

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
CENTRO DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA ELETRIFICAÇÃO DO SETOR DE
TRANSPORTE PÚBLICO BRASILEIRO DE PASSAGEIROS**

ANDRIELLY CAROLINE DOS SANTOS

CAMPINAS

2022

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
CENTRO DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

**OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA ELETRIFICAÇÃO DO SETOR DE
TRANSPORTE PÚBLICO BRASILEIRO DE PASSAGEIROS**

ANDRIELLY CAROLINE DOS SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas ao Centro de Economia e Administração da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Daniela Scarpa Beneli

CAMPINAS

2022

Ficha catalográfica elaborada por Adriane Elane Borges de Carvalho CRB 8/9313
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

339.5
S237o

Santos, Andrielly Caroline dos

Oportunidades e desafios para eletrificação do setor de transporte público brasileiro de passageiros / Andrielly Caroline dos Santos. - Campinas: PUC-Campinas, 2022.

86 f.: il.

Orientador: Daniela Scarpa Beneli.

TCC (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Faculdade de Ciências Econômicas, Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2022.

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Mobilidade - Urbana. 3. Mobilidade - Transporte público. I. Beneli, Daniela Scarpa. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Economia e Administração. Faculdade de Ciências Econômicas. III. Título.

CDD - 22. ed. 339.5

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
CENTRO DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

Autora: Andrielly Caroline dos Santos

Oportunidades e desafios para eletrificação do setor de transporte público brasileiro de passageiros

Trabalho de Conclusão de Curso

BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientadora: _____

Examinador: _____

Prof. Izaias de Carvalho Borges

Campinas, _____ de _____ de 2022.

Agradeço à Deus, minha mãe e namorado, que acreditaram em mim, me apoiaram e possibilitaram que eu concluísse mais esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e, especialmente após ter vivenciado a pandemia global de SARS-CoV-2, pela vida da minha família e amigos.

Agradeço à minha mãe Marly por ter compensado qualquer impossibilidade financeira de me ajudar a concluir a graduação com seu carinho, suporte e amor incondicional, pois sem ela os desafios seriam exponencialmente maiores. Agradeço ao meu namorado Victor pelo companheirismo, paciência e incentivo durante a graduação, por nunca desacreditar de mim e me lembrar diariamente que eu era capaz e merecia acreditar no meu potencial.

Agradeço aos meus amigos da faculdade, pelo companheirismo e a alegria em todos esses anos de curso, em especial à Ana Laura, Izadora, Michele e Raisal.

Agradeço à minha orientadora Daniela, por aceitar estudar esse tema comigo, me manter tranquila e esperançosa e suportar todas as minhas dúvidas com atenção, paciência e amor ao ato de orientar.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a elaboração dessa monografia e para a conclusão do meu curso.

[...] infelizmente ecologistas e economistas, ainda estão muito longe de se encontrarem num diálogo para salvar o futuro do planeta.

(PESSINI; SGANZERLA, 2016, p.3)

RESUMO

SANTOS, Andrielly Caroline dos. Oportunidades e desafios para eletrificação do setor de transporte público brasileiro de passageiros. 2022. 86 f. TCC (Graduação) - Faculdade de Ciência Econômicas, Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2022.

É de conhecimento que o setor de transportes, dos veículos movidos à combustão interna, figura como um dos mais poluentes setores econômicos do planeta. Partindo dessa problemática, o presente trabalho tem como finalidade analisar a dinâmica de eletrificação do setor de transportes no Brasil via transporte público de passageiros, assim como oportunidades e desafios para a cadeia automobilística brasileira com essa transição. A pesquisa foi feita baseada na leitura e na interpretação de artigos, periódicos, teses e dissertações e apoiada pela contextualização de dados selecionados da Agência Internacional de Energia (IEA, do inglês), Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus (FABUS) e Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). Dada a relevância da indústria de transportes na carga total de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), a eletrificação dos veículos tem se tornado uma política cada vez mais homogênea no cenário internacional. O Brasil possui relevante posição enquanto produtor e exportador de ônibus e verificam-se vantagens, oportunidades e desafios para a indústria de transporte, em especial relativas às empresas de capital nacional, na eletrificação desse modal. Entende-se que a corrida pela eletrificação do transporte é alavancada pela necessidade de conter os efeitos negativos das emissões de GEE. Entretanto, é inegável que os processos e produtos dessa revolução sustentável, representam, também, uma possibilidade de crescimento e desenvolvimento econômico. É da inerente possibilidade de desenvolvimento econômico que surge a discussão sobre oportunidades e desafios na eletrificação do transporte no Brasil e, em especial, o que esse fenômeno representa para a cadeia automobilística nacional assim como a relação de incentivos existentes e da complexa interação entre os agentes públicos e privados em prol dessa transição.

Palavras chave: Mobilidade Urbana Sustentável. Economia da Mobilidade Urbana. Eletrificação do Transporte Público. Transição para veículos de baixa emissão.

ABSTRACT

SANTOS, Andrielly Caroline dos. Opportunities and challenges for electrification of the Brazilian public passenger transport sector. 2022. 86 p. Final Project. Faculdade de Ciência Econômicas, Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2022.

It is a fact that the transport sector, of vehicles powered by internal combustion, figures as one of the most polluting economic sectors on the planet. Starting from this problem, the present work aims to analyze the electrification dynamics of the transport sector in Brazil via public passenger transport, as well as opportunities and challenges for the Brazilian automobile sector with this transition. The research was based on the reading and interpretation of articles, periodicals, theses and dissertations and supported by the contextualization of selected data from the International Energy Agency (IEA), the National Association of Bus Manufacturers (FABUS) and the National Association of Motor Vehicle Manufacturers (ANFAVEA). Considering the relevance of the transport industry in the total load of Greenhouse Gas (GHG) emissions, vehicle electrification has become an increasingly homogeneous policy on the international stage. Brazil has a relevant position as a producer and exporter of buses and there are advantages, opportunities and challenges for the transport industry, especially related to companies with national capital, in the electrification of this modal. It is understood that the race for electrification of transport is leveraged by the need to contain the negative effects of GHG emissions. However, it is undeniable that the processes and products of this sustainable revolution also represent a possibility of economic growth and development. It is from the inherent possibility of economic development that the discussion arises about opportunities and challenges in the electrification of transportation in Brazil and, in particular, what this phenomenon represents for the national automobile chain as well as the relationship of existing incentives and the complex interaction between public and private agents in favor of this transition.

Keywords: Sustainable Urban Mobility. Urban Mobility Economy. Electrification of Public Transport. Transition to low-emission vehicles.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Proporção de emissões de CO ² por setor no mundo.....	34
Gráfico 2. Proporção de emissões de CO ² por setor no Brasil.....	34
Gráfico 3. Exportações totais de ônibus a diesel (chassis) montados e desmontados no Brasil, 2000-2022.....	57
Gráfico 4. Exportações de carrocerias de ônibus a diesel, 2005-2020.....	57
Gráfico 5. Produção total de ônibus a diesel (chassis) no Brasil, 2000-2022.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tipologia de classificação dos Ônibus de Baixa Emissão.....	40
Quadro 2. Responsabilidades dos Departamentos chineses na promoção dos Ônibus Elétricos.....	43
Quadro 3. Incentivos de Impacto para promoção de VEs.....	53
Quadro 4. Atores e responsabilidades no modelo de negócio de Ônibus Elétricos em Santiago, Chile.....	54
Quadro 5. Classificação e atuação das empresas da Indústria de Ônibus a Diesel no Brasil.....	61
Quadro 6. Principais Oportunidades no Brasil para Ônibus de Baixa Emissão.....	69
Quadro 7. Políticas Públicas brasileiras relevantes em tecnologias limpas e para VEs.....	72
Quadro 8. Ações Diretas para a Promoção dos Ônibus de Baixa Emissão.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.....	20
Figura 2. Os limites da Economia Donut.....	26

LISTA DE SIGLAS

ALAMOS - Associação Latinoamericana de Mobilidade Sustentável (do espanhol)
ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
CATARC - Centro de Pesquisa em Tecnologia Automotiva da China (do inglês)
EEA - Área Econômica Europeia (do inglês)
ESG - Meio Ambiente, Social e Governança (do inglês)
FABUS - Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus
IEA – Agência Internacional de Energia (do inglês)
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MU – Mobilidade Urbana
MUS – Mobilidade Urbana Sustentável
ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ONU - Organização das Nações Unidas
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento
PIB - Produto Interno Bruto
TCO – Custo Total de Posse (do inglês)
VE – Veículos Elétricos

Sumário

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1: ECONOMIA, SUSTENTABILIDADE E TRANSPORTE	17
1.1 O Desenvolvimento Sustentável e o papel da ONU	17
1.2 Economia e Sustentabilidade	22
1.3 Externalidades Negativas e Sustentabilidade	24
1.4 Inovação e avaliação empresarial em ESG	27
1.5 Desenvolvimento Sustentável	28
1.6 Mobilidade Urbana Sustentável	32
CAPÍTULO 2: MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: PROTAGONISMO CHINÊS E OPORTUNIDADES NA AMÉRICA LATINA	39
2.1 Ônibus de baixa emissão, sistema de recarga e tendência de eletrificação	39
2.2 Mobilidade Urbana Sustentável: o caso da China	41
2.3 Política nacional de ônibus elétricos na China	43
2.4 Inovação e o papel do Estado para o desenvolvimento da eletrificação	45
2.5 Mobilidade Urbana Sustentável: o caso da América Latina	49
2.5.1 Santiago, Chile e Bogotá, Colômbia: os avanços na América Latina	53
CAPÍTULO 3: MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL NO BRASIL	56
3.1 Relevância da eletrificação de ônibus na cadeia automobilística brasileira	56
3.2 A Cadeia Produtiva de Ônibus no Brasil	60
3.2.1 Oportunidades e Barreiras da eletrificação de Ônibus	63
3.3 Políticas públicas de eletrificação no Brasil	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

INTRODUÇÃO

A problemática da mobilidade urbana se intensifica na vida urbana, ou seja, está ligada ao fenômeno da urbanização, sobretudo do rápido crescimento e concentração populacional ao redor do mundo. Desde a passagem do homem nômade para o homem sedentário, até a chegada ao homem social, as necessidades acerca da mobilidade social cresceram exponencialmente.

Com o passar do tempo, as necessidades de locomoção sofreram significativas alterações de um padrão de subsistência na busca por recursos básicos até a dinâmica atual, onde os indivíduos se locomovem pelos mais diversos motivos: necessidade profissional, educacional, em busca de atendimentos em saúde ou, ainda, de interações sociais.

Os padrões de locomoção, no que diz respeito a característica de motricidade utilizada, também sofreram muitas alterações ao longo do tempo. Da invenção da roda ao Motor à Combustão Interna (MCI), significativas mudanças e impactos podem ser destacados.

Dentre as discussões em destaque coloca-se a questão ambiental e os degenerativos acúmulos da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Por possuir importante participação no cálculo geral dos principais emissores, o setor de transportes, público ou privado, com frequência é colocado em debate sobre suas responsabilidades enquanto cadeia produtiva.

Dito isso, a implementação da mobilidade sustentável traz significativos impactos positivos sobre as externalidades ambientais e perspectivas também positivas sobre os debates climáticos na redução dos gases no efeito estufa.

Nesse cenário climático desfavorável, as justificativas econômicas desse trabalho são atendidas ao passo que, nas Ciências Econômicas, as decisões de produção e alocação de recursos respondem a disponibilidade desses recursos. No cenário atual, é cada vez mais emergente a incorporação do desenvolvimento sustentável para responder aos problemas básicos da economia: (i) O que produzir? (ii) Quanto produzir? (iii) Para quem produzir.

Portanto, coloca-se como problema de pesquisa: Como o processo de transição dos modais de transporte está ocorrendo no Brasil e no mundo no século XXI? Verificou-se, na literatura que embasa este trabalho, que a eletromobilidade é uma

tendência mundial e representa uma indústria ainda embrionária e, portanto, com grande potencial de inovação e crescimento econômico.

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a dinâmica de eletrificação do setor de transportes no Brasil via transporte público de passageiros pelo modal de ônibus, a luz das experiências internacionais, e os impactos, oportunidades e desafios para a cadeia automobilística brasileira com essa transição.

Os objetivos específicos são: a) analisar os esforços Desenvolvimento Sustentável, os limites do crescimento econômico e o papel do estado na revolução sustentável, principalmente aplicada a mobilidade urbana sustentável e suas tecnologias; b) Estudar a tendência de eletrificação mundial, assim como a trajetória de países e regiões já avançadas no processo de transição dos veículos com MCI para Veículos Elétricos (VEs), como é o caso da China, líder nesse processo, e da América Latina, região que ganhou destaque nos últimos anos pelo acelerado crescimento da eletrificação no transporte público; c) Analisar as principais políticas públicas e incentivos à eletrificação do transporte público de passageiros no Brasil, assim como as principais oportunidades e desafios da cadeia automobilística brasileira com a transição do modal de ônibus.

A metodologia utilizada nesta pesquisa, considerando seus objetivos e finalidade, foi a revisão de literatura, por meio de pesquisa bibliográfica e coleta e interpretação de dados.

Considerando a revisão de literatura, foram analisados artigos acadêmicos, teses e dissertações e trabalhos de conclusão de curso de diferentes instituições. Uma vez reunidos, esses textos foram analisados e resumidos, de modo a organizar suas principais informações e focar a discussão na eletrificação dos ônibus no transporte público de passageiros.

A análise dos dados disponíveis em fontes gerais e específicas, como a IEA, ANFAVEA e FABUS, possibilitaram alicerçar a discussão teórica construída através da narrativa derivada da revisão bibliográfica, assim como endossar as estatísticas gerais utilizadas nos textos de referência bibliográfica.

O período de análise da pesquisa compreende o passado, a realidade atual e, também, as perspectivas para o futuro, conforme dados divulgados pelas instituições acima mencionadas e a narrativa teórica construída. O primeiro capítulo apresenta a discussão sobre desenvolvimento, crescimento econômico e sustentabilidade, problematizado a partir de conceitos de sociedade e participação de agentes públicos

e privados, como os endossados pela teoria da rosquinha, de Raworth (2019) e a articulação do Estado em prol de uma possível transição sustentável, de Mazzucato (2014), que aproximam a discussão de desenvolvimento sustentável a eletrificação de veículos, em especial no transporte público de passageiros via ônibus.

O segundo capítulo estabelece a eletrificação do transporte como tendência mundial e, a partir de experiências bem sucedidas da China e América Latina, discorre sobre uma transição via o modal de ônibus elétricos no transporte público como importante fomentador para o setor de transportes em geral.

O terceiro e último capítulo apresenta o cenário do Brasil enquanto produtor de componentes veiculares, em especial de ônibus, e seu papel enquanto principal exportador regional neste modal. A partir dessa condição, estabelece oportunidades e desafios na cooperação da cadeia automobilística local em prol da eletrificação do setor de transportes e a viabilidade de seguir o exemplo Chinês e da América Latina.

CAPÍTULO 1: ECONOMIA, SUSTENTABILIDADE E TRANSPORTE

O capítulo 1 apresenta uma discussão sobre desenvolvimento, crescimento econômico e a convergência desses conceitos com a sustentabilidade, resultando no desenvolvimento sustentável.

Para tanto, inicia-se com uma discussão sobre o protagonismo da Organização das Nações Unidas (ONU) na colaboração internacional de países em acordos para mitigar os efeitos climáticos da emissão GEE, criando métricas e metas que ajudem a guiar as políticas mundiais em prol do desenvolvimento sustentável.

Visões como a necessidade de repensar o modelo de crescimento econômico e de integrar o Estado como fomentador e gestor de inovações se complementam para pautar a discussão sobre a transição do motor a combustão interna para a eletrificação no setor de transporte, em especial no transporte público de passageiros.

1.1 O Desenvolvimento Sustentável e o papel da ONU

A partir de 1970 iniciam-se efetivamente as discussões acerca dos problemas ambientais em conjunto com problemáticas de ordem social e econômica, os quais puderam, pela primeira vez, ser analisados sobre a ótica da questão ambiental. (FERRER, 2016)

Atualmente, as questões relacionadas ao meio ambiente e ecologia estão em pauta nas atuais discussões políticas, econômicas e acadêmicas. A mídia notifica, de forma cada vez mais acentuada, cenários espantosos e catastróficos de destruição relacionados com o aquecimento global que, de forma cada vez mais acelerada, vão eliminando a biodiversidade dos ecossistemas e comprometendo as perspectivas de vida no planeta. (PESSINI; SGANZERLA, 2016)

Embora os termos ecologia (“a casa”) e economia (administração da casa) tenham a mesma raiz semântica (oikos), infelizmente ecologistas e economistas, ainda estão muito longe de se encontrarem num diálogo para salvar o futuro do planeta. (PESSINI; SGANZERLA, 2016, p.3)

Impulsionada pela problemática ambiental, a ONU tem se empenhado nas últimas décadas a debater e administrar acordos a respeito do clima e meio ambiente. O primeiro grande marco histórico desse legado é a conferência mundial da ONU sobre o meio ambiente do Rio de Janeiro (Eco-92), onde a questão ecológica ganha

visibilidade mediática, transformando-se em uma importante questão política. (PESSINI; SGANZERLA, 2016)

Antecedida por uma série de eventos que possibilitaram o marco da Eco-92, Pessini e Sganzerla (2016) colocam a realização da Conferência de Estocolmo, na Suécia, de 1972, como marco inicial uma vez que consolidou um novo modelo de pensar meio ambiente embasado na obra de Raquel Garsons, o livro Primavera Silenciosa publicado em 1962.

A temática, no entanto, perde protagonismo na pauta mundial até o final da década de 80, quando cresce a consciência real do problema ambiental e a necessidade de combatê-lo, cenário que possibilita a Eco-92, ou Rio-92, evento que reuniu 108 chefes de Estado, 187 representantes estrangeiros, 17 agências especializadas da ONU, 35 organizações intergovernamentais e um expressivo número de ONGs. (PESSINI; SGANZERLA, 2016)

A Eco-92 produziu expressivos documentos, considerados os mais importantes acordos ambientais globais da história da humanidade. Entre eles estão a Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Declaração de princípios para Florestas, a Convenção sobre Biodiversidade Biológica, a Convenção do Clima e a Agenda 21. (PESSINI; SGANZERLA, 2016, p.4)

A falha da Rio-92, no entanto, foi em não estabelecer prazos e metas com valor jurídico aos Estados membros, cujas linhas de ações mal foram implementadas e pouco se avançou, pois o evento “não representou uma solução política para os problemas que apontava.” (PESSINI; SGANZERLA, 2016, p.4)

O Protocolo de Quioto é um desdobramento da Rio-92, discutido, negociado e assinado em 1997, por 55 países membros responsáveis por mais da metade das emissões de gás carbônico no planeta, cujo uma das regras do protocolo estabelecia redução de 5,2% das emissões de carbono até 2012, em relação aos níveis de 1990 e também a criação dos “créditos de carbono”, meio que viabiliza que aqueles que não conseguissem a redução estabelecida paguem por esses créditos gerados por outros países.

Esta iniciativa, também conhecida como “economia verde”, nasceu sob o signo da sustentabilidade, mas logo se tornou um vilão dos ambientalistas, porque, na prática, comprar créditos de carbono no mercado, corresponde a comprar uma permissão para emitir gases do efeito estufa. (PESSINI; SGANZERLA, 2016, p.5)

Outra característica da Rio-92 é a divisão do mundo entre os países desenvolvidos, considerados os grandes poluidores, e as nações em desenvolvimento, isentadas das medidas de controle de emissão de gases de efeito estufa (GEE). Essa divisão historicamente revela desigualdades de tratamento acentuadas, uma vez que a China, país que a princípio figurava entre as nações em desenvolvimento e, portanto, isentas das responsabilidades de preservação se torna uma das principais potências econômicas do século XXI e de forma análoga seu potencial de poluição também aumenta em níveis proporcionais ao de seu crescimento econômico. (PESSINI; SGANZERLA, 2016)

Após a Eco-92, a defesa da natureza tornou-se uma aspiração mundial. A consciência de que somos todos interdependentes cresceu. Estamos cientes de que a destruição, a poluição e a pobreza de uma metade do mundo afetam a outra metade. (PESSINI; SGANZERLA, 2016, p.6)

Nesse contexto, a ONU, em 2000, coloca os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) - em acordo com seus países membros - como um conjunto de metas no processo de transformação do mundo em um lugar mais justo, solidário e melhor para se viver. (FERRER, 2016)

Essas metas estabelecidas entre os países membros geraram a Declaração do Milênio das Nações Unidas e, de forma simbólica, o momento em que esse encontro ocorreu é relevante, pois a intenção foi a de “[...] utilizar a força do simbolismo do Milênio para ir ao encontro das necessidades reais das pessoas de todo o mundo.” (FERRER, 2016, p.11)

Os Objetivos do Milênio, como ficaram conhecidos, foram adotados por seus países membros desde 2000, ano de sua implementação, até 2015, quando ocorreu uma nova Cimeira das Nações Unidas para discutir os objetivos e metas para os próximos 15 anos. Das lições aprendidas entre os 8 primeiros objetivos gerais para o desenvolvimento sustentável, elaborados em 2000, nascem 17 objetivos gerais para o desenvolvimento sustentável a serem aplicados na nova agenda proposta para vigorar de 2015 a 2030. (FERRER, 2016)

A Rio+20, conferência da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável, que foi realizada em junho de 2012 no Rio de Janeiro, Brasil, deu início às discussões que viriam a consolidar a agenda intitulada “Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável” assinada pelos 193 Estados-membros da ONU

e, agora, constituída de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os quais englobam 169 metas específicas. (FERRER, 2016)

Medidas contra a pobreza, orientadas para a proteção do meio ambiente e do clima somada a garantir de que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e prosperidade são as principais pautas que orientam os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU).

