

DO PETRO AO ELETRO:
políticas para ônibus elétricos na corrida
pela descarbonização do transporte público
na América Latina

Conselho Editorial
Série Letra Capital Acadêmica

Ana Elizabeth Lole dos Santos (PUC-Rio)
Beatriz Anselmo Olinto (Unicentro-PR)
Carlos Roberto dos Anjos Candeiro (UFTM)
Claudio Cezar Henriques (UERJ)
Ezilda Maciel da Silva (UNIFESSPA)
João Luiz Pereira Domingues (UFF)
Leonardo Agostini Fernandes (PUC-Rio)
Leonardo Santana da Silva (UFRJ)
Lina Boff (PUC-Rio)
Luciana Marino do Nascimento (UFRJ)
Maria Luiza Bustamante Pereira de Sá (UERJ)
Michela Rosa di Candia (UFRJ)
Olavo Luppi Silva (UFABC)
Orlando Alves dos Santos Junior (UFRJ)
Pierre Alves Costa (Unicentro-PR)
Rafael Soares Gonçalves (PUC-RIO)
Robert Segal (UFRJ)
Roberto Acízelo Quelhas de Souza (UERJ)
Sandro Ornellas (UFBA)
Sérgio Tadeu Gonçalves Muniz (UTFPR)
Waldecir Gonzaga (PUC-Rio)

Pedro Bastos

DO PETRO AO ELETRO:
políticas para ônibus elétricos na corrida
pela descarbonização do transporte público
na América Latina

LETR^CAPITAL



Copyright © Pedro Bastos, 2025

*Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei nº 9.610, de 19/02/1998.
Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados, sem a autorização prévia e expressa do autor.*

EDITOR João Baptista Pinto

REVISÃO Do autor

CAPA Thais Velasco e Renato Mãozão

PROJETO GRÁFICO Luiz Guimarães

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

B33p

Bastos, Pedro

Do petro ao eletro : políticas para ônibus elétricos na corrida pela descarbonização do transporte público na América Latina / Pedro Bastos. - 1. ed. - Rio de Janeiro [RJ] : Letra Capital, 2025.

160 p. ; 23 cm.

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5252-260-3

1. Tecnologia - Aspectos sociais - América Latina. 2. Mobilidade urbana - América Latina. 3. Planejamento urbano. 4. Transporte urbano. 5. Política de transporte urbano. I. Título.

25-102055.0

CDD: 388.4

CDU: 656.1:711

Gabriela Faray Ferreira Lopes - Bibliotecária - CRB-7/6643

LETRA CAPITAL EDITORA

Tels.: (21) 3553-2236 / 2215-3781 / 99380-1465

www.letracapital.com.br

Sumário

Apresentação.....	7
Introdução	11
Aportes teóricos	20
Aportes metodológicos	27
Capítulo 1 - Ônibus elétricos na corrida pela descarbonização	29
1.1 O debate sobre a descarbonização.....	34
1.2 Desafios e oportunidades.....	42
1.3 Potenciais benefícios para o planejamento urbano	50
Capítulo 2 - O papel das missões de cooperação internacional.....	58
2.1 Como as missões são financiadas?	63
2.2 Como as missões são operacionalizadas?	67
2.3 Estudo de casos: Aliança ZEBRA e TUMI E-bus Mission	74
2.4 O que se pode refletir sobre as missões?	85
Capítulo 3 - Eletromobilidade na Colômbia e o caso de Bogotá	93
3.1 O Plano de Avanço Tecnológico de Bogotá.....	97
3.2 La Roluta: o exemplo de transição justa para ônibus elétricos	106
3.3 Conflitos e lições aprendidas	112
Capítulo 4 - Eletromobilidade no Brasil e o caso de São Paulo	116
4.1 Contexto da transição em São Paulo	120

4.2 O modelo paulistano de subvenção parcial.....	124
4.3 Desafios e conflitos	129
Capítulo 5 - Palavras finais	135
5.1 Missões que se tropicalizam, cidades que se internacionalizam	135
5.2. Uma agenda de pesquisa para o Brasil	139
Referências	144

Apresentação

Este livro nasceu de uma travessia que durou pelo menos quatro anos (entre 2021 e 2025), conduzida no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) Observatório das Metrópoles, do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR), na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi durante esse tempo que uma pergunta insistente começou a ganhar forma: como se constrói uma política pública quando o objeto em questão – neste caso, o ônibus elétrico a bateria – ainda era, ele próprio, um campo de negociações constantes?

