 2050: queda polinomial, com mínimo em 2050 - perfil baseado em entrevistas		

Fonte: Elaboração própria.

^a Nas colunas dos cenários BAU (Business As Usual), MODERADO e IDEAL, as cores do texto representam o enquadramento do cenário, ou seja, texto da cor azul na coluna do cenário IDEAL significa que não há alteração de cenário e as premissas do cenário MODERADO (azul) foram mantidas no cenário IDEAL (laranja).

Nota-se atualmente um momento ímpar de reflexão e prospecção de alternativas e aperfeiçoamento da mobilidade urbana. Acelerado principalmente nos últimos dez anos, esse processo tem tido como palco as grandes cidades, conglomerados urbanos e as capitais globais. Entendido numa perspectiva global, este processo tem ponderado tanto a diversificação das formas que as pessoas e bens podem se mover no espaço e território urbano, como o tipo de tecnologia e sistema de propulsão que pode ser empregado para tal fim. A eletrificação é uma alternativa promissora para o alcance de uma mobilidade de baixo carbono do transporte público, onde a redução de emissões, com a ponderação dos impactos no meio ambiente e na saúde pública, tem se colocado como alvos e objetivos a serem alcançados. O Brasil tem grande potencial para o desenvolvimento da cadeia produtiva da eletromobilidade pública.