Figura 1. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU



Fonte: ONU (2023)

Para esse trabalho, com o enfoque ao tema do qual se refere – a mobilidade urbana sustentável – convém destacar parte desses objetivos para a discussão da transição do transporte, em especial os objetivos oito, nove, onze, doze, treze, e dezessete.

As Conferências da ONU sobre a mudança do clima são realizadas anualmente com o objetivo de negociar e implementar os acordos firmados sob a Convenção do Clima, pactuada pela Rio-92. A 21ª Conferência das Partes (COP-21) realizada em Paris, em novembro de 2015, foi excepcionalmente cooperativa, sobretudo pelo maior reconhecimento dos países sobre a gravidade da questão climática e a urgência de medidas de controle e prevenção. (MILANEZ et al., 2017)

O Acordo de Paris reafirmou o objetivo indicado pelo Painel Científico Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) de limitar a 2º C o aumento da temperatura média do planeta em relação à era pré-industrial e empregar melhores esforços na tentativa de limitá-lo a 1,5º C, levando em conta os riscos e a magnitude dos esforços de adaptação futuros. (MILANEZ et al., 2017, p.291)

Desse modo, Milanez et al. (2017, p.292) afirmam que a COP 21 e a aprovação do Acordo de Paris por 195 países são um marco para a evolução do reconhecimento internacional quanto a necessidade de acelerar a transição para uma economia global de baixo carbono, uma vez que “se Paris traçou o caminho, caberá agora a cada nação a tarefa de trilhá-lo, reformando seus padrões de emissão de carbono de forma a atingir suas metas.”

Aproximando a discussão da cooperação internacional dos países para a América Latina, por exemplo, é possível aferir que a mobilidade elétrica tem se tornado uma estratégia prioritária para os países da região como meio de promover a descarbonização do setor de transporte, com grande impacto geral nas emissões de gases no efeito estufa;

Conforme a quarta edição do relatório anual da mobilidade elétrica do Programa MOVE “Mobilidade Elétrica: Avanços na América Latina e no Caribe”, 27 dos 33 países da região priorizam o transporte como elemento central no cumprimento de suas metas de redução de emissões no âmbito do Acordo de Paris. (PNUMA, 2021 apud STOPFER et al., 2021)

Da Agenda 2030 e da adição de novos objetivos – ou o complemento e detalhamento dos anteriores – é pertinente a reflexão de Ferrer (2016, p.21) quando escreve que “o alcance de uma sociedade global justa, solidária e sustentável provavelmente nunca terá termo final, mas a luta é constante e são comprometermos globais que garantirão passos mais realistas e mais próximos desta realidade.”

Situações adversas estão e permanecerão em contraste com a busca por atingir esses objetivos. As causas e efeitos de tais atividades contrárias podem criar ou ressaltar dificuldades no cumprimento da Agenda 2030, ainda mais no tocante aos países periféricos e em desenvolvimento, tal como pode ser sentido durante a Pandemia do Coronavírus SARS-CoV-2 (COVID-19).

Em março de 2022, as Nações Unidas lançaram seu primeiro relatório de orientação aos países sobre a COVID-19, a fim de alertá-los sobre os primeiros impactos da crise de saúde e o aprofundamento de desigualdades internas e entre os países. “Em jogo estava a sobrevivência do pacto em torno da Agenda 2030, que acelera o cumprimento das metas dos ODS de forma solidária, com esperança, vontade política e cooperação.” (BARBOSA, 2021, p. 10)

Fato é que os efeitos da pandemia do novo coronavírus e os esforços para controle do seu surto potencializaram discussões acerca das vulnerabilidades sociais e distintos graus de preparo para combatê-las, em contextos diversos do desenvolvimento e escalas territoriais. A evidência que esse debate suscita, então, compreende prováveis retrocessos das conquistas do desenvolvimento humano alcançadas nas últimas décadas. (BARBOSA, 2021)

Neste cenário, é relevante destacar que a expansão das liberdades das pessoas é premissa e objetivo maior da abordagem do desenvolvimento humano e o principal meio para alcançar o desenvolvimento sustentável. Se as desigualdades no desenvolvimento humano persistirem e crescerem em cenários de choque como o da COVID-19, as aspirações da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável não serão realizadas. (BARBOSA, 2021, p. 10)

Dadas as devidas limitações econômicas que os grupos de países em diferentes estágios de desenvolvimento econômico e social estavam antes da pandemia do novo coronavírus, os impactos sobre a atividade produtiva global representam uma nova fragilidade no que tange a capacidade desses países de prosseguirem com os investimentos que garantem o cumprimento da Agenda 2030. É o que confirma Barbosa (2021) quando sinaliza que “é provável que a crise da COVID-19 e a prolongada desaceleração econômica mundial tenham efeitos negativos nos esforços de desenvolvimento sustentável.”

A resposta à crise atual, portanto, deve colocar os países em situação de alerta e de preparo para crises futuras, com uma mudança incisiva na abordagem e na arquitetura da preparação para pandemias, por exemplo. O progresso em direção aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável está retrocedendo e a juventude continuará pagando o preço mais alto no futuro.

A Agenda 2030, os ODS e o Acordo de Paris apresentam um roteiro para o futuro. Os países precisam avançar firmemente na implantação dos compromissos comuns, especialmente no investimento em pessoas, sistemas de saúde e proteção social, e aproveitar a oportunidade para criar um ambiente econômico mais verde e inclusivo. (BARBOSA, 2021, p. 17)

1.2 Economia e Sustentabilidade

A teoria econômica clássica coloca a ótica da oferta e seus agentes econômicos – governos, empresas e famílias – como melhores alocadores de seus recursos. Por

vezes, no entanto, observa-se que é necessário intermediar determinadas decisões a fim de equilibrar direitos e deveres.

No campo da economia, das decisões de investimento, inovação e exploração dos recursos naturais, o desequilíbrio entre direitos e deveres “[...] relega tensões ecológicas [...] à periferia do pensamento econômico, até que se tornem tão graves que seus impactos econômicos nocivos exijam atenção.” (RAWORTH 2019, p. 85)

A partir da combinação dos fatores de produção (terra, capital e trabalho) o ser humano foi capaz de produzir, durante anos de processo inovativo, significativas soluções e produtos. Colocada a importância dos recursos naturais para o processo produtivo, é importante reconhecer que eles são escassos e, quando renováveis, dificilmente atendem ao tempo de resposta esperado pela cadeia produtiva de bens e serviços.

Por outro lado, o tempo de resposta do meio ambiente aos prejuízos provocados pelo processo produtivo e utilização irresponsável dos recursos naturais é rápida. Esse conflito suscita a necessidade de reconhecer e trabalhar em soluções mais eficientes e sustentáveis não mais como um objetivo de longo prazo, mas como um projeto de entrega já atrasado ao qual se refere.

A própria conscientização da problemática ambiental é um problema adicional ao processo de inovação sustentável. Raworth (2019) escreve, a partir da narrativa com alunos do MIT, que uma percepção existente é que basta impedir o aumento das emissões globais de CO², por exemplo, para evitar o aumento de CO² na atmosfera. A verdade, no entanto, não corresponde à dinâmica do imaginário acima e pode ser bem explicada através de uma metáfora.

A mensagem da metáfora é que, assim como a banheira só começará a se esvaziar se a água jorrar da torneira para dentro mais devagar do que escoar pelo ralo, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera só cairá se as novas emissões fluírem mais lentamente do que o CO² que está sendo retirado. (RAWORTH, 2019, p. 167)

Raworth (2019, p. 170) registra a fronteira que deve existir entre a concepção de economia de hoje e de amanhã quando se escreve que “a economia de hoje é divisiva e degenerativa por definição”. A economia de amanhã deve ser distributiva e regenerativa por concepção.”

A dinâmica da economia distributiva por concepção circula o valor à medida em que ele é criado, em vez de monopolizá-lo. Na economia regenerativa todas as

peças se tornam participantes na regeneração dos ciclos de vida para que os limites planetários guiem a prosperidade. (RAWORTH, 2019)

1.3 Externalidades Negativas e Sustentabilidade

O conceito de externalidade é amplamente aplicado na teoria econômica para entender a dinâmica e impactos de políticas e decisões econômicas. Dentro da microeconomia, podemos descrever externalidade, de acordo com Pindyck e Rubinfeld (2013, p. 654), como a “ação de um produtor ou consumidor que afeta outros produtores ou consumidores, mas que não é considerada no preço de mercado”.

Ampliando o detalhamento de externalidades, verifica-se que “há externalidades negativas – quando a ação de uma parte impõe custos à outra – e positivas – quando a ação de uma parte beneficia a outra”. (PINDYCK; RUBINFELD 2013, p. 653)

Seja na conceituação em si ou nos desdobramentos de externalidades, a ação é separada dos resultados pela intencionalidade do agente, ou pela falta dela. Sem intencionalidade não há espaço para justificar responsabilidade e sem responsabilidade perde-se o controle sobre a incidência e o grau do problema.

Por outro lado, quando se altera o padrão para que as ações passem a considerar seus resultados como um todo, sem a discriminação daquilo que irá se caracterizar futuramente como externalidade negativa, é possível alterar toda a dinâmica das políticas de desenvolvimento econômico sustentável.

Sobre externalidades, observa o economista ecológico Herman Daly, citado por Raworth (2019, p. 157) “classificamos como custos ‘externos’ por nenhuma razão melhor do que não termos feito provisão para elas nas nossas teorias econômicas”.

Esse tipo de condução de pensamento e política econômica é o que, devido a escala e ampla conexão da economia global, transformou muitos dos efeitos previamente tratados como “externalidades” na teoria do século XX em crises sociais e ecológicas do século XXI. (RAWORTH, 2019)

O especialista em dinâmica de sistemas, John Sterman, citado por Raworth (2019, p. 157), argumenta que “não há efeitos colaterais – só efeitos” sendo essa definição secundária (externalidades) “um sinal de que as fronteiras de nossos modelos mentais são demasiado estreitas e nosso horizonte temporal, demasiado curto”.

As externalidades negativas são efeitos que tem o poder de gerar perdas econômicas aos agentes diretamente impactados por elas. Entretanto, a

matematização desse custo, assim como sua apresentação enquanto valor monetário por vezes não são refletidas na realidade e essa é uma das poucas situações em que perde-se a monetarização de um fenômeno do tipo.

O Produto Interno Bruto (PIB) representa a soma de todos os bens e serviços finais produzidos em uma determinada região, durante um período de tempo específico. Frequentemente é utilizada para auferir os resultados de crescimento, estabilização ou queda de uma economia.

Raworth (2019) problematiza, baseando-se em diversas figuras profissionais e acadêmicas, o crescimento do PIB como uma necessidade prioritária e exclusiva da atividade econômica. Para isso, conclui que deve existir um crescimento sustentado, com metas orientativas e com significado social.

Raworth (2019) coloca ainda que é necessário reconhecer os limites do crescimento e é incisiva ao criticar as variações de nomenclatura criadas para o crescimento – equilibrado, inteligente ou duradouro, como é colocado por algumas figuras políticas – quando na verdade figuram como uma maquiagem para o crescimento insustentável que realmente é.

Sua analogia do PIB ao cuco no ninho é base para construção da narrativa e proposta da dinâmica Donut. Com cuco, Raworth (2019) compara o PIB ao pássaro cuco que coloca seus filhotes para nascer em um ninho vizinho, onde o pássaro dono do ninho e dos ovos que ali estavam choca os ovos intrusos junto com os seus. Os filhotes de cuco, no entanto, nascem antes dos demais, os expulsam do ninho e demandam dos pais adotivos alimentação até que se tornem tão grandes que extrapolam os limites do ninho que ocuparam.

Trata-se também de uma advertência para a economia: perca de vista os seus objetivos e alguma outra coisa pode muito bem tomar sub-repentinamente o seu lugar. No século XX, a economia perdeu o desejo de articular seus objetivos: na ausência deles, o ninho econômico foi sequestrado por um cuco, a meta do crescimento do PIB. (RAWORTH, 2019, p.42)

Quando foi dividida em filosofia e ciência econômica, no fim do século XIX, a economia política e a elaboração de políticas públicas ganharam um vazio moral. Valores como justiça, correção e direitos foram substituídos pela eficiência econômica, produtividade e crescimento. (RAWORTH, 2019)

Raworth (2019, p. 59) não se mostra contra a atividade econômica ou a mensuração da mesma através do PIB, mas propõe em que em primeiro lugar seja

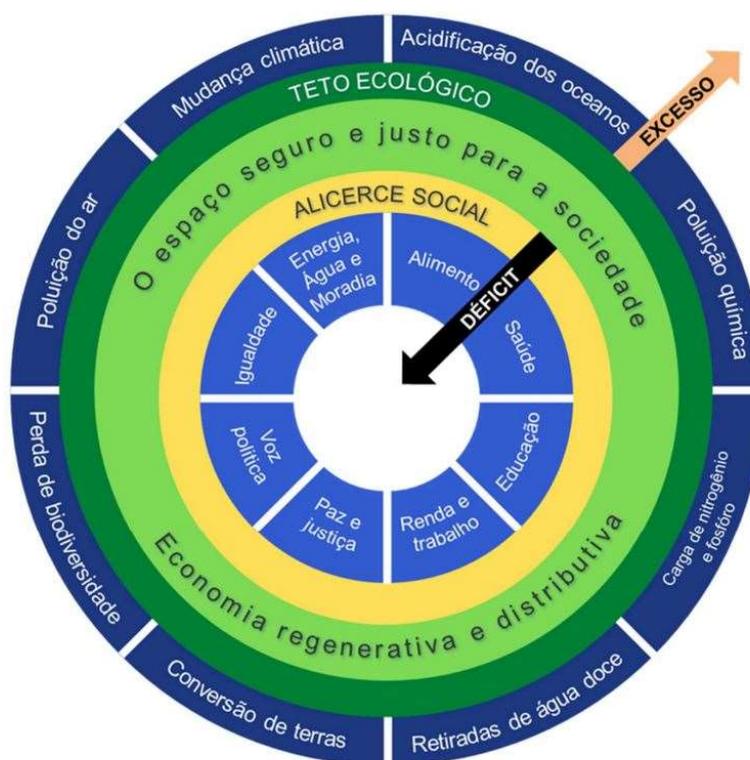
possível deixar de lado o crescimento econômico para responder: [...] o que permite que os seres humanos se desenvolvam? – e acrescenta logo em seguida sua contribuição – “um mundo em que todos possam viver suas vidas com dignidade. [...] Em outras palavras, precisamos entrar no Donut.”

O Donut é uma construção ideológica de dois limites que devem funcionar como alicerce social capaz de prover as necessidades de cada pessoa e ao mesmo tempo preservar o mundo no qual vivemos.

Abaixo do alicerce social do Donut encontram-se déficits no bem-estar humano, enfrentados por aqueles que carecem de bens essenciais para a vida, como alimento, educação e moradia. Para além do teto ecológico encontra-se um excesso de pressão nos sistemas geradores de vida da Terra, como mudanças climáticas, acidificação dos oceanos e poluição química. (RAWORTH, 2019, p. 54)

Dentro desses dois limites existentes - com a forma de um Donut - existe um espaço ecologicamente seguro e socialmente justo para a humanidade. “A tarefa do século XXI é sem precedentes: trazer toda a humanidade para esse lugar seguro e justo.” (RAWORTH, 2019, p. 54)

Figura 2. Os limites da Economia Donut



Fonte: Elaboração própria a partir de Raworth (2019)

1.4 Inovação e avaliação empresarial em ESG

Por mais que muitas empresas no cenário nacional e internacional tenham evoluído suas perspectivas de produção para se encaixarem no modelo de desenvolvimento sustentável e no afunilamento da legislação ambiental que a circula, ainda há organizações convencidas de que há uma relação direta entre sua aproximação amigável ao meio ambiente e prejuízos adquiridos em competitividade o que, por sua vez, aumenta seus custos e reduz benefícios financeiros. (NIDUMOLU; PRAHALAD; RANGASWAMI, 2009 apud ARAUJO; CORREIA; CÂMARA, 2022)

“Por essa razão, não é de surpreender que a luta para salvar o planeta se transformou em uma batalha acirrada entre governos e empresas, entre empresas e consumidores ativistas, e às vezes entre consumidores ativistas e governos” (NIDUMOLU ET AL., 2009 apud ARAUJO; CORREIA; CÂMARA, 2022, P. 304)

No entanto, melhorar a sustentabilidade é uma questão crítica para a alta gerência, tanto por conta das regulamentações ambientais cada vez mais restritivas quanto pela preocupação dos consumidores com o comportamento ambiental das empresas. (BERMAN; BUI, 2001; BÖNTE; DIENES, 2013 apud ARAUJO; CORREIA; CÂMARA, 2022)

Essa preocupação faz com que as empresas, de modo geral, tenham esforços em relação à inovação e eco inovação - inovação que se traduz num avanço no sentido do desenvolvimento sustentável – cada vez maiores.

A capacidade de inovar se tornou uma demanda imprescindível às empresas, até mais do que isso, é elementar para sua sobrevivência no mercado. Bem como o foco em países latinoamericanos é relevante por apresentarem uma motivação adicional, que é o anseio de empresas de maiores sucessos conseguirem crescer além de suas fronteiras nacionais para competir no cenário mundial, visto que muitas são as que estão envolvidas em alguma forma de inovação, reforçando as atividades empreendedoras para a sustentação do crescimento e desenvolvimento econômico. (LEDERMAN; MESSINA; PIENKNAGURA; RIGOLINI, 2014 apud ARAUJO; CORREIA; CÂMARA, 2022, p. 305)

O relatório Brundtland traz a necessidade de se orientar aos fatores ambientais para o desenvolvimento de tecnologias novas e destaca a necessidade de desenvolvimento das tecnologias que produzam “bens sociais”, como de melhoria da qualidade do ar, ou que resolvam problemas fora do custo das empresas, como os externos relacionados à poluição ou disposição de resíduos. (WORLD COMMISSION

ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987 apud ARAUJO; CORREIA; CÂMARA, 2022)

Cainelli et al., (2015) citado por Araujo, Correia e Câmara (2022, p. 307) ressalta que as empresas, em grande parte vistas no passado como causa da poluição, atualmente "passaram a ser vistas como possível solução, em grande parte graças à sua atividade inovadora."

Os recursos externos – fontes de conhecimento provenientes da aquisição de conhecimento incorporado, cooperação com fornecedores ou universidades, entre outras – ganham importância nesse processo inovativo, uma vez que ainda que seja possível, não é conveniente que as empresas produzam internamente todos os recursos necessários para competir, inovar e crescer em ambiente competitivo. (CAINELLI ET AL., 2015; SEMPERE-RIPOLL ET AL., 2020 apud ARAUJO; CORREIA; CÂMARA, 2022)

Cainelli et al., (2015), Pittaway et al., (2004) citados por Araujo, Correia e Câmara (2022, p. 307) também destacam que:

Mesmo as empresas que têm fortes atividades internas de P&D e investem significativamente no treinamento de recursos humanos para inovação geralmente dependem da cooperação para diversificar riscos ou obter acesso a competências que seriam muito caras ou demoradas para serem desenvolvidas internamente.