A escolha deste tema não foi arbitrária e implicou o desafio de transpor um objeto técnico para o campo das Ciências Sociais Aplicadas. Ela dialoga com minha trajetória profissional como pesquisador, consultor e gerente de projetos em organismos internacionais voltados à mobilidade sustentável. Ainda assim, o que se propõe aqui não é um manifesto tecnológico, tampouco uma defesa entusiasmada da eletrificação como panaceia climática. Trata-se, antes, de um exercício de observação crítica sobre o modo como tecnologias emergentes são incorporadas às nossas formas de pensar e organizar o urbano. O ônibus elétrico – suprimindo aqui o “a bateria” para dar mais leveza e fluidez à leitura – surge, portanto, não como o emblema de um futuro incontestável, mas como uma lente empírica para examinar as alternativas possíveis ao regime da combustão: esse velho paradigma que, há mais de um século, faz mover cidades e crises combinadas a progresso na mesma medida.

Escrever sobre o tema significou, também, lidar com a ambiguidade de quem observa o campo de dentro. A posição de observador participante – expressão que parece confortável na teoria – revelou-se, na prática, um terreno movediço. Estar envolvido profissionalmente com os mesmos atores e agendas que compõem o objeto de pesquisa exigiu, mais de uma vez, o esforço de traçar fronteiras sutis entre o engajamento e a análise.

Às vezes, era difícil saber onde terminava o pesquisador e começava o coordenador de projetos; em outras, era o contrário: o distanciamento acadêmico parecia uma forma de autoproteção diante do pragmatismo cotidiano das políticas públicas. Essa tensão, longe de ser um obstáculo, acabou se tornando parte do conjunto de métodos acionados – uma forma de reconhecer que pesquisar também é se deixar afetar pelo que se estuda.

Abordar a América Latina como recorte analítico foi outro desses desafios. Mais do que uma escolha geográfica, tratou-se de uma decisão de referência, uma forma de situar o Brasil dentro de uma constelação de experiências que, embora distintas, compartilham dilemas estruturais e aspirações comuns. Falar da América Latina foi, em certo sentido, um modo de olhar para o Brasil de fora – de compreender suas hesitações, suas rotas possíveis e suas singularidades diante de vizinhos que, em muitos casos, avançaram por caminhos próprios na descarbonização do transporte público. Escrever a partir dessa perspectiva exigiu equilibrar o desejo de contribuir para um debate nacional – favorecido pela familiaridade e pelo acesso mais direto às informações – com a necessidade de compreender os processos em seu contexto regional, onde o Sul global ainda busca traduzir agendas globais em trajetórias viáveis e justas.

O percurso que segue, portanto, é menos o de acompanhar a jornada de uma tecnologia que promete transformar a cidade, mas que, ao mesmo tempo, é moldada por ela. Falar de ônibus elétricos é, aqui, uma maneira de falar do *urbano* (na tradição dos estudos de teoria urbana crítica do próprio IPPUR da UFRJ) como expressão de uma economia política – aquela que determina como nos movemos, o que produzimos, quem manda e quem fica à margem. No fundo, trata-se de compreender como as cidades continuam a fazer a roda girar, mesmo quando dizem estar reinventando o motor.

Foram muitas as pessoas e as instituições que permitiram a realização deste trabalho. Em primeiro lugar, expresso minha gratidão à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido

nos anos iniciais desta pesquisa. Agradeço ao professor Luiz Cesar de Queiroz Ribeiro pela orientação acadêmica que tem sido fundamental desde 2014, quando iniciei minha trajetória como pesquisador em Planejamento Urbano e Regional, no âmbito do INCT Observatório das Metrópoles. Sua orientação teórica foi essencial para a delimitação e aprofundamento do objeto. Admiro profundamente sua vasta experiência intelectual e valorizo imensamente nossa longa parceria em orientações acadêmicas, organização de livros e outras atividades de pesquisa.

Um agradecimento mais que especial ao professor Victor Andrade, do Laboratório de Mobilidade Sustentável (LABMOB) do Programa de Pós-Graduação em Urbanismo da UFRJ – atualmente vinculado à Universidade Técnica da Dinamarca (*Danmarks Tekniske Universitet – DTU*). Nossa parceria foi crucial na exploração de novos territórios acadêmicos no campo da mobilidade urbana, passando por temas como caminhabilidade e políticas ciclovárias, até chegarmos aos ônibus elétricos – foco central deste livro.