Os efeitos sociais e ambientais são difíceis de serem analisados previamente, pois envolvem mais variáveis, interações e incertezas. Todavia, existem instituições que classificam as empresas de acordo com o seu desempenho ESG (sigla do Inglês *Environmental, Social and Governance*) - dimensão ambiental, social e de governança - a fim de contribuir para a tomada de decisão dos *stakeholders*. (IAMANDI et al., 2019 apud ARAUJO; CORREIA; CÂMARA, 2022)

Nesse sentido, com a crescente discussão do modelo de gestão das empresas baseado nos critérios da ESG, o mercado orienta sobre a relevância de inovar sem perder o foco na sustentabilidade. Dessa necessidade de desenvolvimento sustentável alinhada ao endosso do processo de inovação, surge o questionamento sobre o nível de maturidade de determinadas indústrias na adequação de novas soluções para esse mercado cada vez mais exigente e em expansão.

1.5 Desenvolvimento Sustentável

Mazzucato (2014) problematiza o surgimento de empresas e tecnologias “verdes”, referindo-se a ligação dessas com a sustentabilidade, ou ainda a transformação de mercados sustentáveis sem políticas dirigidas tanto para o lado da oferta quanto para o lado da demanda, uma vez que essas políticas influenciam tanto a estrutura quanto a função dos mercados ou o investimento de empresas que almejam a transição para setores ou produtos de tecnologia verde.

Para tanto, Mazzucato (2014) reflete que comparado aos esforços do Estado para o desenvolvimento de muitas tecnologias na atualidade, como é o caso do Iphone e da Internet explorados em sua obra, o desenvolvimento sustentável impulsionado pelos esforços estatais ao redor do mundo deveria ser visto como uma tentativa de transformação da infraestrutura energética, uma das maiores e mais firmadas infraestruturas de produção/distribuição da atualidade.

Hopkins e Lazonick (2012) citados por Mazzucato (2014) descrevem os custos da transição de infraestrutura energética como irrecuperáveis e, por isso, defendem que são necessários não apenas suporte para novas tecnologias e empresas inovadoras, mas apoio para os mercados nos quais essas tecnologias competem. Em paralelo, Mazzucato (2014) defende que o apoio do Estado para as energias limpas deve continuar até que elas superem em vantagens os custos irrecuperáveis das tecnologias existentes e já instaladas o que, em alguns casos, pode levar séculos.

Da complexidade da transição das tecnologias e mercados existentes para a transição sustentável, faz-se necessário entender o que é uma revolução industrial verde. As formas de conceituar essa revolução são múltiplas, mas Mazzucato (2014) descreve como premissa básica que a necessidade da radical transformação do atual sistema industrial global por um outro ambientalmente sustentável. Para tanto, Mazzucato (2014) argumenta que a sustentabilidade exigirá uma transição energética que priorize tecnologias de energia limpa não poluentes, o que afasta a dependência do mercado dos combustíveis fósseis e nucleares, favorecendo fontes alternativas de energia.

Mazzucato (2014) aprofunda a discussão de desenvolvimento sustentável sobre as fontes geradoras de energia, em especial a de tecnologia eólica e solar. Suas reflexões, no entanto, são valiosas para entender e apoiar a transição do modal de transporte dos motores a combustão interna para os veículos de baixa emissão, o que é reforçado quando Mazzucato (2014) destaca que qualquer âmbito do desenvolvimento sustentável passa necessariamente pela transformação de setores

econômicos existentes para a criação de novos setores baseados na premissa da sustentabilidade.

A necessidade de repensar o desenvolvimento a partir da esfera sustentável é altamente correlacionada ao problema da mudança do clima, uma crise de ordem global com impactos sobre todos os seres vivos do planeta que tem origem direta dos atuais centros das principais atividades econômicas produtivas, uma vez que o clima é impactado pela emissão de gases de efeito estufa, a maior parte subproduto da produção baseada nas energias dominantes provenientes de fonte de carvão, gás natural e petróleo, fontes que movem as economias modernas. (MAZZUCATO, 2014)

É em especial por conta do aspecto comum das fontes de energia em relação aos produtos da economia moderna, que o estudo de Mazzucato (2014) se molda na geração de energias alternativas, como a solar e a eólica, das quais descreve que a inovação e mudança são urgentes para prevenir piores impactos da mudança do clima. A responsabilidade e o portfólio de opções disponíveis para a mudança tem a responsabilidade depositada sobre o Estado que, de acordo com Mazzucato (2014) é quem detém de opções disponíveis para políticas que podem administrar a emissão dos gases de efeito estufa via incentivo de transição tecnológica, decretos ou regulações econômicas que incentivem ou desestimulem no nível individual ou empresarial com potencial destrutivo e agravante para o meio ambiente e a crise do clima.

Baseada em todo histórico de apoio e, principalmente, iniciativa do poder público através do Estado no desenvolvimento de diversas tecnologias inovadoras ao longo da história, Mazzucato (2014) condiciona o início de uma transição para o desenvolvimento sustentável com a necessidade de, novamente, contar com um Estado ativo que assuma a grande incerteza inicial dessa transição e que a falta de foco e comprometimento público com relação ao futuro da tecnologia limpa é um fator limitante para a transformação acelerada da infraestrutura de combustíveis fósseis em uma infraestrutura de energia limpa – o que impacta diretamente a transição no caso dos modais de transporte de baixa emissão.

A indústria verde, os esforços econômicos para produção de novas tecnologias e produtos sustentáveis, como define Mazzucato (2014), ainda está em um estágio embrionário, caracterizado pela coexistência de incertezas tecnológicas e de mercado o que na visão de Mazzucato (2014) condiciona o não desenvolvimento natural dessa indústria por meio das forças do mercado, em parte pela infraestrutura energética

incrustada, além da falha dos mercados no sentido da valorização da sustentabilidade e punição do desperdício e poluição.

Nesse sentido, Mazzucato (2014) aponta que enquanto um “pequeno empurrão” tenha potencial de influenciar alguns empreendedores a agir em prol da indústria verde, a grande maioria dos empreendedores precisará de claros sinais para justificar um movimento nessa direção, que somente são dados a partir de políticas públicas ambientais de longo prazo.

Existem discrepâncias na maneira como os países estão reagindo ao desafio de uma economia sustentável nacional e como algumas nações têm investimentos governamentais para a indústria de tecnologia limpa baseados em dois diferentes objetivos: (a) desenvolvimento econômico e (b) mitigar as mudanças climáticas. Nesse sistema, enquanto alguns países assumem liderança outros são localizados na periferia dos esforços para a revolução industrial verde. (MAZZUCATO, 2014)

Além disso, Mazzucato (2014) chama atenção para o carácter cumulativo dos investimentos em inovação, o que significa que as inovações de hoje guardam relação com as inovações do passo e, de forma adicional, colocando os países líderes das atuais iniciativas como potenciais líderes por muitos anos ainda, num mecanismo onde os países que agem primeiro, ou que alcançam resultados mais expressivos antes dos demais, provavelmente – baseados na força do histórico cumulativo de inovação – desfrutarão de uma vantagem inédita em inovações futuras. De forma análoga, o fracasso de alguns governos em transmitir essa visão ao mercado e impulsionar a tecnologia limpa afeta a quantidade de investimentos feitos, condiciona uma política irregular em relação ao processo de transição e afasta esses países de uma situação favorável equivalente a dos países líderes do movimento.

Um dos países destaque em iniciativas governamentais na direção do desenvolvimento sustentável é a China. O seu 12º Plano Quinquenal chinês é visionário e ambicioso quanto aos objetivos e investimentos em várias indústrias: tecnologias eficientes e ecológicas, nova geração de tecnologias da informação, biotecnologia, novos materiais, combustíveis alternativos e carros elétricos. A estratégia mais abrangente dos investimentos é pautada sobre uma abordagem do conceito de economia circular e sustentável, apresentando o controle da poluição e do desperdício como formas de vantagem competitiva. (MATHEWS et al., 2011 apud MAZZUCATO, 2014)

Reconhecendo que a vantagem comparativa no futuro depende de gestão eficiente dos recursos, a estratégia de desenvolvimento sustentável chinês é favorável para geração de resultado econômico, lucro, e impacto positivo ao meio ambiente como objetivos complementares e não compensatórios. Em resumo, a China tem as tecnologias limpas como visão estratégica e compromisso de longo prazo. (MAZZUCATO, 2014)

Mazzucato (2014) atribui a verdadeira coragem para aqueles países que usam dos recursos do governo para um incentivo sério na promoção de novas tecnologias e revoluções industriais, como é o caso das tecnologias limpas. Ou seja, em resumo, aponta que o crescimento “inteligente”, sustentável e inclusivo não se dará por conta própria, ou seja, apenas em virtude do mercado, mas que são necessários instrumentos de apoio do Estado para que isso aconteça.

1.6 Mobilidade Urbana Sustentável

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 atribui aos municípios, no artigo 30 parágrafo V, a responsabilidade de organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local - incluindo o de transporte coletivo - que tem caráter essencial.

Pero e Stefanelli (2015, p. 370) definem mobilidade urbana como “um atributo relacionado aos deslocamentos realizados pelos indivíduos em suas atividades de estudo, trabalho, lazer e outras nas áreas urbanas.” Sobre essa perspectiva, fica clara a íntima relação dos problemas de mobilidade com a estruturação e funcionamento das cidades.

A partir do estabelecimento dessa relação entre a urbanização e os atritos com a mobilidade urbana, torna-se pertinente analisar como o processo de crescimento da população residente em área urbana no Brasil cresceu em descompasso com a residente em área rural.

Historicamente, é possível perceber como os indivíduos têm individualizado seus meios de locomoção e transporte. Uma das grandes transformações começou a ocorrer na década de 1950, quando se iniciou o aumento do uso de veículos motorizados, tanto automóveis quanto ônibus, nas cidades resultado de uma série de fatores, dentre eles o crescimento da indústria automobilística. (IPEA, 2010)

A relação entre a rápida urbanização e o planejamento e execução da mobilidade trouxe a resposta econômica de “o que produzir?” antes da preocupação em indagar “como produzir?”, de modo que efeitos negativos são tratados como preocupações de longo prazo – as externalidades – e a real inquietação se dá na questão de curto prazo: suprir uma demanda relevante e crescente de mobilidade.

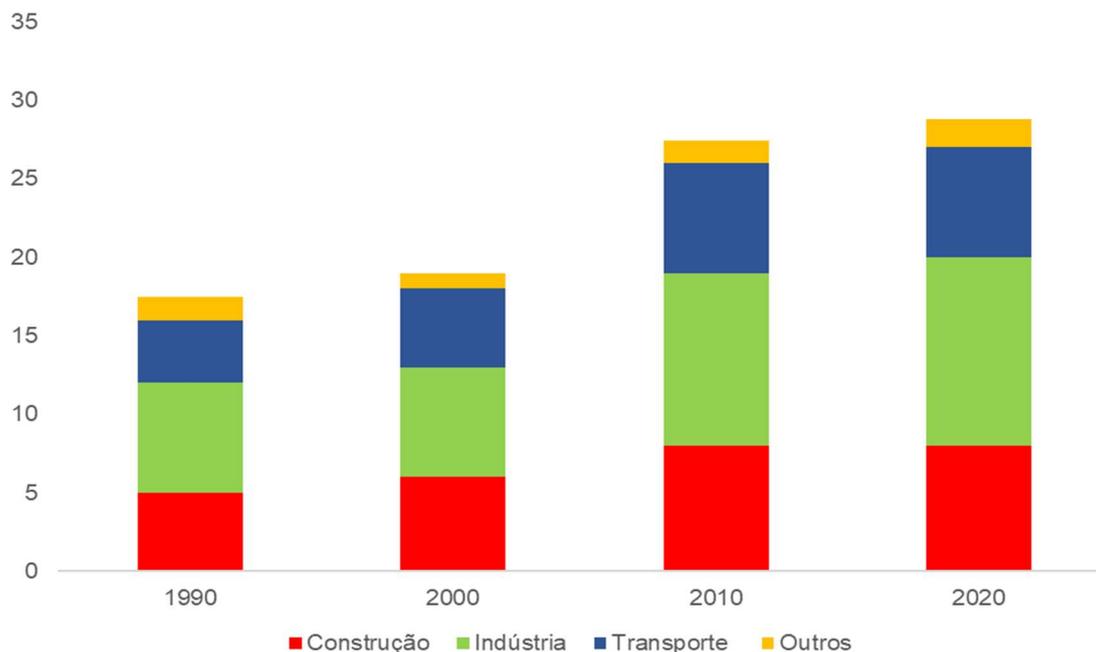
A partir dessa perspectiva, é válido ampliar a discussão da prestação do serviço além da sua essencialidade, no que tange a sua qualidade e abrangência, assim como a sua capacidade de impactar positiva ou negativamente o meio ao qual pertence.

O incremento da perspectiva de sustentabilidade ao problema de mobilidade urbana suscita uma discussão ainda mais complexa sobre as externalidades negativas do atual sistema de locomoção urbana. A mobilidade urbana sustentável se coloca como meio de viabilizar “a capacidade de suprir as necessidades da sociedade de se mover livremente, obter acesso, multiplicar-se, comercializar e estabelecer relações sem sacrificar outros valores essenciais humanos e ecológicos no presente ou no futuro” (WBCSD, 2014 apud BARBOSA, 2018, p.35)

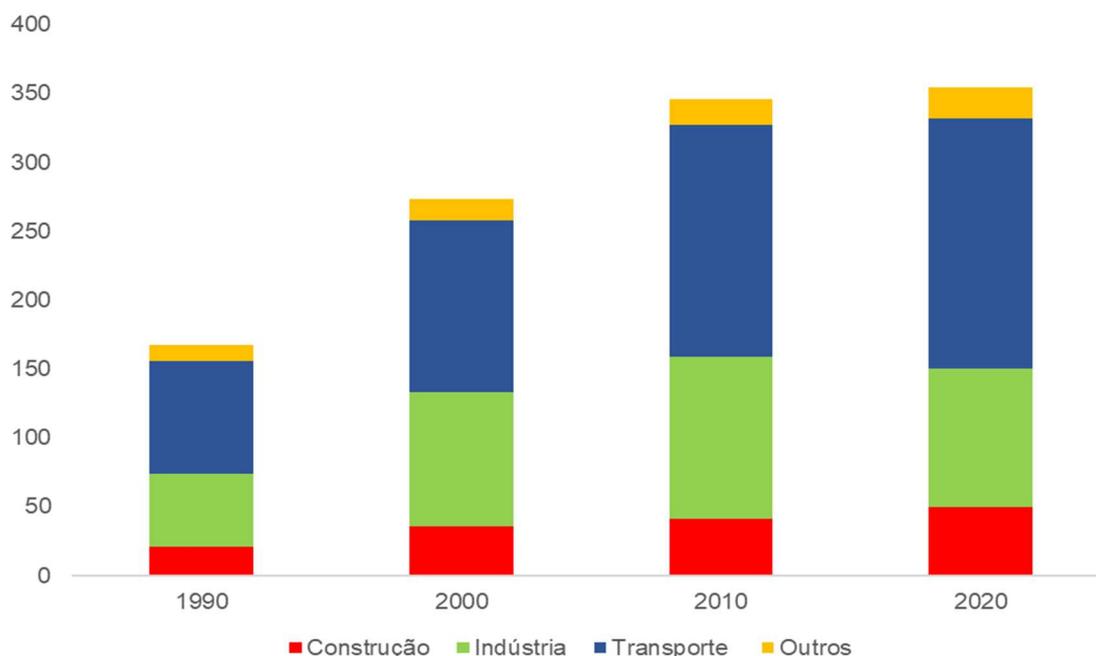
A locomoção urbana de passageiros, seja por meio do transporte coletivo ou de transportes individuais, é tangível a qualquer um que precise se deslocar fisicamente. A forma com que essa decisão e ação de locomoção ocorre, no entanto, - mesmo que no âmbito individual - traz impactos coletivos, os:

problemas relacionados à mobilidade das pessoas e das mercadorias nos centros urbanos afetam diretamente a qualidade de vida da população, com as externalidades geradas na produção do transporte e, também, o desempenho econômico das atividades urbanas. (IPEA, 2010, p.549)

Dados da IEA (2022) reforçam o impacto negativo que o setor de transporte tem sob a emissão de CO² no mundo. Quando comparado a proporção total de emissões, é possível esclarecer a urgência da mobilidade urbana sustentável.

Gráfico 1. Proporção de emissões de CO² por setor no mundo

Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2022)

Gráfico 2. Proporção de emissões de CO² por setor no Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2022)

A aplicação dos conceitos de sustentabilidade no setor de transportes, buscando atenuar as suas externalidades negativas, suscitou na utilização do termo transporte sustentável. (QURESHI, 2007 apud CORREIA; GALVES, 2019)

Apesar da ampla discussão sobre sustentabilidade e da incorporação de diversas iniciativas no segmento, o olhar para a mobilidade urbana numa transição e desenvolvimento dentro dos parâmetros de sustentabilidade é desafiador.

O desenho do cenário atual, assim como o entendimento das problemáticas vigentes e a mensuração dos impactos de quaisquer iniciativas são pontos de partida pertinentes a quaisquer projetos. O planejamento, como pode ser resumido, torna-se um elemento vital para iniciativas de desenvolvimento da mobilidade, não excluindo a busca pela sustentabilidade. (RAHMAN, 2016 apud CORREIA; GALVES, 2019, p.31)

Pela a vitalidade dos serviços de locomoção, a caracterização do setor de transportes públicos e o intenso fluxo de utilização diária, especialmente “[...] em áreas metropolitanas, a gravidade e complexidade dos problemas requerem abordagens e soluções inovadoras.” (LALEHPOUR, 2016 apud CORREIA; GALVES, 2019, p.31).

Parte do que se entende como inovação deriva da necessidade de observar e propor uma solução para um problema vigente. Segundo Sagaris (2014), citado por Correia e Galves (2019, p. 32), “pensar os cidadãos de uma metrópole como planejadores por direito abre caminho para estratégias mais eficazes para alcançar os objetivos da sustentabilidade nos transportes”.

A Comissão Europeia para o Meio Ambiente observa que o planejamento do transporte exige uma visão a longo prazo. As soluções precisam ser propostas com base em ampla consulta ao público e outras partes interessadas, e os objetivos devem refletir a situação local. (EEA, 2006 apud CORREIA; GALVES, 2019, p.32)

Apesar da identificação dessa necessidade de planejamento, poucas organizações metropolitanas observam, em seu plano de transportes, aspectos ambientais, sociais e econômicos que em conjunto representam um sistema de transporte sustentável. (JEON, AMEKUDZI e GUENSLER, 2007 apud CORREIA; GALVES, 2019, p. 33)

A literatura apresenta uma sequência de requisitos fundamentais para atingir um transporte sustentável. Shiftan, Kaplan e Hakkert (2003) e Litman (2012) citado por Correia e Galves (2019, p. 33), referem-se aos objetivos da sustentabilidade sob três pilares:

Ambientais: utilizar energia limpa, reduzir resíduos, poupar recursos energéticos, prevenir e mitigar mudanças climáticas, preservar áreas livres. **Sociais:** permitir igualdade de acesso, proporcionar melhoria da saúde da população, auxiliar o desenvolvimento econômico, proporcionar melhoria de qualidade de vida da população, preservar a herança cultural, ser seguro.

Econômicos: ser financiável, ser indutor de desenvolvimento econômico, ser eficiente, necessitar de custos reduzidos para implantação e operação. (CORREIA; GALVES, 2019, p.33)

Segundo Litman (2009), citado por Correia e Galves (2019, p.33), a definição de transporte sustentável é “uma continuação lógica do desenvolvimento sustentável, sendo utilizado para descrever os modos de transportes e sistemas de planejamento que são coerentes com as preocupações mais amplas da sustentabilidade.”

Em detrimento disto, a piora cíclica da mobilidade se torna uma importante pauta de discussão nos âmbitos econômico, social e ambiental para atenuar as perdas da geração de desigualdades socioespaciais e a pressão negativa sobre o equilíbrio ambiental do planeta.

Formada a percepção de como os sistemas de transporte podem influenciar o meio ambiente, a sociedade e a economia, a mobilidade sustentável busca incorporar temas como poluição do ar, mobilidade e acessibilidade da população de baixa renda, além das considerações sobre a produção e transporte de bens e serviços. (PEREIRA, 2017)

Para tanto, se faz necessário entender o papel e impacto da mobilidade urbana, principalmente de sua construção enquanto mobilidade urbana sustentável, no desenvolvimento sustentável.

No cenário de desenvolvimento do século XX, a indústria automobilística, acompanhada da produção de bens duráveis, suscita uma nova dinâmica de inovação tecnológica. A partir de 1970, países como Estados Unidos, França e Japão impulsionaram o direcionamento da eletromobilidade.

Tal processo de mudança tecnológica foi impulsionado por uma série de condicionantes na esfera internacional e capitaneado por um amplo conjunto de políticas e instrumentos de estímulo ao desenvolvimento deste setor, estruturados principalmente por estas nações, com vistas à promoção do desenvolvimento de tecnologias e do mercado de veículos elétricos (BARASSA, 2015; CONSONI ET AL., 2018 apud BARASSA, 2019, p. 78)

Não obstante, o período também é caracterizado pela expoente crescente da problemática ambiental. Com sua base energética centrada em motores a combustão fóssil, o setor de transporte ganha protagonismo nesse cenário sendo, hoje, o único setor que ainda apresenta níveis de emissão superiores aos registrados em 1990. (STOPFER et al., 2021)

As condicionantes dessa problemática ambiental podem ser explicadas através de Barassa (2019, p. 79) na constatação de que

[...] a ampla difusão da motorização a combustão interna causam impactos negativos para o meio ambiente e à saúde pública nos centros urbanos, dadas as emissões de gases do efeito estufa, poluentes atmosféricos com material particulado (ozônio (O₃) e dióxido de enxofre (SO₂)). Acrescenta-se aos fatos a elevada dependência de combustíveis de fontes fósseis – notadamente provenientes do petróleo – como principal fonte energética utilizada no sistema de transporte.

A deflagração da crise do petróleo, verificada na década de 1970, inicia de forma lenta, mas marcante, o processo de transição energética. Na virada do século, entretanto, os controles governamentais mais restritos atrelados aos Veículos Elétricos (VE), motivados por metas ambientais, desafios de melhoria da qualidade de vida e saúde dos centros urbanos e estratégias de inovação, intensificam o processo de mudança e provocam mudanças importantes no setor privado. (STOPFER et al., 2021)

Até o final do século XX a indústria automobilística voltava seus esforços de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) à segurança, eletrônica embarcada, ergonomia e design, o que, não estranhamente, materializa a motorização a combustão interna (MCI) de forma intrínseca aos combustíveis fósseis. (STOPFER et al., 2021)

Logo, a expansão da agenda ambiental, com o subsequente crescimento da atenção e preocupação global acerca das mudanças climáticas somadas aos choques de petróleo e à constatação do setor automotivo como protagonista entre as fontes de poluição atmosférica nos centros urbanos são fatores que ressaltam a necessidade de superação dos problemas vinculados ao motor a combustão interna. (BARASSA, 2019)

Estas constatações têm se tornado um dos mais importantes alvos de políticas de mitigação das mudanças climáticas, dado que reduções significativas na trajetória de emissões, necessárias para limitar o aumento da temperatura global em 2°C, tal como estabelecido no Acordo de Paris, são improváveis de serem atingidas sem uma participação decisiva do setor de transportes (IEA, 2019 apud BARASSA, p.79)

Barassa (2019) destaca que a expansão da frota automotiva alinhada aos choques do petróleo afloraram a percepção de dependência dos meios de transporte a fontes fósseis – e não renováveis - de energia, representando um foco de vulnerabilidade

para as economias nacionais e incorporando a segurança energética como um exemplo estratégico no âmbito de suas políticas. (BARASSA, 2019)

Estes drivers apresentados têm influência direta na rápida expansão que a mobilidade elétrica vem experimentando em seu mercado e na produção de veículos elétricos ao redor do mundo. (BARASSA, p.81)

CAPÍTULO 2: MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: PROTAGONISMO CHINÊS E OPORTUNIDADES NA AMÉRICA LATINA

O capítulo 2 trata de classificar ônibus de baixa emissão, identificar seus sistemas de recarga e colocar esses modais, em especial o de ônibus elétricos, como uma tendência para o setor de transporte.

Para tanto, descreve a trajetória da já avançada eletrificação do transporte na China, como uma política nacional que buscou, via transporte público, impulsionar a cadeia automobilística e de componentes local e, também, fortalecer o mercado para a transição dos demais modais no país.

Dado o protagonismo e êxito do governo chinês no processo de transição do modal de transporte a discussão da eletrificação e da iniciativa do Estado nesse processo é conceitualizada e problematizada sob a obra de Mazzucato (2014).

De forma complementar, o capítulo introduz a eletrificação como pauta política e econômica na América Latina e seus avanços na região que ganha destaque pelo crescimento da eletrificação de ônibus no cenário mundial.

2.1 Ônibus de baixa emissão, sistema de recarga e tendência de eletrificação

Os ônibus de baixa emissão, ou “ônibus limpos”, apresentam vantagens em relação aos ônibus a diesel por gerar menos emissões de gases poluentes na atmosfera durante sua operação. A tipologia de classificação dos ônibus de baixa emissão se dá em cinco principais categorias, de acordo aos combustíveis usados na locomoção e seus sistemas de tração.

A recarga é possível via (i) Recarga Rápida ou recarga de oportunidade e (ii) Recarga lenta ou semi-rápida, também conhecida como recarga noturna. (IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019 apud BARASSA et al., 2022)

A recarga rápida, ou de oportunidade, necessita que sua infraestrutura de recarga seja instalada nos terminais de ônibus, paradas regulares no trajeto ou pontos estratégicos durante a rota dos ônibus. No geral, é utilizada por ônibus com menor autonomia e capacidade de bateria reduzida. A infraestrutura de recarga lenta, ou semi rápida, é instalada nas garagens de ônibus, onde as recargas podem ser feitas no período de ócio da frota, ou seja, durante a noite, quando as linhas já encerraram sua operação. Esse tipo de recarga se justifica para ônibus com maior capacidade da

bateria ou autonomia estendida, em relação aos ônibus abastecidos pelo sistema de recarga rápida. (BARASSA et al., 2022)

Quadro 1. Tipologia de classificação dos Ônibus de Baixa Emissão

Ônibus com combustíveis fósseis de baixa emissão:	Contemplam ônibus com Motor a Combustão Interna (MCI), desde que com motor compatível a tecnologia da Euro V, que portanto atende às Normas Euro, e também os ônibus movidos a Gás Natural Veicular (GNV).
Ônibus movidos com biocombustíveis:	Contemplam ônibus movidos à combustão interna, mas que utilizam simultaneamente combustíveis como Biodiesel, Biometano e Diesel de Cana de Açúcar.
Ônibus Híbridos (Hybrid Electric Bus HEB):	Contemplam ônibus que combinam um MCI, a diesel, com um motor elétrico. A função mecânica das baterias é apoiar o MCI nos picos de aceleração e menor rendimento do motor. Soma-se a essa categoria os ônibus híbridos elétricos plug-in (Plug-In Hybrid Electric Buses PHEB) e os ônibus híbridos elétricos a etanol.
Ônibus elétricos:	Contemplam ônibus puramente movidos a um conjunto de baterias (Bateria Elétrica Bus). Os trólebus também se encaixam nesta definição, entretanto utilizam-se de um sistema de catenárias conectadas à rede aérea para abastecer-se de energia.
Ônibus com células de combustível a hidrogênio (Fuel Cell Electric Bus):	Contemplam ônibus que utilizam hidrogênio para produção de eletricidade – em uma célula à combustível - que é usada para propulsão e armazenada no interior do veículo por meio de baterias e ultracondensadores.

Fonte: adaptado pelo autor a partir de BERMÚDEZ, 2018 apud BARASSA et al., 2022

Outra vantagem em relação à recarga lenta é quanto aos carregadores do tipo plug-in, que são mais utilizados por ônibus urbanos elétricos, cuja grande vantagem é sua standardização, uma vez que um carregador pode se conectar a diferentes modelos de ônibus elétricos. (ELECTROMOV, 2019 apud BARASSA et al., 2022)

Barassa et al., (2022) concluem que a recarga rápida é uma oportunidade no caso das cidades brasileiras porque permite a autonomia adequada, mas com um banco

de baterias menor, o que reduz o preço do ônibus elétrico. Essa oportunidade, no entanto, não dispensa a necessidade de análise sobre qual as melhores rotas para eletrificação ou aquelas que precisam de recargas de oportunidade para determinação de pontos estratégicos para instalar os carregadores, a fim de aumentar a autonomia e desempenho dos ônibus elétricos.

É uma tendência que os países escolham reduzir os impactos da emissão de gás carbônico via eletrificação do transporte. Muitos desses países têm escolhido o setor de veículos pesados, em especial de ônibus de baixa emissão para sinalizar esse compromisso com a descarbonização.

2.2 Mobilidade Urbana Sustentável: o caso da China

A mobilidade elétrica foi um importante elemento de estratégia do governo chinês para promover o transporte sustentável, onde a adoção de novos ônibus a bateria no transporte público do país representa um elemento central para essa ambição de relacionar o transporte à sustentabilidade. Para tanto, GIZ (2020) relata que o governo central e autoridades locais dentro do país apoiaram o desenvolvimento desse mercado através do fomento de avançadas cadeias da indústria e qualificação da mão de obra para alcançar ganhos relativos à tecnologia dos novos ônibus elétricos. Essas medidas circundam subsídios para a compra e operação dos ônibus, redução de impostos e incentivos para o descomissionamento e transição dos ônibus a diesel pelos eletrificados.

A participação de mercado dos ônibus elétricos cresceu rapidamente e de forma prematura em relação ao resto do mundo. Em 2013, GIZ (2020) aponta registros de que o percentual total da participação de ônibus elétricos na frota do país era de 1%, alcançando uma posição de 55% da frota em 2019. Em 2018 o país já tinha áreas demarcadas para controle e prevenção da poluição, como Pequim e Hebei (Jing-Jin-Ji), Xangai, Shanxi, Jiangsu, Zhejiang, Shandong, Guangdong e Hainan e, nesses lugares, a participação dos ônibus elétricos, excluindo o potencial dos híbridos, ultrapassou 50% da frota total, resultado que em outras províncias menores já figurava a média de 30%.

Essa participação expressiva dos ônibus elétricos no percentual da frota total em provinciais estratégicas, grandes provinciais e menores províncias revela a estratégia

do país de homogeneização da eletrificação do transporte, assim como uma política clara e consistente de transição no setor.

No cenário da chamada “revolução verde” do transporte público chinês, como ficou conhecido o movimento de transição do setor dos ônibus à diesel para os ônibus de baixa emissão, em especial os elétricos, é necessário reconhecer o apoio do governo chinês através de um conjunto de políticas para alcançar a absorção dos veículos de baixa emissão pelas empresas. De 2000 a 2008, GIZ (2020) destaca o foco do Ministério de Ciência e Tecnologia do país em P&D para alavancar tecnologias essenciais para os veículos elétricos e o estabelecimento de sua indústria, movimento que possibilitou que o órgão, em parceria com o Ministério da Economia e Finanças, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e o Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação, lançassem em conjunto o projeto piloto denominado “Dez cidades e mil veículos”, em 2019, cujo principal enfoque estava na promoção dos veículos elétricos, em especial no setor público de transporte e serviço de táxi, visando desenvolver e orientar um mercado ainda em estágio embrionário, mas que já estava listado em planos de desenvolvimento industrial de alto nível como uma das indústrias estratégicas emergentes na China. (GIZ, 2020)

De acordo com o estudos do Centro de Pesquisa em Tecnologia Automotiva da China (CATARC) citados por GIZ (2020) a política industrial do país com relação a promoção dos veículos de baixa emissão foi implementada em 3 passos de desenvolvimento estratégicos:

O primeiro, de 2009 a 2012, é chamado de fase de absorção, marcada pelo desenvolvimento inicial dos veículos de baixa emissão e captação do mercado através de zonas de demonstração piloto ao redor do país.

A fase de desenvolvimento de mercado, segundo na sequência dos 3 passos, figura de 2013 a 2015 e é caracterizado pelo maior desenvolvimento de mercado para os veículos de baixa emissão assim como o aumento da quantidade e do tamanho dos projetos ao redor do país.

A última fase divulgada está em andamento desde 2016, chamada de fase de adoção em massa dos veículos de baixa emissão, e traz marcos como a melhoria tecnológica em relação a segurança e confiabilidade dos veículos, aumento no nível tecnológico de baterias e custos gerais em contínua queda.

Dessa forma, o que a política nacional chinesa conseguiu estabelecer foi uma transição acelerada da fase de absorção, com foco no transporte público, para a fase

de adoção em massa da tecnologia que se expandiu para outros segmentos de modais de transporte, público ou não, da indústria automotiva. (GIZ, 2020)

A estratégia de implantação e desenvolvimento dos veículos elétricos demonstra forte atuação dos departamentos governamentais do país. Essa estrutura governamental, assim como as responsabilidades de cada departamento na promoção dos ônibus urbanos elétricos na China pode ser resumida conforme quadro abaixo:

Quadro 2. Responsabilidades dos Departamentos chineses na promoção dos Ônibus Elétricos

Departamento Nacional de Desenvolvimento e Reforma	Responsável pela administração e planejamento sobre a economia da China, lidera a elaboração da política industrial na promoção do desenvolvimento sustentável.
Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação	Responsável pelos produtos (veículos elétricos) e pela permissão da entrada de fabricantes de ônibus no mercado
Ministério das Finanças	Responsável pela formulação fiscal e políticas de taxaço adequadas para apoiar a alavancagem da eletrificação do transporte.
Ministério do Transporte	Responsável pela supervisão, planejamento e gestão da operação do transporte de passageiros, os veículos, estações e instalações. Também foi responsável por elaborar políticas e normas para monitorar o processo de transição.
Administradora Nacional de Energia	Responsável por assuntos relacionados à energia, como o fornecimento de energia e coordenação de alto nível de planejamento da infraestrutura de carregamento.
Ministério da Habitação e Desenvolvimento Rural Urbano	Responsável por políticas relacionadas a construção da infraestrutura de recarga.

Fonte: adaptado pelo autor a partir de GIZ (2020)

2.3 Política nacional de ônibus elétricos na China

Conforme analisado anteriormente, desde 2009 um sistema abrangente de políticas que cobrem a promoção e absorção dos ônibus elétricos, assim como disponibilizam medidas de apoio sobre custos de aquisição e operação via subsídios e reduções tarifárias foi estabelecido e é visto como a base para a promoção desse modal de transporte na China, onde as políticas fiscais do governo desempenharam um importante papel na aceleração dessa transição no setor de transportes. (GIZ, 2020)

O Ministério do Transporte exerceu protagonismo sobre esse movimento de transição do setor de transporte público através da definição de metas e requisições

específicas, como a de que todos os ônibus do transporte público de diferentes províncias e cidades pilotos fossem eletrificados até o final de 2020. (GIZ, 2020)

O Ministério de Finanças, Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação e o Ministério do Transporte tem concedido operações anuais de subsídios para os veículos de baixa emissão, baseados em diferentes especificidades técnicas e requisições operacionais desses veículos, subsidiando de forma distinta diferentes tipos de ônibus de diferentes tamanhos e níveis de capacidade de bateria. Empresas com um ciclo de vida de oito anos em operação com ônibus elétricos podem obter subsídios para baterias de ônibus com mais de 10 metros, que costumam ser mais caras. (GIZ, 2020)

Os ônibus urbanos também desfrutam de reduções de impostos de aquisição e operação. O Ministério de Finanças, em 2012, beneficiou as empresas do transporte público com isenção das taxas de compra de ônibus elétricos. Em julho de 2016, o Ministério de Finanças e a Administradora Estadual de Tributação emitiram novamente a mesma política para vigorar de 2016 a 2020. Entretanto, a política de isenção fiscal de compras foi oficialmente legalizada e adotada pelo Congresso Nacional Popular em 2018, e vem sendo implementada oficialmente como lei desde 1º de julho de 2019. De forma complementar, de acordo com as leis locais, o governo pode oferecer redução de impostos em outras esferas do governo, como a municipal e estadual, para operadoras de transporte público. (GIZ, 2020)

Para garantir a segurança da operação dos ônibus de baixa emissão, o governo criou também uma plataforma nacional de monitoramento para acompanhar informações dos veículos de transporte público, dados de posição, dados da bateria, entre outros, em tempo real. Por exemplo, em termos de requisitos técnicos são realizados testes do sistema de armazenamento de energia recarregável e suas condições de aprovação e testagem são reguladas pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação. (GIZ, 2020)

Apesar do sucesso das medidas coordenadas do governo para o desenvolvimento do modal de transporte público baseado na transição dos ônibus à diesel para ônibus de baixa emissão, em especial elétricos, GIZ (2020) pontua que devido a ganhos de escala na produção, expansão gradual do mercado e aceleração tecnológica o setor de transporte tem se tornado mais voltado para o mercado, e dependente dele, de modo que as iniciativas de subsídios pelo governo, por exemplo,

tem apresentado uma tendência de queda desde 2016 e caminham para uma eliminação gradual cada vez mais acentuada na segunda década do século XXI.

Em conclusão, é possível observar que o protagonismo chinês na transição do transporte para os veículos de baixa emissão, em especial no transporte público com ônibus elétricos, se deve ao papel do Estado de administrador, guia e fomentador de iniciativas, sinalizando e orientando o mercado de forma clara sobre o processo transitório. De forma análoga, Mazzucato (2014) problematiza o momento atual, onde vivemos em uma era do qual o Estado é podado, os serviços públicos terceirizados e os orçamentos públicos cortados em nome da constituição de mercados mais competitivos e dinâmicos, e reafirma que o crescimento inteligente, as transições sustentáveis e inclusivas, baseadas no histórico da iniciativa do setor público, não acontecerão por conta própria, ou seja, baseados no poder de alocação do mercado, mas apoiados em instrumentos específicos e políticas de longo prazo para viabilizar mudanças estratégicas, conduzidas e sinalizadas pelo Estado.

2.4 Inovação e o papel do Estado para o desenvolvimento da eletrificação

A geração, difusão e utilização dos veículos elétricos não dependem somente dos esforços das empresas que compõem o setor automobilístico, elétrico e eletrônico, mas também do Estado, instituições públicas de financiamento e o conjunto de conhecimentos que suportam este processo. (BARASSA, 2019)

Lundvall (2007) citado por Barassa (2019) descaracteriza novos produtos como oriundos de um único ator, por exemplo as empresas, ao mesmo tempo em que relaciona o processo inovativo como fruto da interação de diversos agentes e sua complexa rede de aprendizado.

Barassa (2019, p.35) destaca cinco casos onde pode surgir a ocorrência de uma inovação de acordo com a teoria schumpeteriana. São eles:

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

monopólio, ou a fragmentação de um monopólio existente.

Uma inovação é considerada difundida quando há um processo generalizado de sua propagação, no estágio em que um produto desconhecido passa a se tornar cotidiano ao uso. A difusão é parte fundamental do processo de inovação, pois implica no processo de imitação da tecnologia original por outras empresas que tendem a torná-la mais eficiente e barata. (ROGERS, 2003 apud BARASSA, 2019)

A governança de um sistema de inovação é um elemento crucial para a coordenação dos atores. É entendida como um conceito multidimensional, que envolve o aspecto da política pública e a articulação do Estado, mercado e sociedade civil, reconhecendo seus múltiplos interesses dentro de um determinado contexto. (NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012b; TREIB; BÄHR; FALKNER, 2007 apud BARASSA, 2019)

Rhodes (1996) citado por Barassa (2019) argumenta que os âmbitos público e privado se complementam em suas ações institucionalizadas. Logo, a governança fornece uma “estrutura analítica para a compreensão da co-evolução entre o setor público e privado, reconhecendo a interdependência entre estes.”(BARASSA, 2019, p.50)

É a partir dessa perspectiva da governança que se busca entender os caminhos para o desenvolvimento dos setores de baixa emissão do transporte, sua estruturação dinâmica e evolução no Brasil e no mundo.

O desenvolvimento e a difusão dos VEs demandam necessariamente esforços coordenados entre a esfera pública e as instituições, e os atores privados, mediante a implantação de políticas voltadas à promoção dos VEs, construindo assim um arcabouço institucional que permita e facilite sua efetivação como meio de transporte coletivo e individual. (BARASSA, 2019, p. 51)

Um dos empecilhos dessa visão de coordenação entre o setor público e privado é a atual visão do mercado para com a participação, administração e iniciativa pública. A visão é de um Estado inimigo da empresa, a exemplo de publicações de jornais e revistas bastante renomados, como o episódio publicado pela revista *The Economist* (2011a) citada por Mazzucato (2014), onde o governo é comparado a um “leviatã” que deveria ocupar seu lugar secundário na economia e cuja receita do crescimento econômico inclui o foco em mercados mais livres e nas condições para o surgimento de novas ideias, em vez de assumir uma abordagem ativista.