Agradeço ainda pela oportunidade de realizar intercâmbio de curto prazo na DTU, em 2023, onde obtive valiosos aprendizados e avancei significativamente no delineamento das missões de cooperação internacional abordadas neste trabalho. Esses resultados também são fruto da colaboração com a estimada professora Flávia Consoni, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a quem igualmente sou grato pelos relevantes achados compartilhados ao longo desta investigação.

A participação de ambos na banca de arguição reforça o papel fundamental que tiveram neste percurso – não apenas como avaliadores, mas como interlocutores intelectuais generosos, que ajudaram a dar direção e profundidade a esta pesquisa.

Estendo meus agradecimentos aos colegas Eduardo Siqueira e Mariana Batista, da C40 Cities, que, nesta versão final do livro, me ajudaram a lapidar – com leitura atenta e generosa – as informações sobre o papel das missões de cooperação internacional como redes de política para ônibus elétricos. Escrever sobre essas missões foi um desafio em si: trata-se de um campo

marcado por informações voláteis, nem sempre públicas, e que exige apuração constante para distinguir o que é dado técnico do que é interpretação política. Eduardo e Mariana ajudaram a tornar esse processo o mais redondo possível, com contribuições valiosas para preservar o rigor sem perder a sensibilidade das narrativas envolvidas. Mais do que colegas, são amigos conquistados ao longo da jornada, com quem compartilhei o privilégio de participar dessas missões e de “espalhar a palavra” junto a cidades, parceiros e tantos outros atores que fizeram da transição para um transporte mais limpo e justo o seu nicho profissional.

Por fim, e não menos importante, agradeço aos outros professores que integraram a banca de arguição deste trabalho entre 2024 e 2025: Marcelo Gomes Ribeiro (IPPUR/UFRJ), Filipe Marino (UERJ), Camila Gramkow (CEPAL) e Roberto Andrés (UFMG), cujas contribuições foram decisivas para o aprimoramento do método, das ideias e das conclusões aqui geradas.

Pedro Bastos
Rio de Janeiro, outubro de 2025

Introdução

Em 2011, veículos elétricos a bateria foram motivo de piada em uma conferência realizada na Bélgica que reuniu representantes da indústria de transporte. Na opinião de quem estava presente, pareciam uma fantasia técnica e econômica: veículos lentos, caros, sem autonomia e fadados a ocupar o rodapé das inovações inviáveis. “*Todo mundo ria da BYD, dizendo que eles estavam fabricando um brinquedo*”, relembrou um executivo da divisão internacional da empresa, que hoje é uma das maiores fabricantes chinesas de veículos elétricos do mundo, em entrevista à Bloomberg, em abril de 2018. “*E olhem agora. Todo mundo tem um*”¹. Quando milhares desses “elefantes elétricos” começaram a circular pelas ruas de Shenzhen, Pequim e outras cidades chinesas entre 2016 e 2017, até a indústria do petróleo percebeu que havia uma nova ameaça sobre quatro rodas. Aquilo que parecia uma piada tecnológica multiplicou-se por centenas de milhares e rapidamente se converteu em política industrial, disruptão tecnológica e até em questão geopolítica – impactando cadeias produtivas, redes globais de extração de matérias-primas e, sobretudo, as próprias regras de circulação urbana.

Diante das exigências contemporâneas de contenção do aquecimento global, um detalhe nada trivial: no transporte público coletivo, cada ônibus elétrico é capaz de economizar cerca de 500 barris de petróleo por ano². Essa economia decorre do fato de que esses veículos são alimentados por eletricidade, o que dispensa o processo de combustão no ponto de uso e, consequentemente, evita a emissão de partículas e gases típicos da queima de petróleo. Estes, quando liberados pelo sistema de exaustão, são prejudiciais tanto à atmosfera quanto à saúde humana. Além de serem os principais responsáveis pela formação

¹ Hodges, J., “*Electric Buses Are Hurting the Oil Industry*”. Bloomberg, 23 de abril de 2018. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-04-23/electric-buses-are-hurting-the-oil-industry>. Acesso em mai. 2023.

² Idem.

das ilhas de calor urbanas – um fenômeno que intensifica a sensação térmica e faz com que as cidades pareçam cada vez mais quentes. No Brasil, o número de ondas de calor aumentou oito vezes em 60 anos: de uma média de 7 dias por ano (entre 1961 e 1990) para 52 dias por ano (entre 2011 e 2020). Estima-se que, entre 2000 e 2018, mais de 55 mil mortes em excesso nas áreas urbanas do país possam estar associadas a esse fenômeno³.