O Estado costuma ser culpabilizado de investimentos e escolhas falidos, mas dessa afirmação se exclui o fato de que o governo, em muitos dos momentos de falha, se comprometeu em atuar onde o setor privado não teria interesse de agir, fosse pelo alto fator de risco, baixos índices de liquidez ou de retorno dos investimentos. Além disso, o fato de atacar constantemente o Estado como um agente que não é eficiente ou inovador fez com que não fossem desenvolvidos indicadores precisos para julgar os investimentos públicos de forma justa. (MAZZUCATO, 2014)

O capital de risco é um dos âmbitos que têm diferenciações importantes na aplicação proveniente do setor público e privado. O setor público se dispõe a investir em áreas com risco muito mais alto, ao mesmo tempo em que demonstra muito mais paciência e menos expectativas em relação aos retornos futuros, o que inviabiliza que os retornos do capital de risco público e privado sejam comparados sem que se leve essas características em consideração. (MAZZUCATO, 2014)

A lição histórica na iniciativa do Estado na criação de novas tecnologias e setores, no entanto, demonstra que há sucesso e coragem no fato do governo se propor a atuar onde o setor privado não enxerga vantagens suficientes para investir. Mazzucato (2014) traz múltiplos exemplos dos governos, em especial o norte americano, para o desenvolvimento de produtos e tecnologias ao longo da história. Dessa forma, Mazzucato (2014) defende que essa experiência prévia obriga o debate sobre o papel do Estado além do estímulo da demanda, colocando em pauta um Estado direcionado, proativo, empreendedor, que desperta toda uma rede para a ação, agindo como um criador, além de somente um facilitador, na economia do conhecimento.

Economistas dispostos a reconhecer o papel importante do Estado costumam basear seu discurso nas falhas de mercado, dinâmica que enxerga mercados imperfeitos como uma exceção, o que embora justifique que o Estado tem um papel a cumprir, caracteriza-o como limitado e desinteressante. As imperfeições desse mercado podem ser justificadas sobre vários motivos, como a falta de interesse das empresas privadas em investir em determinadas áreas, o fator dessas empresas não incluírem o custo da poluição causada por elas ao fixarem seus preços, atribuindo um caráter de externalidade negativa a essa poluição, ou ainda o risco de determinados investimentos que desestimulam a iniciativa privada a atuar. Tendo como base essa perspectiva da ação do Estado em função das falhas de mercado, espera-se um governo que financie pesquisas básicas e infraestrutura de uma indústria sustentável através da taxação de empresas poluidoras o que, apesar de válido, não explica o

papel estratégico e visionário exercido pelo governo ao fazer seus investimentos prévios de transição e inovação tecnologia. (MAZZUCATO, 2014)

Nelson e Winter (1982) citados por Mazzucato (2014) argumentam que sistemas de inovação são necessários para difusão de conhecimento por toda a economia e que esses sistemas setoriais, regionais ou nacionais demandam elos dinâmicos entre diferentes atores: as empresas, instituições financeiros, instituições de pesquisa e educação, setor público, entre outras. Entretanto, existem falhas até mesmo nesse debate acerca do papel exato que cada ator possui tanto no tempo quanto no espaço para promoção de inovações e sua difusão.

Há mais de dois séculos, Adam Smith, ao discutir sua noção da “Mão Invisível”, argumentou que ao serem deixados por sua própria gestão, mercados capitalistas se autoregulam, limitando a atuação do Estado à criação de infraestrutura básica (escolas, hospitais e estradas) e à garantia de que a propriedade privada e a confiança entre os atores seja preservada. (SMITH, 1904 apud MAZZUCATO, 2014)

Por outro lado, John Maynard Keynes, acreditava que os mercados capitalistas precisavam ser constantemente regulados, uma vez que há uma instabilidade inerente ao sistema capitalista, cuja uma fonte fundamental de extrema volatilidade se encontrava nos investimentos empresariais que, longe de apoiar-se somente nas taxas de juros reflete as perspectivas de crescimento futuro de uma economia ou setor específico por parte dos investidores, o que cria períodos de escassez ou de excesso de investimentos, provocando grandes flutuações na economia, o que, segundo Keynes, faz com que ao menos que o investimento privado seja equilibrado por um aumento nos gastos públicos de forma anticíclica, uma queda do consumo e do investimento levará a rupturas no mercado e períodos de depressão. (MAZZUCATO, 2014)

Joseph Schumpeter foi além argumentando sobre a importância dos gastos do governo também naquelas áreas que, potencialmente, aumentam a capacidade de inovação de um país, o que pode tomar a forma de P&D, infraestrutura e apoio direto ou indireto a empresas e tecnologias específicas. (MAZZUCATO, 2014)

É apoiando-se nesses limites das diferentes teorias econômicas que Mazzucato (2014) reflete o papel dos Estado e o denomina como um ator empreendedor e visionário, essencial em processos de ruptura e no desenvolvimento de novas tecnologias. Essa posição, no entanto, não exclui a participação do setor privado nos processos da economia, fato já evidenciado pelo subtítulo da obra de Mazzucato

(2014) *desmascarando o mito do setor público vs setor privado* e reforçado pelo discurso de que um “empurrãozinho” nas economias por parte do Estado não irá favorecer a explosão de uma revolução sustentável e os países que se agarrarem a essa ideia perderão a oportunidade de aproveitar uma transição energética histórica e serão obrigados a atuar como importadores dos produtos dessa revolução.

Ou seja, a mensagem de Mazzucato (2014) é a da valorização do papel empreendedor do Estado, assim como das vantagens em sua clara orientação de políticas públicas para guiar o mercado e da cooperação dos atores públicos e privados, em seu espaço e tempo corretos nos processos de inovação, amadurecimento e distribuição de novas tecnologias e produtos.

Essa discussão é fortemente afirmada pelo processo de eletrificação do transporte na China, onde múltiplos órgãos do governo chinês desenvolveram uma estratégia de eletrificação do setor de transporte via transporte público, impulsionando a cadeia produtiva de veículos elétricos via políticas de incentivo até o ponto em que, amadurecida a transição, o governo pôde reduzir seus incentivos gradualmente.

2.5 Mobilidade Urbana Sustentável: o caso da América Latina

A luz da revolução sustentável, a busca pelos países de se posicionar em novos mercados é caracterizada por uma crescente exponencial. A China, por exemplo, foi promissora ao escolher desenvolver seu setor de transporte sob o pilar da sustentabilidade, em especial via eletrificação do transporte público e seu poder de impactar toda a cadeia automobilística, elétrica e de bateria do país. O exemplo chinês é capaz de acelerar o movimento de outros países e regiões nesse processo de transição, uma vez que a corrida para a eletrificação do transporte já foi iniciada e existem inúmeros ganhos e perdas relacionados à entrada ou atraso dos países em explorar esse mercado.

Os países da América Latina apresentam diferenças e similaridades entre si. As culturais, linguísticas, econômicas e políticas são evidenciadas com frequência. A revisão bibliográfica deste trabalho, no entanto, apresenta certa similaridade geográfica, que vai além da proximidade relacionada às fronteiras territoriais tangenciando a discussão da matriz energética da região.

Stopfer et al., (2021) apresenta que historicamente, essa matriz energética se baseia em fontes renováveis e que existem potenciais naturais subutilizados para a

geração de energia, como no caso da solar fotovoltaica, eólica e do hidrogênio verde, que ainda são marginais na maiorias desses países e que podem representar uma vantagem nos custos totais de operação do transporte eletrificado e, conseqüentemente, desenvolvidos esses potenciais, uma vantagem para a implementação da eletrificação do transporte na região.

Os países latinoamericanos são, em geral, exportadores de produtos primários, o que faz necessário entender que, historicamente, esses países foram territórios colonizados e tardiamente industrializados, o que os torna dependente de tecnologia do centro dinâmico exportador, caracterizado atualmente pelos Estados Unidos, Ásia e Europa.

No entanto, não obstante ao processo de concentração populacional em metrópoles vivenciado ao redor do mundo, os países da América Latina também passaram a concentrar sua população em grandes centros, em parte pelo êxodo rural e modernização dos postos de trabalho, o que resultou num nível de urbanização superior a 80%, que indicam que a região se aproxima do nível de urbanização da América do Norte (83%), região mais urbanizada do planeta. (DI GIULIO, 2021 apud STOPFER et al., 2021)

Por essa disposição arquitetônica das cidades e a dinâmica de locomoção provocada por ela, proveniente da necessidade de percorrer longos trajetos em veículos automotivos, acrescida da densidade populacional encontrada, o volume de viagens e a emissão dos veículos à combustão interna, torna-se importante promover a transição para a mobilidade urbana sustentável e, no caso dessa região, com vantagens comparativas maiores na eletrificação do transporte.

Brasil, Argentina e México possuem uma indústria automobilística robusta em seu território, contando com um conjunto de empresas de autopeças e serviços correlacionados aos veículos, sendo essas de significativo capital nacional – embora a montagem dos veículos seja concentrada em empresas de capital externo. (STOPFER et al., 2021)

Ainda que os países da América Latina apresentem grandes índices de desigualdade social, o que compromete o acesso a novas tecnologias que são, em geral, naturalmente mais caras que o substituto anterior até ganharem escala de produção e consumo, espera-se um crescimento no número de veículos elétricos na região, ainda nesta década, devido a políticas públicas de incentivo à mobilidade elétrica. (QUIROS-TORTOS et al, 2019 apud STOPFER et al., 2021)

No âmbito do transporte coletivo, essa transição já está em andamento na América Latina, região com maior crescimento de número de ônibus elétricos a bateria, depois da China. Segundo o E-Bus Radar (2021), citado por Stopfer et al., (2021), até julho de 2021 contabilizam-se 2.473 ônibus elétricos, dos quais 64% correspondem a ônibus elétricos a bateria de diferentes tamanhos e capacidades, e 36% são trólebus, com presença significativa em cidades como São Paulo, no Brasil, e a Cidade do México, no México.

Stopfer et al., (2021) apontam que grande parte dos países da região têm pelo menos um projeto piloto de implementação de ônibus elétricos a bateria e que a implementação desses têm sido aprovada pelos governos locais. As cidades têm mostrado protagonismo na condução dessa transição, revelando uma certa descentralização do planejamento reservado ao poder das federações, assim como empresas de energia elétrica têm investido na compra dos ônibus elétricos e na infraestrutura de recarga. Ademais, o crescimento dessa frota tem sido facilitado pela criação de novos modelos de negócios e pelo estabelecimento de licitações de transporte público, que têm priorizado a incorporação de ônibus de baixa e zero-emissão nas cidades latinoamericanas.

O modelo de transição dos países latinoamericanos têm revelado diferentes estratégias em relação às nações líderes em eletromobilidade – China, Estados Unidos e Japão– em relação às motivações individuais da transição dos veículos a combustão para os veículos elétricos.

Enquanto os países analisados na América Latina introduziram instrumentos de política pública com a intenção de reduzir emissões de CO² e cumprir com as agendas climáticas mundiais, mostrando-se limitadas a esse objetivo, as nações líderes do movimento de transição desenham, justificam e implementam “instrumentos que somam o mote ambiental com vias para ampliar a produção da indústria local e/ou criar caminhos para a inovação” como estratégia de inovação da capacidade interna para competição no mercado internacional. (CONSONI et al., 2018 apud STOPFER et al., 2021, p. 46)

Stopfer et al., (2021, p. 47) destacam que “a dependência tecnológica no segmento da mobilidade elétrica parece estar sendo consolidada na região sendo necessário que estejamos atentos à dinâmica das tendências internacionais.”

Fornecer subsídios financeiros na compra dos veículos, reduzir tributos e fornecer outros incentivos financeiros e não financeiros aos agentes privados – empresas e

famílias – foram medidas adotadas com sucesso no cenário internacional que podem favorecer os países da região.

Em países europeus como França, Alemanha e Reino Unido os subsídios, por exemplo, foram determinantes para os veículos elétricos terem um custo total de propriedade inferior ao de veículos a combustão interna e, assim, se tornarem vantajosos financeiramente. Pelo volume de investimentos necessários e o tipo de agenda orçamentária dos países, esse tipo de incentivo, no entanto, tende a ser mais difícil de ser aplicado ou aplicado em menor escala em países em desenvolvimento. (STOPFER et al., 2021)

A atuação do governo se mostra, portanto, fundamental para o estabelecimento e dos incentivos necessários para a introdução e difusão da mobilidade elétrica. Dentre as principais regulações de estímulo, Stopfer et al., (2021) destaca:

- (i) Estabelecimento de metas ambiciosas de redução das emissões de gases no efeito estufa;
- (ii) Metas de estoque e vendas de veículos elétricos e/ou mandatos;
- (iii) Metas de longo prazo para eliminação dos veículos a combustão interna novos em território nacional;
- (iv) Metas para implementação de infraestrutura de recarga;
- (v) Enquadramento legal e regulamentação para a mobilidade elétrica;
- (vi) Estabelecimento de metas compulsórias de compra de veículos elétricos para a frota pública.
- (vii) As associações de Mobilidade Elétrica dos países da América Latina, as quais estão agrupadas no Associação Latinoamericana de Mobilidade Sustentável (ALAMOS, sigla do espanhol), embora com diferentes estruturas, se tornam importantes instituições para o fortalecimento e eficiência do mercado, uma vez que difundem o conhecimento e o intercâmbio de experiências sobre a implementação de projetos pilotos. (STOPFER et al., 2021)

Em síntese, pode-se destacar medidas de impacto pelo lado da demanda e oferta conforme o quadro 3.

Quadro 3. Incentivos de Impacto para promoção de VEs

Incentivos de impacto para oferta de VEs	i) benefícios fiscais e financiamento para empresas da cadeia de valor; ii) promoção de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no âmbito da mobilidade elétrica; e iii) política industrial para a ME e desenvolvimento da cadeia produtiva, assim como estabelecimento de parcerias público-privadas no processo de construção do ecossistema de mobilidade elétrica.
Incentivos de impacto para demanda de Ves	i) subsídios para aquisição de VE; ii) redução e isenção de impostos ou taxas; iii) tarifas diferenciadas de recarga; iv) financiamento de iniciativas de eletrificação; v) incentivo para instalação de infraestrutura de carregamento; e vi) fácil acesso à infraestrutura de recarga pública e gratuidade.

Fonte: Elaboração própria a partir de Stopfer et al., 2021, p.120

2.5.1 Santiago, Chile e Bogotá, Colômbia: os avanços na América Latina

Barassa et al., (2022) trazem Santiago, no Chile, como um exemplo de sucesso na América Latina. Santiago foi a primeira cidade da região latinoamericana a adotar o Padrão de Emissão Euro VI para seu sistema de transporte público e, além disso, já em 2013, a cidade iniciou a implementação de projetos pilotos com ônibus elétricos a bateria que foram importantes para demonstrar que o Custo Total de Compra (TCO, da sigla em inglês) do ônibus elétrico a bateria é menor ou similar ao 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. (BARASSA et al., 2022, p. 35)

Esse modelo mitigou os riscos para os operadores de frota, possibilitou a integração de novos atores à cadeia produtiva, como as empresas do setor elétrico que financiaram a compra dos ônibus e do governo nacional de Santiago, que outorgou as garantias para o pagamento do *leasing* mensal desses veículos.

Quadro 4. Atores e responsabilidades no modelo de negócio de Ônibus Elétricos em Santiago, 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.

Fonte: Barassa et al., (2022, p.36)

O sistema de Transporte Público “Transmilenio” em Bogotá, na Colômbia, é o *Bus Rapid Transport* (BRT). A cidade tem incorporado o processo dos ônibus de baixa emissão por meio de licitações públicas, onde desde 2019 foram estruturadas e publicadas licitações para a renovação de frota para o sistema principal e zonal que contemplam tecnologias Euro VI e ônibus elétricos a bateria. (TRANSMILENIO, 2020 apud BARASSA et al., 2022)

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). (BARASSA et al., 2022, p.37)

Para além do fato de que os processos licitatórios permitiram a entrada de novos atores na cadeia de produção e distribuição dos veículos, também foram outorgados

pontos para que as empresas pudessem firmar parcerias com empresas colombianas de carroceria.

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 apud BARASSA et al., 2022, p.38)

Esse processo licitatório se respalda pela Lei 1.964/2019 e a Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica, as quais definiram metas de que todos os ônibus dos BRT das cidades colombianas devem ser elétricos e/ou zero emissões até 2035. (CONGRESO DE COLOMBIA, 2019; MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA; MINISTERIO DE TRANSPORTE, 2019 apud BARASSA et al., 2022)

O caso de Bogotá é relevante pois demonstra claro posicionamento da cidade em relação à política de eletrificação dos ônibus.

[...] 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 apud BARASSA et al., 2022, p. 37).

A América Latina acentua através de suas experiências recentes um compromisso e visão estratégica em torno da eletrificação do transporte. Conforme discutido nesse capítulo, a região já apresenta parâmetros de crescimento e desenvolvimento de soluções de transporte sustentável notórias em relação ao restante do mundo.

Dado o comprometimento dos países da região e as características econômicas e do mercado de automóveis estabelecida entre eles, torna-se crucial refletir sobre o papel do Brasil no desenvolvimento regional e seu protagonismo individual baseado em vantagens pré-existentes.

CAPÍTULO 3: MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL NO BRASIL

O capítulo 3 trata sobre as características da mobilidade urbana brasileira em relação ao modal de transporte de ônibus. A princípio é apresentado o panorama geral sobre a mobilidade urbana por ônibus a diesel no Brasil, a fim de classificar a conjuntura atual do setor e basear a discussão da eletrificação no cenário nacional.

Após, são pontuados os efeitos da pandemia de SARS-CoV-2 no transporte público brasileiro, revelando o aprofundamento dos desafios da transição do modal do motor a combustão interna para a eletrificação.

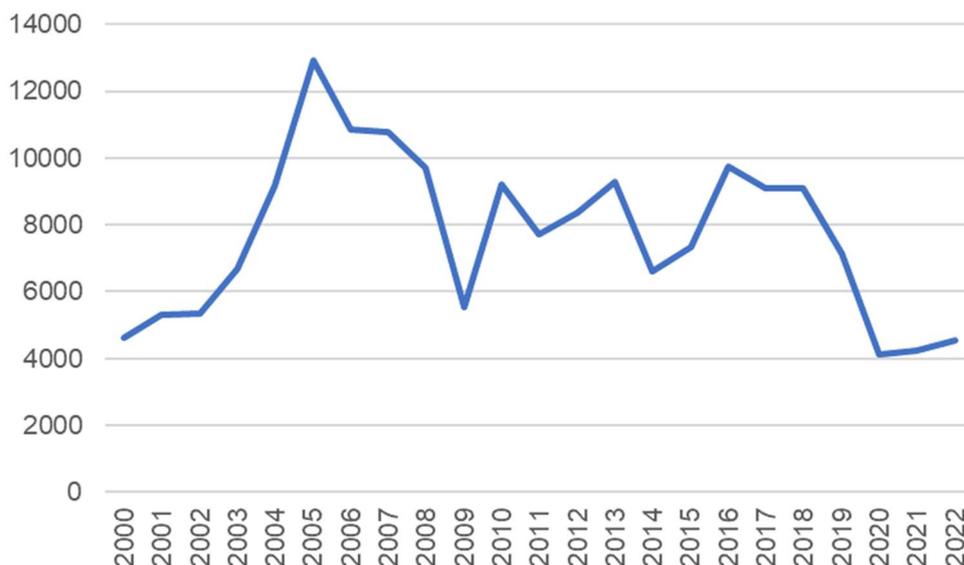
Por fim, apresenta-se a eletrificação dos ônibus urbanos como medida estratégica para alavancar a indústria brasileira do segmento automotivo, uma vez que a emergência dos ônibus elétricos cria oportunidades para o país. A pauta da eletrificação é também intensificada sobre a necessidade do Brasil, enquanto protagonista regional na produção e exportação de ônibus, refletir sobre os riscos e oportunidades atrelados a eletrificação desse modal para a comercialização do item.

3.1 Relevância da eletrificação de ônibus na cadeia automobilística brasileira

A produção de ônibus é uma importante atividade da indústria automobilística brasileira. O país possui uma robusta cadeia de produção interna o que permite que não sejam importados ônibus, mas sim exportados, contribuindo para o saldo positivo da balança comercial do Brasil. (BARASSA et al., 2022)

O produto final de ônibus a diesel produzido no Brasil tem tido um comportamento de exportação voltada à América Latina. No que se refere à exportações das empresas de chassis, houve crescimento no período de 2000 a 2005 e estabilidade no período de 2007 a 2017, com quedas consideráveis apenas em 2009, 2014 e 2015, associadas a crises externas e, em 2019, bastante impactado pela pandemia global do SARS-CoV-2.

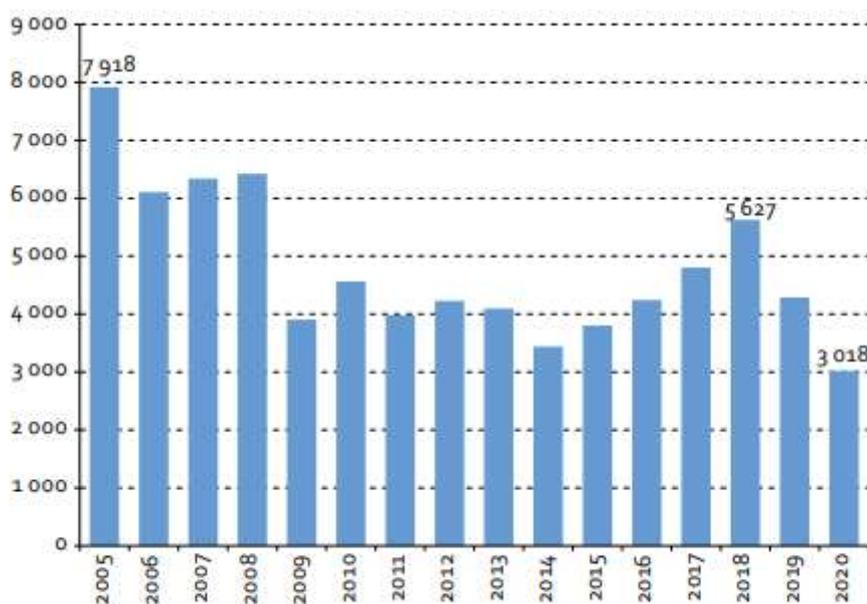
Gráfico 3. Exportações totais de ônibus a diesel (chassis) montados e desmontados no Brasil, de 2000 a outubro de 2022



Fonte: Elaboração própria a partir de ANFAVEA (2022)

O segmento de carrocerias é mais sensível a crises externas e também menos expressivo no cenário nacional, dada a possibilidade de exportação apenas dos chassis, os quais a montagem pode ser realizada por empresas de carrocerias sediadas nos países de destino. (BARASSA et al., 2022)

Gráfico 4. Exportações de carrocerias de ônibus a diesel, 2005-2020

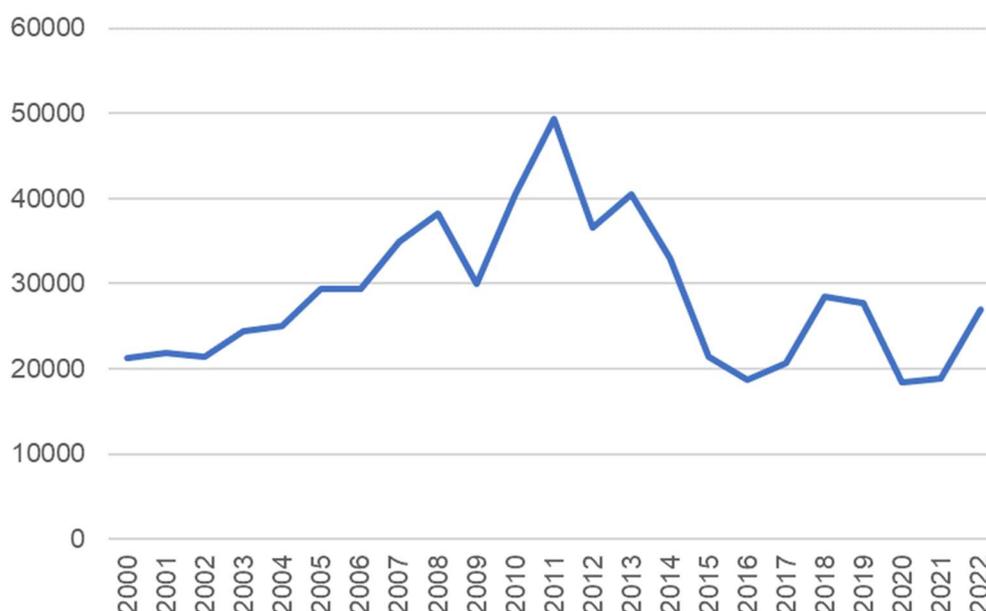


Fonte: Barassa et al., (2022) a partir da FABUS (2021)

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. (BARASSA et al., 2022, p. 25)

Apesar de impactado por crises globais a partir de 2014, o licenciamento de ônibus a diesel no Brasil também é uma importante métrica para entender a produtividade e relevância do segmento de ônibus para a indústria automotiva nacional.

Gráfico 5. Produção total de ônibus a diesel (chassis) no Brasil, de 2020 a outubro de 2022



Fonte: Elaboração própria a partir de ANFAVEA (2022)

Segundo a ANFAVEA (2021) citada por Barassa et al., (2022) a pandemia evidenciou a necessidade de mudanças profundas e instantâneas nas estruturas tributárias e administrativas do governo e seus entraves burocráticos, jurídicos e fiscais por representarem um peso ao sistema produtivo.

O Brasil ainda é uma economia essencialmente primário exportadora. Desde sua colonização por Portugal, em meados de 1500, até a era da indústria 4.0, fato é que o país enfrenta dificuldades em se estruturar para produzir tecnologia sofisticada e, conseqüentemente, maiores dificuldades em posicionar seu produto no mercado internacional.

Especificamente tratando do desenvolvimento, posicionamento e comercialização das tecnologias de energia sustentável, é necessário considerar que os padrões, a dinâmica tecnológica e a própria interação da cadeia produtiva global ainda estão indefinidos, o que pode, observados os esforços de aprendizagem e direcionamento, privilegiar a competitividade do Brasil neste segmento. (STOPFER et al., 2021)

Ações na direção dos VE possibilitam acompanhar e buscar se posicionar na nova indústria automobilística em gestação. A indústria mundial vem se reposicionando na direção da eletrificação, então, cabe a América Latina escolher de que forma gostaria de participar desse processo: ou acompanhando as mudanças disruptivas que se avizinham, com o intuito de aproveitar possíveis janelas de oportunidade, ou seguir a reboque das nações desenvolvidas. (STOPFER et al., 2021, p. 48)

Frente a essa estrutura em transformação, implementar ações para o desenvolvimento, produção e comercialização dos veículos elétricos é também acompanhar e buscar um posicionamento nesta indústria gestacionária. (BARASSA, 2019)

Para que essa inserção nesta trajetória seja bem-sucedida, os países e suas indústrias automobilísticas deverão passar pela formação de competências e de conhecimento local que dê suporte e ampare as atividades de desenvolvimento e manufatura destes veículos. (BARASSA, 2019, p. 21)

Nesse sentido, Barassa (2019) prioriza o desenvolvimento de capacidades produtivas e inovativas locais em tecnologias, componentes, sistemas e veículos, de modo a manter ou melhorar a posição competitiva da indústria automotiva e seus relacionados para alcançar vantagens econômicas na cadeia produtiva de elétricos. (BARASSA, 2009)

Neste novo contexto que demanda expertises e conhecimentos diferentes, a balança de competências muda e as empresas estabelecidas podem sucumbir ao não prospectar/ adentrar nesta nova trajetória, seja por terem enraizadas dentro de suas estruturas seus paradigmas tecnológicos já estabelecidos a partir de seus produtos consolidados, ou por não acreditaram na adesão pelo lado da demanda. (LEE;MALERBA, 2017 apud BARASSA, 2019, p. 21)

Para Cowan e Hülten (1996), citados por Barassa (2019) a vantagem inicial de uma tecnologia provoca um efeito que impulsiona outras empresas a adotá-la. Uma vez escolhido o caminho em que uma tecnologia irá seguir há a atuação de mecanismos auto reforçantes que aos poucos geram um estado de aprisionamento tecnológico.

A partir deste ponto, a mudança para um novo padrão tecnológico

torna-se complexa, pois implica na somatória de diversas forças com o intuito de dificultar as mudanças para novos padrões de sistemas técnico-institucionais e a configuração de novas trajetórias tecnológicas (UNRUH, 2002 apud BARASSA, 2019, p. 31)

Nesse contexto, a tecnologia dominante é a de veículos movidos a combustão interna, que já se beneficiou amplamente dos efeitos de aprendizado, das economias de escala, entre outros. (ARTHUR, 1994 apud BARASSA, 2019). Essa tecnologia foi e ainda é favorecida pela infraestrutura de abastecimento de postos de combustíveis e pela consolidação de um quadro regulatório que permearam o desenvolvimento da trajetória de veículos à combustão interna, no caso brasileiro ligado aos biocombustíveis. (BARASSA, 2015; MARTINS, 2015 apud BARASSA, 2019).

Dessa forma, são necessárias medidas de incentivo para transformação da cadeia produtiva automobilística do Brasil. Potenciais vantagens são reveladas pela bibliográfica desse trabalho na adoção da transição do modal de ônibus a diesel para ônibus de baixa emissão, em especial os elétricos.

3.2 A Cadeia Produtiva de Ônibus no Brasil

A FIEP (2010) citada por Barassa et al., (2022, p.16) caracteriza cadeia produtiva como a interconexão e sinergia entre diferentes atores ligados a uma atividade e “um instrumento de visão sistêmica que permite identificar as diferentes etapas da produção de bens e os serviços associados até chegar ao consumidor final.”

Referenciando o Rol de Cadeias Produtivas do Complexo Automotivo da FIEP (2010), Barassa et al., (2022) citam a cadeia produtiva de ônibus urbanos no Brasil como uma das principais atividades produtivas da Indústria Automobilística Brasileira, cujos elos estão divididos em atividades *upstream* e *downstream*.

As atividades *upstream* são as que antecedem a montagem do ônibus e as *downstream* atividades de logística e de mercado que permitem o transporte dos ônibus até o consumidor final. O primeiro elo dessa cadeia é utilizado para outros segmentos além da indústria automobilística e corresponde aos insumos e matérias primas para fabricação de autopeças e componentes para ônibus, como produtos metalúrgicos, químicos, borracha, não metálicos e madeira. (BARASSA et al., 2022)

Os demais segmentos da cadeia representam diferentes níveis de fornecedores, classificados por Barassa et al., (2022) do Nível 3 ao Nível 1, conforme proximidade com as empresas montadoras de ônibus, de forma que o Nível 3 representa maior

distância dessa parcela de empresas e o Nível 1, maior proximidade. O quadro 5 resume a classificação da seguinte forma:

Quadro 5. Classificação e atuação das empresas da Indústria de Ônibus a Diesel no Brasil

Nível do Fornecedor	Classificação do Fornecedor	Produto fornecido
Nível 3	Empresas de Autopeças	Com baixo grau de complexidade, fornecem produtos como forjados, fundidos, estampados, artefatos de borracha, vidros, produtos não metálicos e plásticos.
Nível 2	Empresa 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.
Nível 1	Empresas de Carrocerias	Fabricação da estrutura externa do ônibus.
Nível 1	Empresas Sistemistas	As empresas de carrocerias se dedicam à fabricação da estrutura externa do ônibus

Fonte: Elaboração própria a partir de Barassa et al., (2022, p.16)

As principais empresas de carrocerias do Brasil são integradas pelo Grupo Marcopolo e suas empresas associadas Volare e Neobus; Comil; Mascarello; Busscar; Caio e Irizar, integrantes da Associação Nacional de Fabricantes de Ônibus (FABUS) e caracterizadas por serem empresas com capital nacional e filiais ao redor do mundo. O principal eixo da cadeia corresponde às empresas fabricantes de chassis de ônibus – estrutura interna e componentes mecânicos. Entre essas empresas, a Agrale é a única de capital nacional com foco na produção de microônibus e midibus. (BARASSA et al., 2022)

As empresas de autopeças são fornecedoras de componentes dentro da cadeia de produção e, diferente das montadoras, nesse âmbito destacam-se empresas de capital nacional, no segmento de blocos de competência com acumuladores (baterias, BMS e empacotamento) e de componentes do *powertrain* (motores elétricos). (BARASSA, 2019)

De acordo com Barassa (2019, p.90) a indústria nacional de motores se encontra “apta e preparada para fornecer motores e inversores em uma eventual formação de uma cadeia produtiva de automóveis e ônibus elétricos”.

A principal empresa neste segmento conta com mais de 60% de produção no Brasil com tecnologia junto ao estado de arte tecnológico de sofisticação, como, por exemplo, motores de ímãs permanentes. “Esta empresa já fornece motores e inversores para o segmento de pesados, sob encomenda. Esta prática se alinha às lacunas que se apresentam para que o Brasil entre no cenário global da mobilidade elétrica” (BARASSA, 2019, p. 90)

A indústria de bateria apresenta maior amadurecimento na produção de baterias voltadas aos veículos leves, como no caso das baterias de chumbo-ácido em estado de hibridização, além de parcerias internacionais para o desenvolvimento de baterias de íons a lítio. Para os veículos pesados, encontram-se trabalhando na produção de baterias também chumbo-ácido, com produção sob encomenda. (BARASSA, 2019)

Após a montagem dos ônibus, iniciam-se as atividades de *downstream*, com foco em logística de comercialização dos ônibus, peças e acessórios no mercado internacional e nacional. Também são classificadas como atividades de *downstream* os bancos e financeiras, responsáveis pelo financiamento dos ônibus, empresas seguradoras, concessionárias empresas de revenda de ônibus, prestadoras de serviços de reparação, manutenção, retifica e centros automotivos para os consumidores finais. (BARASSA et al., 2022)

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. (BARASSA et al., 2022, p.16)

Barassa et al., (2022) complementam com a observação de que as atividades de *downstream* da cadeia de ônibus de baixa emissão são semelhantes à cadeia dos ônibus a diesel, onde a principal diferença reside no fato de que ainda não há um mercado de revenda para os ônibus de baixa emissão, o que enfraquece o potencial de demanda geral.

Além disso, nas atividades *downstream* aparecem novos atores como fornecedores de energia e infraestrutura de recarga para ônibus de baixa emissão no perfil de empresas de energia elétrica. “Estas empresas também se caracterizam por

participar do financiamento de frotas elétricas nas cidades, já que tem todo o interesse em participar de novos modelos de negócios associados à eletrificação.” (BARASSA et al., 2022, p.42)

Apesar da emergência desta temática recente, o cenário brasileiro, assim como o internacional, ainda é de indefinições tecnológicas e também de superação de barreiras. Entretanto, trata-se, sobretudo, de um cenário favorável ao aproveitamento de oportunidades relacionadas à liderança tecnológica e aos possíveis ganhos de mercado. (GÓMEZ et al., 2015 apud MORAES et al., 2021)

3.2.1 Oportunidades e Barreiras da eletrificação de Ônibus

O transporte público no Brasil atualmente é composto pelos modais: ônibus urbanos, trilhos urbanos que incluem o Metrô, Trem e os Veículos Leves sobre Trilhos (VLT), com predomínio dos ônibus. Segundo dados da Associação Nacional de Empresas de Transporte Urbano (NTU), citados por Barassa et al., (2022) das viagens feitas no transporte coletivo, 85,7% são realizadas via ônibus urbanos e o 14,3% restante em trilhos urbanos. Apesar da relevância do modal na mobilidade dos municípios brasileiros, a quantidade de viagens por passageiro pagante do transporte público por ônibus tem uma tendência de queda.

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 uma 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. (BARASSA et al., 2022, p.27)

A redução da emissão de poluentes gerados no transporte, a melhoria da qualidade dos serviços e a redução no número de carros particulares nas ruas já são conceitos amadurecidos pelo setor de transporte público brasileiro, assim como pelos meios de comunicação, como confirma Brandt (2021).

Otávio Vieira da Cunha Filho, presidente da Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (NTU), citado por Brandt (2021), sintetiza a dificuldade do mercado brasileiro em desenvolver o modelo de eletrificação quando afirma que “a

eletrificação é possível, mas custa muito. No modelo atual, é impossível pensar um transporte público com energia limpa, no Brasil”.

Barassa et al., (2022) reforça as dificuldades financeiras da transição quando discute o custo de aquisição mais alto dos ônibus de baixa emissão em comparação com um ônibus a diesel, que no caso brasileiro podem ser mais expressivos visto que os principais componentes desses veículos são importados e cotados em dólar, o que incrementa seu valor final em uma economia em desenvolvimento que não possui uma moeda suficientemente forte em relação ao dólar para equilibrar esse custo adicional, como é o caso do Brasil.

Outros pontos da fragilidade da infraestrutura nacional e da qualidade dos serviços ofertados são colocados em contraponto ao modelo de eletrificação quando se projeta o cenário futuro. Segundo Otávio Vieira da Cunha Filho citado por Brandt (2021):

É inviável imaginar o futuro, na mudança de matriz energética, sem nenhuma política estabelecida. É preciso reestruturar todo o sistema. O mundo está trabalhando na eletrificação. O caminho do futuro é esse, mas precisamos de uma reestruturação no modelo. Só assim, podemos pensar em ter ônibus elétrico, com matriz energética mais limpa.

A reestruturação citada engloba a necessidade de melhoria dos serviços nos âmbitos de infraestrutura física das cidades, com mais corredores e faixas exclusivas para ônibus e da utilização das tecnologias digitais que, em conjunto, viabilizassem um tempo de viagem menor em detrimento de sistemas capazes de reduzir significativamente ou eliminar o problema do congestionamento. “Afim, nesse quesito, um ônibus movido a eletricidade preso no congestionamento é quase igual a um ônibus a diesel preso no congestionamento. Nada muda nada.” (BRANDT, 2021)

Ademais, a expansão deste mercado encontra inúmeras resistências que vão além do seu custo mais elevado. Isso ocorre, pois a mobilidade elétrica, ao representar uma tecnologia que é de ruptura, se confronta com um sistema sócio técnico já estruturado, pautado na trajetória dos veículos com MCI; tal transição tende a ser mais efetiva e rápida caso se apoie nas ações de política pública coordenadas para este fim (CONSONI et al., 2018 apud STOPFER et al., 2021, p.14)

Apesar das dificuldades de transporte esse modelo de produção de veículos Barassa et al., (2022, p.29) defendem que a fabricação de ônibus de baixa emissão pode representar não somente uma possibilidade de alavancar a indústria nacional como também “melhorar a qualidade dos serviços de transporte público coletivo, e mitigar a queda do número de passageiros.”

Barassa (2019) discute oportunidades e barreiras de desenvolvimento para o setor. No que tange às oportunidades, pontua ações, fatores e condições que podem impulsionar as tecnologias envolvidas no bloco de competências, como a tecnologia se comportaria, ponderando maiores chances de nacionalização face a capacidade nacional de manufatura.

As barreiras, se apresentam, por exemplo, na forma de uma falta de capacidade industrial ou uma franca articulação entre os atores. Para inibir esses mecanismos de bloqueio, Barassa (2019) argumenta a favor de ações no âmbito da política, regulação e seus instrumentos.

Os veículos elétricos apresentam tecnologias substancialmente diferentes dos convencionais movidos a combustão interna. Essa diferenciação coloca a indústria presente no território nacional, seja ela de capital nacional ou internacional, na emergência da inovação.

Veículos elétricos são baseados em componentes eletroeletrônicos, ao invés de sistemas predominantemente mecânicos, como é o caso dos veículos dotados de motores a combustão interna, o que tem impactos diretos nas cadeias de componentes automotivos. (BARASSA, 2019)

Por conta dessa dinâmica, por vezes a eletrificação cria um cenário de onde uma série de componentes do veículo a combustão interna, e portanto seus produtores, passa a não existir da mesma forma na cadeia produtiva de valor dos veículos elétricos.

Uma série de componentes, como, por exemplo, catalisadores, motores de partida, velas, correias dentadas, lubrificantes, tubos e conexões, fundamentais para o funcionamento do sistema dos motores a combustão interna, tornam-se igualmente desnecessários e deixam de compor o conjunto de tecnologias que abarcam os veículos elétricos. Soma-se a este fato a incorporação de sistemas de transmissão mais simples e a eliminação do sistema de exaustão, visto que esses veículos não emitem poluentes. (BARASSA, 2019, p.60)

Outrora, a eletromobilidade também cria uma série de oportunidades para a entrada de novos integrantes no setor ou até a incorporação de novos setores.

Como exemplos de setores inseridos nesta nova dinâmica tem-se o setor elétrico, fundamental no estabelecimento da infraestrutura de recarga para o abastecimento dos veículos, e o setor eletroeletrônico, responsável pela oferta de componentes, dentre os quais se destacam os motores elétricos e, mais particularmente, os acumuladores de

energia e as baterias automotivas. (BARASSA, 2019, p. 61)

O mercado da eletromobilidade é rico em conexões entre os diferentes setores e empresas, criando valor agregado através da eletrificação. A nacionalização da indústria de elétricos no Brasil, de acordo com Barassa (2019) não se daria sobre o produto final, mas sobre os componentes dos veículos de baixa emissão, em especial, o sistema de *powertrains*. O *powertrain* abrange como componentes: motores elétricos, eletrônica de potência, hardware e software de controle, bem como cabos e conectores. Barassa (2019, p. 145) projeta que “a indústria brasileira estará em condições de produzir motores elétricos por indução, customizados segundo requerimentos das montadoras, em um horizonte não maior do que 5 anos”.

Na perspectiva de 2028, a previsão da análise de mercado realizada por Barassa (2019, p.146) coloca a produção de motores elétricos em parceria com montadoras, utilizando-se de ímã permanente com relutância magnética, almejando 60% de produção local neste período, considerando que “dentro os componentes do Powertrain, os motores elétricos são aqueles mais avançados em termos das capacidades existentes para o desenvolvimento e manufatura no país.”

Quanto à eletrônica de potência, Barassa (2019) estima que ao menos 60% dos componentes sejam produzidos com capacidades locais, incluindo conversores CC-CC, inversores CA-CC, controle de potência, frenagem regenerativa, sistema de proteção, indutores e capacitores. Cabe mencionar também que toda a eletrônica de potência já é fabricada no país para a parte de tração de peças e sistemas industriais.

As perspectivas de nacionalização são mais lentas no tocante aos cabos e conectores, onde Barassa (2019) enxerga um período integral de importação com algumas iniciativas de produção local na medida que o mercado justifique-a e, no horizonte de 15 anos, um mercado que seria capaz de viabilizar a participação na comercialização desses componentes produzidos localmente em níveis superiores a 60%.

Outra oportunidade para a indústria e o mercado nacional, em paralelo ao amadurecimento da cadeia produtiva de *powertrains*, é o possível desenvolvimento de sistemas de propulsão híbrido flex/etanol. Esse sistema apontado como um híbrido paralelo e um MCI otimizado para ser operado com etanol pode absorver tecnologias existentes no país relacionadas aos motores flex e de *powertrain* elétrico, apropriadas no segmento de pesados.

Apostar nesta alternativa é encontrar sinergias entre as novas demandas de eletrificação e a base industrial já instalada e consolidada dos combustíveis renováveis a partir do etanol. Valoriza-se, assim, esta expertise nacional que demandou recursos e levou décadas para ser consolidada no Brasil e sobre a qual ainda são observados instrumentos de política adotados para promover seu desenvolvimento. (BARASSA, 2019, p.149)

Neste sentido a proposta de um novo ciclo de investimentos e desenvolvimento de combustíveis, do programa RenovaBio, acopla-se em paralelo com o movimento de eletrificação veicular, conforme observado por Barassa (2019). O aperfeiçoamento contínuo dos motores a combustão interna otimizados a etanol, a viabilização desta variável híbrida flex e da célula a combustível movida a etanol são caminhos para destacar o Brasil como protagonista internacional.

A partir de Barassa (2019) nota-se que o nível de nacionalização da produção por indústrias brasileiras ainda não é suficiente para inibir os desafios relacionados à dependência nas montadoras estrangeiras. Mesmo com a capacidade de manufatura local, em especial dos motores elétricos, as decisões de investimento das montadoras são realizadas no exterior, principalmente em seus países sede. Logo, os desafios para a produção do *powertrain* nacional são mais relevantes no caso desses atores, montadoras estrangeiras instaladas no Brasil, evitem parcerias com a cadeia produtiva local.

Diferentemente das competências relativas à *powertrain*, as baterias de alta e baixa tensão estão inseridas em uma indústria embrionária, com uma série de incertezas tecnológicas no âmbito internacional e nacional. No caso das baterias íon-lítio para alta tensão, mesmo com a produção cercada de incertezas, Barassa (2019) não descarta o Brasil do seu desenvolvimento e amadurecimento, mas coloca o país com altas potencialidades que possam direcionar o setor produtivo.

Portanto, diferentemente da visão construída para o *powertrain*, que indica que a indústria nacional já se encontra preparada ou com as condições necessárias para o fornecimento de soluções completas, especialmente em motores elétricos, o bloco de competências dos acumuladores revela um período que requer investimentos e direcionamento de ações para promover sua maior capacitação e desenvolvimento local. (BARASSA, 2019, p.154)

Há oportunidades para baterias de alta tensão com a entrada da eletromobilidade pelos veículos pesados no transporte público, que são os principais demandantes

desse segmento de baterias. Outra vantagem que pode atenuar as barreiras existentes é a existência de reservas de lítio no Brasil. Por outro lado, de forma geral os atores enxergam o Brasil em contínua dependência da importação de células de lítio, cuja elevada concentração da fabricação por poucas empresas ao redor do mundo, em especial na Ásia, impõe barreiras à entrada. (BARASSA, 2019)

Neste sentido, destaca-se que o Brasil já possui parque para a produção de baterias chumbo-ácido, que requer maior densidade energética e capacidade de aceitação de carga, podendo ser utilizada para aplicações em estágios iniciais da hibridização veicular, caminho para a eletrificação gradual no país. Barassa (2019) também sinaliza para a possibilidade de direcionar a produção das baterias para outros setores demandantes, além do setor automotivo. O principal é a dos sistemas de armazenamento requeridos para compensar períodos onde as fontes de geração de energia elétrica intermitentes são incapazes de produzir energia elétrica, a exemplo da tecnologia solar fotovoltaica.

Há, por certo, barreiras ao desenvolvimento da cadeia produtiva local em relação à bateria. A primeira barreira levantada por Barassa (2019) refere-se à visão pessimista dos atores do setor da mobilidade elétrica segundo o qual o Brasil prosseguirá como dependente da importação dos componentes elementares à bateria, o que limita o engajamento dos atores ligados à indústria de baterias e limita possibilidades de desenvolvimento.

Esse tipo de visão também pode ser observada, por exemplo, no que tange às incertezas tecnológicas ainda em curso, vinculadas a aspectos tais como questões de segurança ou reciclagem das baterias de lítio. Exemplos destas incertezas se dão na volatilidade de uma bateria quanto às variações de temperatura de uso, o que pode resultar em um incêndio no veículo ou no dano permanente desta bateria. (BARASSA, 2019, p.157)

Além da fabricação dos componentes e o ajuste estrutural e tecnológica que envolve a fabricação de ônibus de baixa emissão Barassa et al., (2022) alertam para a preocupação dos atores quanto a demanda do mercado, que para viabilizar a produção em grande escala, deve ser constante, comportamento não amadurecido no cenário atual.

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 vendê-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 apud BARASSA et al., 2022, P.101).

Frente ao cenário de incertezas, incentivos e bloqueios para a eletrificação no Brasil, Barassa et al., (2022) resume as oportunidades para a cadeia produtiva dos ônibus de baixa emissão no Brasil, considerando: Competências Tecnológicas e Cadeia Produtiva (OT), Políticas Públicas e Governança (OP), Formação de Mercado (OM) e Oportunidades Energéticas (OE).

Quadro 6. Principais Oportunidades no Brasil para Ônibus de Baixa Emissão

CATEGORIAS	OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS
Competências Tecnológicas e Cadeia Produtiva (OT)	O Brasil tem competências tecnológicas para a fabricação nacional de ônibus de baixa emissão (carrocerias, componentes, powertrain).
	Algumas das empresas de carroceria têm capacidade de adaptar suas carrocerias para ônibus elétricos. Contudo, é necessário fazer investimentos para ter uma produção a grande escala.
	Criação de empresas provedoras de serviços, com origem de capital nacional, para atuarem neste segmento.
Políticas Públicas e Governança (OP)	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)	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.
	Novos entrantes nos sistemas de transporte público, como as empresas de energia interessadas em financiar os ônibus elétricos, como já acontece em outras cidades da América Latina.

Quadro 6. Continuação

CATEGORIAS	OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS
Formação de Mercado (OM)	Há oportunidades para a criação de novos mercados e mercados secundários
Oportunidades Energéticas (OE)	O Brasil tem uma matriz energética e elétrica com alta participação de fontes renováveis.
	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.

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Barassa et al., (2022)

É nesse contexto que suscita a necessidade de refletir sobre o avanço da mobilidade elétrica no Brasil, suas tendências e o direcionamento das políticas públicas com potencial para acelerar este processo de transição com destino a descarbonização do setor de transportes. (STOPFER et al., 2021)

3.3 Políticas públicas de eletrificação no Brasil

Barbosa (2021) enfatiza a necessidade de programas de estímulo governamentais que priorizem abordagens de baixo carbono e coloca, também, uma observação importante quanto a tomada de decisão dos países em relação às substituições sustentáveis:

O momento é de restaurar o equilíbrio entre as pessoas e o planeta, projetando e reduzindo o risco de soluções baseadas na natureza como parte de uma nova rede de segurança social para o mundo, incentivando parcerias público-privadas sustentáveis como no ecoturismo, em sistemas de transporte verde e cidades verdes e inteligentes. (BARBOSA, 2021, p. 83)

A responsabilidade de transição do sistema de mobilidade convencional, quando recebe enfoque via políticas públicas dos governos centrais dos países, colabora para que os agentes privados da economia possam enxergar uma solução não só como viável, mas também desejável.

Enxergar os VEs como parte de soluções ambientais e de novas agendas de desenvolvimento tecnológico é necessário para promover processos alargados de transição para a sustentabilidade e seguir na agenda de desenvolvimento humano. (STOPFER et al., 2021, p. 46)

Dessa forma, é importante pontuar o histórico não favorável do Brasil na posição de fomentador de inovação tecnológica que, infelizmente, não é diferente no cenário da eletrificação do transporte.

No caso brasileiro, um elemento central dessa ausência de coerência e consenso nacional na temática do VE, advém da falta de um compromisso suficientemente forte com o processo de transição e um comportamento vacilante em relação ao desenvolvimento de trajetórias tecnológicas que nos leve ao futuro. (STOPFER et al., 2021, p. 47)

Esse contexto torna a eletrificação do transporte especialmente desafiadora no Brasil. De forma geral, medidas governamentais brasileiras que têm atuado para a promoção da eletromobilidade estão misturadas com ações de promoção às tecnologias verdes.

“[...] as políticas de estímulo à mobilidade elétrica têm sido indiretas, fragmentadas e intermitentes, e com frequência encontram-se incluídas e misturadas com esforços voltados à promoção das tecnologias ‘limpas’ ou ‘sustentáveis’.” (CONSONI et al, 2018 apud STOPFER et al., 2021, p. 37)

Essa perspectiva acerca dos esforços brasileiros é confirmada em Consoni et al. (2018), citado por Stopfer et al. (2021), onde destaca-se que os esforços governamentais do Brasil não são suficientes para impulsionar as ações em políticas públicas pró eletrificação do transporte. “Como resultado, existem políticas públicas e ações que independem de um planejamento central do governo federal e que carecem da robustez que é necessária para promover uma rápida inserção do país na mobilidade elétrica.” (STOPFER et al., 2021, p. 37).

Exemplos desse movimento de políticas indiretas são o Programa de Controle de Poluição do Ar para Veículos Automotores (PROCONVE), instituído a partir da Resolução Conama nº 18, de 6 de maio de 1986, que embora estabeleça prazos e limites máximos de emissões e determine padrões tecnológicos mínimos para veículos automotores, nacionais e importados, não direciona necessariamente os produtores, a cadeia de abastecimento e de serviços à eletrificação.

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNCM), que oficializa o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, também é um exemplo de medida governamental que, embora estabeleça metas para a redução das emissões de gases no efeito estufa, não o faz diretamente relacionado à promoção da eletromobilidade. (BARASSA, 2019)

Retornando o foco da discussão para a eletrificação dos ônibus no transporte público, é possível concluir que medidas focadas nesse modal são ainda menos expressivas no país. A maioria das políticas públicas, conforme citado acima, são focadas na promoção de tecnologias limpas e, quando focadas em eletromobilidade,

tem seu viés convertido para a promoção de incentivos relacionados aos modais de transporte individuais, em especial os carros, conforme a tabela abaixo:

Quadro 7. Políticas Públicas brasileiras relevantes em tecnologias limpas e para VEs

Política Pública	Órgão Responsável	Objetivo Principal
Resolução CAMEX n° 97 de 26/10/2015	Câmara de Comércio Exterior - Ministério da Economia	Determina isenção ou diminuição do Imposto de Importação para VEB, VEH e VECC.
Resolução ANEEL n° 819 de 19/06/2018	Agência Nacional de energia Elétrica - Ministério de Minas e Energia	Regulamenta o serviço dos veículos em eletropostos.
Decreto da Presidência da República n° 9.442 de 05/07/2018	Secretaria Geral da Presidência da República	Determina a diminuição da alíquota de Imposto sobre Produtos Industrializados para VEB e VEH.
Programa de Eletromobilidade do BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - Ministério da Economia	Financiamento para o desenvolvimento de um ecossistema da eletromobilidade e para compras de VE por corporações.
Rota 2030 - Lei n° 13.755, de 10/12/2018	Secretaria Geral da Presidência da República	Incentivo às atividades de inovação relacionadas a novas tecnologias de propulsão, eletromobilidade e eficiência energética.
Chamada 22 - P&D ANEEL (2019)	Agência Nacional de Energia Elétrica - Ministério de Minas e Energia	Financiamento de projetos de P&D para geração de modelos de negócios e soluções de mercado.

Fonte: STOPFER et al., (2021, p. 38)

Esse posicionamento das políticas públicas nacionais de incentivo à eletrificação do transporte não espelha os modelos de eletrificação bem sucedidos ao redor do mundo. Conforme discutido no capítulo 2 deste trabalho, a China, país com maiores avanços tecnológicos na eletrificação do transporte e países em destaque na América Latina, iniciaram a condução desse processo de transição via ônibus, em especial no transporte público.

O quadro abaixo é uma adaptação de diferentes quadros apresentados por Barassa (2019) onde se relaciona os esforços e ações diretas para a promoção da eletromobilidade em veículos pesados. Através dele, pode-se reforçar o posicionamento de que as iniciativas para a promoção de veículos elétricos pesados,

em especial ônibus, não são a maioria das ações direcionadas à promoção e incentivo da adesão a eletromobilidade

Quadro 8. Ações Diretas para a Promoção dos Ônibus de Baixa Emissão

Iniciativa	Instituição/Agência	Propósitos
Programa Brasileiro de Sistemas de Célula a Combustível (2002).	FINEP	Projeto de desenvolvimento de um Ônibus Híbrido com Baterias e a células a Combustível, com R\$ 1.105.250 de recursos financeiros direcionados.
Encomenda Transversal de Projetos de Pesquisa (2013-2016).	FINEP	Financiamento no âmbito do Fundo Setorial CT-Energia na sub linha ENCOMENDA TRANSVERSAL PROJETOS DE PESQUISA (2013-2016). Concedido a empresa do setor elétrico binacional, para o projeto Ônibus Elétrico Híbrido a Etanol, com R\$ 10.000.000 de recursos financeiros direcionados.
Bens de Capital Eficiente (2016-)	BNDES	Linha de crédito que possibilita a aquisição de ônibus elétrico/híbrido e outros veículos de tração elétrica com condições especiais (taxa de juros e tempo).

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Barassa (2019)

Uma série de dificuldades limita a implementação de ônibus elétricos em larga escala, muitas delas relacionadas ao fator financeiro dessa implementação e operação dos veículos. Os investimentos variam entre a necessidade de aquisição dos veículos, fornecimento de infraestrutura urbana de carregamento e os custos relativos à operação do transporte de passageiros nos âmbitos do transporte público ou fretado, agravadas pelas incertezas quanto à demanda futura que também geram desincentivos aos investimentos. (BARASSA et al., 2022)

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. (BARASSA et al., 2022, p.72)

Baseados em uma série de relatórios recentes sobre o tema, os principais instrumentos disponíveis para financiamento de ônibus de baixa emissão são

classificados conforme abaixo. (JATTIN, 2019; LI et al., 2018; MOON-MIKLAUCC et al., 2019 apud BARASSA et al., 2022)

- Fundos não-reembolsáveis: compostos por subvenção econômica e incentivos fiscais;
- Fundos reembolsáveis: compostos por linhas de financiamento a juros reduzidos e títulos públicos verdes;
- Outros instrumentos: compostos por financiamento combinado, Leasing e novos modelos de negócio e compras públicas.

Os instrumentos de subvenção econômica consistem na aplicação de recursos públicos não-reembolsáveis em atividades foco selecionadas, reduzindo custos e aumentando a atratividade para o setor privado. No cenário de incentivos aos ônibus de baixa emissão, são potenciais fontes para cobrir os custos de aquisição e infraestrutura, custos operacionais, P&D, capacitação e treinamento, entre outras. (LI; CASTELLANOS; MAASSEN, 2018 apud BARASSA et al., 2022)

Os incentivos fiscais são recursos não-reembolsáveis destinados à redução de custos de aquisição e operação do transporte urbano eletrificado que incluem redução em impostos sobre mercadorias, redução ou isenção de impostos territoriais como IPTU, que tem potencial de aumentar a atratividade para construção de unidades de produção fabris, assim como a emissão de títulos públicos verdes, que atuam na redução dos custos de financiamento das atividades relacionadas ao transporte de baixo carbono. (BARASSA et al., 2022)

Os instrumentos de financiamento combinados alinham recursos reembolsáveis e não reembolsáveis relacionados a atividades com impacto social e ambiental e desafios prioritários em países em desenvolvimento, obtendo a vantagem de combinar fontes de capital com distintas expectativas acerca do risco, retorno e liquidez. (BARASSA et al., 2022)

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. (BARASSA et al., 2022, p.73)

Um levantamento realizado pela IEA (2021b) citado por Barassa et al., (2022) lista as políticas nacionais de eletrificação já anunciadas em todo o mundo, mas não inclui o Brasil na lista dos países com planos nacionais de eletrificação ou promoção de veículos elétricos que disponham de instrumentos específicos de incentivo à 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.

Segundo Barassa et al., (2022, p.73) “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.”

No Brasil, as linhas de financiamento do BNDES são o principal instrumento de financiamento dos ônibus elétricos, em virtude da ausência de um plano nacional coordenado para essa transição no modal de transporte. São destaque os projetos BNDES Finame, Fundo Clima e Finem, além de um programa isolado de P&D da ANEEL, embora o fato de que “não são apropriados para um cenário de introdução de ônibus elétricos em larga escala nas principais cidades do país” seja amplamente discutido. (BARASSA et al., 2022, p.73)

O BNDES Finame Baixo Carbono é o mais antigo instrumento de apoio à indústria de bens e capital do BNDES, embora a linha de Baixo Carbono seja recente e direcionada à máquinas e equipamentos com maior eficiência energética que contribuam para redução de gases de efeito estufa, como ônibus elétricos e híbridos, chassis, equipamentos de recarga e infraestrutura de geração e abastecimento de hidrogênio, que devem ser novos e produzidos localmente. (BARASSA et al., 2022)

BNDES Fundo Clima é um instrumento de política nacional sobre Mudança no Clima vinculado ao Ministério do Meio Ambiente que busca financiar projetos de impacto positivo sobre a redução de mudanças climáticas que necessitam de tecnologias ainda em desenvolvimento e atua em duas modalidades básicas: através de recursos reembolsáveis e não reembolsáveis. Do BNDES nascem subprogramas, dos quais dois se relacionam ao financiamento de ônibus de baixa emissão. (BARASSA et al., 2022)

O Subprograma Mobilidade Urbana inclui projetos de incentivo à fabricação de ônibus elétricos, híbridos ou outros modelos com tração elétrica e demais projetos de infraestrutura para veículos eletrificados. De outro lado, o Subprograma Máquinas e

Equipamentos Eficientes atende ao financiamento relativo 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”, que não excluem ônibus elétricos, híbridos ou movidos a etanol. (BARASSA et al., 2022, p.74)

Já a BNDES Finem é um conjunto de linhas de financiamento que avalia a destinação dos recursos principalmente através dos benefícios sociais decorrentes dos projetos e abrange amplos segmentos econômicos através de seus subprogramas específicos. Assim como os outros programas do BNDES, o destino de financiamento deve ser um produto com requisitos mínimos de conteúdo local para aprovação da verba. (BARASSA et al., 2022)

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. (BARASSA et al., 2022, p.74)

O BNDES argumentou, em entrevista com Barassa et al., (2022), ter como prioridade a mobilidade urbana, embora em focos mais abrangentes do que apenas a eletrificação, como por exemplo o financiamento de trens e sistemas de BRT. Ademais, informou que a instituição é procurada pelas empresas do setor privado que sondam condições e linhas de financiamento relativas a eletrificação dos modais de transporte, mas essas empresas não formalizam contrato com o banco o que, na visão do BNDES, se dá pelos gargalos nas iniciativas do setor público em sinalizar um plano nacional de transição para setor de transportes, o que gera inúmeras incertezas no mercado.

Outros projetos de instituições distintas, como o Refrota da Caixa Econômica Federal, também são mencionados por Barassa et al., (2022, p.76) como linha de crédito para “renovação ou ampliação das frotas de ônibus para empresas concessionárias ou permissionárias do transporte público coletivo urbano” e, embora promova a modernização da frota nacional de ônibus, não o faz com vínculo específico aos ônibus de baixa emissão.

Compete à ANEEL a gestão dos recursos das empresas concessionárias de energia elétrica do país, que por lei ficam obrigadas a destinar 1% de sua receita operacional para atividades de P&D do setor elétrico. A Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 022/2018 “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica

Eficiente” foi proposta em 2018 orientada a selecionar projetos relacionados à promoção da eletromobilidade no Brasil, com perspectivas de investimentos da ordem de R\$ 463,8 milhões. Embora essa chamada tenha sido concluída em 2019, os investimentos financiados ainda estão em curso e podem ser destinados para o financiamento de projetos voltados à implementação de ônibus elétricos e infraestrutura de recarga. (BARASSA et al., 2022)

Além da estrutura de crédito nacional, outras iniciativas internacionais são destacadas por Barassa et al., (2022) como fontes e acordos relevantes para iniciativas de transporte público no Brasil.

Aliança Zebra (Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator) é uma iniciativa liderada pela P4G, rede C40 Cities e pelo Conselho Internacional de Transporte Limpo (ICCT) e apoiada por múltiplos fabricantes, distribuidores de veículos elétricos e fontes investidoras, com foco em cidades estratégicas da América Latina, como São Paulo, Santiago, Medellín e Cidade do México para zerar emissões da frota de transporte público. Acelerar a mudança na matriz energética é o objetivo por trás de investimentos financeiros, oportunidades de troca de informações, programas de treinamento, compartilhamento de pesquisa e educação pública intermediados pela Aliança Zebra. A iniciativa já investiu milhões de dólares para a implantação da frota de ônibus elétricos e prevê cerca de R\$ 5,3 milhões para mais 3.000 ônibus elétricos nas cidades foco da América Latina, mencionadas anteriormente. (BARASSA et al., 2022)

Com o objetivo de dar escala de produção ao mercado da eletromobilidade através de crédito, cooperação técnica e subsídios à discussão de política energética, como propostas regulatórias e marcos legais, o Projeto E-motion, 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) trabalha pelo desenvolvimento do setor na região através de ações divididas em cinco eixos citados por Barassa et al., (2022, p.77):

- 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 aporte financeiro será investido em 10 países da América Latina, incluindo o Brasil, com foco em ônibus elétricos, apesar de beneficiar outros aspectos da operação da eletromobilidade. (BARASSA et al., 2022)

Outro projeto internacional é o Transport Urban Mobility Initiative (TUMI), iniciativa do governo alemão lançada em 2019 com o objetivo de estabelecer vínculos e cooperação de órgãos públicos e privados para viabilizar a eletrificação do transporte público em 20 cidades estratégicas para potencializar uma futura expansão para cidades que devem estar preparadas para licitações e aquisições subsequentes. No Brasil, de acordo com Barassa et al., (2022) cinco cidades já assinaram cartas de intenção para eletrificação de suas frotas dentro desse projeto: Campinas, Curitiba, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo.

O projeto Transition to Electromobility in Brazilian Cities, do Banco Mundial, é um projeto de pequeno porte com cerca de R\$ 36 mil para workshops e consultorias para compreender os desafios e oportunidades da eletromobilidade no Brasil. (BARASSA et al., 2022)

Com a contrapartida de recursos destinados pela Prefeitura de Curitiba o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) assinou um contrato com a cidade para aprimoramento da mobilidade urbana com comprometimento de destinar meio bilhão de reais para infraestrutura viária da cidade, para os quais estão previstos corredores para ônibus elétricos. (BARASSA et al., 2022)

Barassa et al., (2022) concluem que poucos instrumentos fiscais são direcionados especificamente para as atividades *upstream* da cadeia de ônibus de baixa emissão, o que faz o adensamento dessa estrutura se apoiar na necessidade de políticas industriais que contemplem as atividades estratégicas relacionadas a esses veículos onde instrumentos sejam capazes de estimular a criação e aumento da capacidade produtiva na fabricação de baterias, softwares específicos, componentes eletrônicos e carregadores, atividades chaves para a redução dos custos da eletrificação nacional. . (STOPFER et al., 2021)

A Agência Nacional de Energia Elétrica, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei n.º 9.427/1996 e o Decreto n 2.335/1997. . (STOPFER et al., 2021)

Atualmente, figura como uma das Instituições mais importantes, ou seja, com maiores oportunidades de impacto sobre o desenvolvimento da mobilidade urbana sustentável, em especial a eletrificada, no cenário nacional. (STOPFER et al., 2021)

Nesse sentido, um programa notório para a discussão da mobilidade urbana elétrica ganhou impulso através do P&D da ANEEL, originário da Lei n 9.991/2000, que determina que empresas autorizadas, permissionárias e concessionárias do setor de energia elétrica devem aplicar anualmente um percentual do seu Receita Operacional Líquida (ROL) em P&D. . (STOPFER et al., 2021)

O objetivo é investir em projetos inovadores que se mostrem aplicáveis e relevantes para o setor elétrico brasileiro e que possam impactar empresas em qualquer uma das etapas produtivas. (STOPFER et al., 2021)

Fruto do Programa de P&D da ANEEL Chamada 22 surgem dois importantes projetos de infraestrutura que merecem destaque: (1) o Corredor Verde, uma extensão da rede de carregamento no Nordeste do país, da Neoenergia, que objetiva conectar importantes capitais do nordeste brasileiro com a infraestrutura de carregamento para VE. Iniciativa semelhante em Infraestrutura ocorre no Sul do país, através da (2) Rota Elétrica Mercosul, que prevê a instalação de estações de recarga rápida em cidades estratégicas do Brasil até alcançar a fronteira com o Uruguai que, por sua vez, já possui uma importante rota de estações de recarga conectando outras regiões do Mercosul. (STOPFER et al., 2021)

Logo, o que ocorre no Brasil acerca da eletromobilidade não é a completa ausência de políticas públicas, mas sua superficialidade em direção a eletrificação do transporte, uma vez que por vezes não se destinam diretamente a este objetivo, embora podem ser tomados como forças propulsoras ao desenvolvimento e à difusão dos veículos eletrificados. (BARASSA et al., 2022)

Apesar de relevantes, outros muitos tópicos da complexidade da eletrificação do transporte público no Brasil não foram aprofundados nesse trabalho. Dentre eles, convém mencionar a acelerada tendência de aumento do uso do transporte individual em relação ao transporte público no país, que permeiam causas diversas como a qualidade da oferta do serviço compartilhado de transporte e a comodidade individual das pessoas.

Outro ponto intrínseco a qualquer discussão que coloque o Estado como principal financiador e membro ativo no planejamento e execução de um projeto, cabe refletir e pontuar a necessidade de observar os limites de investiente deste ator, uma vez

que, conforme discutido há uma tendência de apidão ao risco diferente do mercado privado, mas, há também, a necessidade de observar a viabilidade econômica e a responsabilidade fiscal dos gastos.

A questão dos custos de aquisição dos ônibus elétricos assim como o perfil das linhas de investimento para a aquisição deste modal no Brasil e no mundo são outra esfera importante na observação do processo de eletrificação do transporte. Alinhada a questão econômica, a própria questão sustentável tem contradições teóricas baseadas na problemática da poluição gerada pelo consumo e descarte de baterias, assim como a mineração necessária para alimentar um sistema dependente dessas.

Ou seja, discutir a eletrificação do transporte no Brasil e no mundo permeia discussões, oportunidades e desafios que são paralelos e outrora antagônicos. A complexidade da eletrificação dos transportes é um fenômeno em crescimento e, apesar de conhecidas algumas experiências de sucesso e simuladas outras estratégias com potencial de igual sucesso, a consequência da adoção em massa dos modais elétricos é, em suma, um paradoxo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de transporte e a complexidade da gestão da mobilidade urbana estão em pauta nas principais discussões de sustentabilidade na atualidade. Dado o potencial poluidor dos veículos à combustão interna e a relevância dos modais de transporte relacionados a essa tecnologia, a discussão sobre uma transição para veículos de baixa emissão é emergente.

Em um cenário de transição complexo, a discussão da eletrificação do setor, o papel dos governos e do mercado e as políticas de fomento são assimétricos ao redor do mundo. Outrora, torna-se cada vez mais homogêneo o entendimento de que essa transição, assim como outras mudanças alavancadas pela revolução sustentável, trazem oportunidades de desenvolvimento para os países que inovarem ou implementarem as inovações relativas ao processo transitório mais rapidamente.

A China é o país que possui medidas mais avançadas de eletrificação do transporte, assim como um histórico robusto de políticas públicas e interação dos órgãos governamentais para viabilizar a transição do modal de transporte público do país para ônibus elétricos. Esse modelo de implementação fortalece a discussão sobre o papel do Estado como fomentador de inovação e gestor desse processo em cenários onde as barreiras de desenvolvimento pelo mercado privado são elevadas.

A mobilidade elétrica foi uma estratégia bem sucedida do governo chinês para promover a transição dos modais de transporte do país para veículos de baixa emissão, em especial elétricos. Dada a necessidade de coordenar essa transição e gerir os desafios provenientes da mesma, o governo chinês iniciou a eletrificação via transporte público coletivo, o que foi capaz de criar vantagens no mercado interno para que a transição dos demais modais fosse acelerada.

A partir da experiência chinesa e dos resultados alcançados, principalmente no que tange ao fomento da cadeia produtiva automobilística e a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), faz-se importante refletir sobre oportunidades, avanços e políticas públicas na América Latina e no Brasil.

Os países da América Latina possuem uma série de similaridades entre si. São elas de ordem política, econômica, demográfica, geográfica, entre outras. No que tange a inovação, o Brasil e demais países latinoamericanos são pontuados como coadjuvantes no cenário internacional do comércio e da indústria. Historicamente, essa posição perpetua a condição de economia primário exportadora dos países

latinoamericanos e amplia as dificuldades de iniciar ou adentrar processos recentes de inovação tecnológicas.

Aliada a necessidade de reduzir o impacto ambiental gerado pelo setor de transporte, esse que é o mais poluente setor econômico do Brasil quando trata-se da emissão de CO², o desenvolvimento da indústria nacional automobilística via eletrificação de ônibus se mostra possível e vantajosa.

Entretanto, a missão de descarbonizar o setor e auferir benefícios industriais e econômicos desse processo não é uma tarefa simples. Ao longo do texto, foram pontuadas as dificuldades para introdução dessa transição via mercado, uma vez que os custos e riscos são altos e a política nacional brasileira pouco orientada para a necessidade de transição acelerada.

Partindo desse ponto e relembrando o caso chinês, é importante concluir que existem medidas de controle e incentivo relacionadas a eletrificação do setor e a necessidade de reduzir os impactos ambientais da emissão de GEE. Essas, no entanto, são desenhadas de forma descoordenada na conjuntura político-econômica atual, o que dificulta a compreensão e investimentos do setor privado.

Portanto, uma das principais medidas para a descarbonização do setor é o alinhamento de tais políticas de controle e incentivo para um claro posicionamento dos governos federal, estaduais e municipais em relação a transição dos modais de transporte.

A luz do exemplo chinês, é vantajoso que o processo ocorra via eletrificação do setor público de transporte, uma vez que os órgãos públicos conseguem com facilidade sinalizar e filtrar via sistema de concessão a necessidade de transição do modal.

Com essa medida se torna possível alavancar o setor automobilístico brasileiro através da intensificação e diversificação dos componentes dos ônibus, uma vez que a indústria nacional possui grande presença e relevância na cadeia de produção desse modal.

Como no cenário atual a importação de ônibus já não possui expressividade na balança comercial do Brasil, uma vez que a produção é suficiente para o abastecimento nacional e exportação do produto excedente, a diferenciação do ônibus via eletrificação desse modal é capaz de agregar valor, além de gerar produtividade e emprego no âmbito nacional e maiores rendimentos das exportações.

Entende-se, também, que a corrida pela eletrificação do transporte no cenário mundial é sim alavancada pela necessidade de conter os efeitos negativos das emissões de GEE. Entretanto, é inegável que os processos e produtos da revolução sustentável, representam, também, uma possibilidade de crescimento e desenvolvimento econômico.

Apesar disso, fato é que a conjuntura econômica mundial e a tendência de acumulação de capital estabelecida pela teoria econômica ao longo dos séculos, ainda estão distantes de se aliar a ecologia para salvar o planeta de suas próprias intervenções, justificando-se, em grande parte, pelas dificuldades financeiras em promover mudanças e categorizando todo e qualquer resultado negativo de suas ações como um produto externo (uma externalidade) do seu processo decisório, quando, na verdade, as externalidades são um resultado, tanto quanto o produto final desejado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA. **Carta Digital ANFAVEA**: novembro de 2022. 2022. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/carta-da-anfavea/>. Acesso em: 10 out. 2022.

ARAUJO, Risolene Alves de Macena; CORREIA, Thamirys de Sousa; CÂMARA, Renata Paes de Barros. **Influência da Inovação Ambiental na Sustentabilidade Corporativa em Companhias Latino-Americanas**. Organizações & Sociedade, [S.L.], v. 29, n. 101, p. 297-322, jun. 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1984-92302022v29n0013pt>. Acesso em: 02 jun. 2022.

BARASSA, Edgar. **A construção de uma agenda para a eletromobilidade no Brasil**: competências tecnológicas e governança. 2019. 242 f. Tese (Doutorado) - Curso de Política Científica e Tecnológica, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=500876>. Acesso em: 10 out. 2022.

BARASSA, Edgar et al. **Oferta de ônibus elétrico no Brasil em um cenário de recuperação econômica de baixo carbono**. Santiago, Chile: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal), 2022. 123 p. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/47833-oferta-onibus-eletrico-brasil-cenario-recuperacao-economica-baixo-carbono>. Acesso em: 05 out. 2022

BARBOSA, Betina Ferraz. **COVID-19 e desenvolvimento sustentável**: avaliando a crise de olho na recuperação. Brasília: Programa das Nações Unidas Para O Desenvolvimento (Pnud), 2021. 111 p. Disponível em: [COVID-19 E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - Avaliando a crise de olho na recuperação 2021 | United Nations Development Programme \(undp.org\)](https://www.un.org/development/desa/en/news/covid-19/covid-19-e-desenvolvimento-sustentavel-avaliando-a-crise-de-olho-na-recuperacao-2021.html). Acesso em: 28 ago. 2022.

BARBOSA, Maisa Ribeiro. **Mobilidade urbana no Brasil**: análise de impactos energéticos do incentivo ao transporte coletivo e da eletrificação de ônibus. 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: [Mobilidade sustentável no Brasil: análise de impactos energéticos do incentivo ao... \(usp.br\)](https://repositorio.usp.br/handle/11363-4/44444). Acesso em: 06 fev. 2022.

BRANDT, Ricardo. **Eletrificação dos ônibus no transporte público é morosa**. 2021. Publicada pela Revista Online Estadão. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/inovacao/eletrificacao-dos-onibus-no-transporte-publico-e-morosa/>. Acesso em: 29 ago. 2022.

CORREIA, Luiz Fernando de Melo; GALVES, Maria Lucia. **Apoio ao planejamento do transporte metropolitano sustentável**. Transportes, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 31-47, 30 abr. 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v27i1.1513>.

GIZ, Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit. **New Energy Buses in China**: overview on policies and impacts. Beijing: GIZ (Sebastian Ibold, Sun Shengyang, Shen Lei), 2020. 23 p. Disponível em: [https://changing-transport.org/wp-](https://changing-transport.org/wp-content/uploads/2020/09/New-Energy-Buses-in-China-Overview-on-policies-and-impacts.pdf)

[content/uploads/2020_GIZ_New-Energy-Buses-in-China.pdf](#). Acesso em: 10 out. 2022.

IEA. **Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer.**, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>. Acesso em: 10 out. 2022.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Infraestrutura Social e Urbana no Brasil**: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Brasília: Ipea. 2010a. p. 549-592. Disponível em: [42543 Livro InfraestruturaSocial vol2.pdf \(ipea.gov.br\)](#). Acesso em: 04 abr. 2022.

MAZZUCATO, Mariana. **O Estado Empreendedor**: desmentindo o mito do setor público vs setor privado. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014. 314 p.

MILANEZ, Artur Yabe *et al.* O ACORDO DE PARIS E A TRANSIÇÃO PARA O SETOR DE TRANSPORTES DE BAIXO CARBONO: o papel da plataforma para o biofuturo. **BNDES Setorial**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 285-340, mar. 2017. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11756>. Acesso em: 10 out. 2022.

MORAES, Henrique Botin *et al.* **Mapeamento das políticas públicas para a mobilidade elétrica no Brasil (2000-2020)**: orientação e objetivos analisados numa perspectiva multiescalar. 2021. 18 f. XIX Congresso Altec, Lima, Perú, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/184737/paper%20103.pdf?sequence=3>. Acesso em: 08 out. 2022.

ONU, Nações Unidas no Brasil (org.). **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**: os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. [S.l.]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 22 jan. 2023.

PEREIRA, Renata Covisi. **Mobilidade urbana sustentável**: alternativas energéticas para o transporte coletivo urbano no município de Campinas/sp. 2017. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sustentabilidade do Centro de Economia e Administração, Programa de Pós Graduação Stricto Sensu, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017. Disponível em: [05-01-18-Dissertação \(puc-campinas.edu.br\)](#). Acesso em: 10 set. 2021.

PERO, Valéria; STEFANELLI, Victor. **A questão da mobilidade urbana nas metrópoles brasileiras**. Revista de Economia Contemporânea, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 366-402, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/198055271932>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/ktc7kfNQ4KH5vbhn6sdCwwJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 set. 2021.

PESSINI, Leo; SGANZERLA, Anor. **Evolução histórica e política das principais conferências mundiais da ONU sobre o clima e meio ambiente**. Revista Iberoamericana de Bioética, São Paulo, SP, v. 1, n. 1, p. 1-14, 19 maio 2016.

Universidad Pontificia Comillas. Disponível em: <https://revistas.comillas.edu/index.php/bioetica-revista-iberoamericana/article/view/6772>. Acesso em: 01 out. 2022.

PINDYCK, Robert; RUBINFELD, Daniel. **Capítulo 18: externalidades e bens públicos**. In: PINDYCK, Robert; RUBINFELD, Daniel. Microeconomia. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013. p. 1-742.

RAWORTH, Kate. **Economia Donut: uma alternativa ao crescimento a qualquer custo**. Rio de Janeiro: Zahar, 2019. 367 p.

RODRIGO MORA. **Quais são os 10 maiores fabricantes de carros do mundo: segundo a Forbes Global 2000**. segundo a Forbes Global 2000. 2022. Publicado pela Revista Online Forbes. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbeslife/2022/05/quais-sao-as-maiores-fabricantes-de-carros-do-mundo-segundo-a-forbes-global-2000/>. Acesso em: 11 set. 2022.

STOPFER, Nicole et al. **A Mobilidade Elétrica na América Latina: tendências, oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2021. 282 p. Disponível em: [27 livro a mobilidade eletrica na AL vf.pdf \(ufrj.br\)](#). Acesso: 10 set. 2022.

TREIGHER, Thamiris. **Sistema 'VAMO' de carros compartilhados é 100% elétrico e pioneiro na América Latina**. 2018. Publicado por INBEC Pós-Graduação. Disponível em: <https://inbec.com.br/blog/sistema-vamo-carros-compartilhados-100-eletrico-pioneiro-america-latina>. Acesso em: 04 set. 2022.

VEJA SÃO PAULO, Revista. **Kate Raworth, prestigiada autora de 'Economia Donut', faz palestra aqui: Economista inglesa que propõe uma alternativa ao crescimento a qualquer custo vem pela primeira vez ao Brasil**. 2019. Escrito por Alice Padilha. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/cidades/kate-raworth-economia-donut-palestra/>. Acesso em: 30 out. 2022.