Por essa razão, os ônibus elétricos têm se tornado um ponto de convergência para redes de atores que defendem políticas públicas voltadas à qualidade do ar – centralizando nessa tecnologia, pela sua viabilidade de mercado, a rota de um futuro possível e desejável para o transporte urbano, especialmente o público coletivo por ônibus.

Nos últimos anos, a China transformou os veículos elétricos em um de seus pilares industriais estratégicos. Ao articular um projeto de Estado com a captura de novas oportunidades econômicas em um mundo em transição, o país consolidou a América Latina como um de seus principais destinos comerciais – não apenas para automóveis elétricos, mas também para o transporte coletivo público: cerca de 80% da frota latino-americana de ônibus elétricos tem origem chinesa, segundo dados da plataforma E-Bus Radar⁴ para outubro de 2025.

Essa consolidação teve 2018 como marco inaugural: naquele ano, entraram em operação as primeiras 121 unidades de ônibus elétricos a bateria na região, somando-se aos trólebus já existentes desde o século anterior, concentrados em cidades como São Paulo e Cidade do México. Era um número pequeno, mas suficiente para sinalizar uma inflexão em direção à substituição do paradigma da combustão interna, que marcou o transporte sobre pneus como elo indissociável da urbanização no século XX.

Desde então, o movimento global de eletrificação do trans-

³ Brasil, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. “Ondas de calor: os impactos da ‘emergência silenciosa’”, 7 mar. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/03/ondas-de-calor-os-impactos-da-2018emergencia-silenciosa2019>. Acesso em mai. 2025.

⁴ Dados sobre ônibus elétricos mencionados nesta introdução estão presentes na excelente plataforma E-Bus Radar.org, que monitora a expansão desses veículos na América Latina em tempo real, de forma transparente e interativa.

porte público se acelerou. A frota mundial de ônibus elétricos cresceu de aproximadamente 440 mil em 2020 para cerca de 780 mil em 2024, com os veículos movidos a bateria respondendo por 94% do total (International Energy Agency, 2024; Jaeger, 2025). Na América Latina, o crescimento foi ainda mais expressivo em termos proporcionais: entre 2018 e 2025, a frota de ônibus elétricos a bateria alcançou 5.889 unidades – ou 7.040, se somados os trólebus –, o equivalente a cerca de 1% da frota mundial.

Apesar dos números absolutos ainda modestos, a eletromobilidade tem deixado de ser uma solução experimental, de “nicho”, restrita a poucos corredores e cidades pioneiras, para integrar de forma crescente as agendas nacionais e locais de mobilidade urbana na América Latina. As projeções indicam que, até 2030, a frota de ônibus elétricos na região deve superar 25 mil unidades, representando entre 25% e 30% do total de ônibus urbanos nas principais cidades latino-americanas⁵. Trata-se de um salto que, embora tímido para reverter no curto prazo a predominância dos combustíveis fósseis, expressa uma reconfiguração estrutural em curso, ao mesmo tempo em que abre horizontes para a construção de cidades mais resilientes – capazes de enfrentar os efeitos adversos das mudanças climáticas, preservar ecossistemas e melhorar a qualidade de vida nas áreas urbanas.

Diante desse cenário de transformações, esta obra se debruça sobre como os ônibus elétricos a bateria vêm emergindo no cotidiano das cidades latino-americanas – não apenas como uma inovação tecnológica, mas como um novo arranjo político e institucional em construção para os serviços de transporte público coletivo. A questão central não é apenas o que está mudando, mas como a mudança acontece: como as decisões são tomadas, as parcerias são costuradas e os conflitos se desenham em torno de uma promessa de futuro mais limpo e eficiente. A difusão desses veículos indica o surgimento de um novo horizonte sociotécnico – um campo em que transformações tecnológicas, institucionais e culturais se entrelaçam, reorganizando tanto as

⁵ Sustainable Bus, “Electric buses in Latin America: 25,000 e-buses expected by 2030”, 16 nov. 2023. Disponível em: <https://www.sustainable-bus.com/news/electric-buses-latin-america-2030-25000-forecast/>. Acesso em: 19 jun. 2025.

regras e estruturas políticas das cidades quanto as formas de uso e ocupação do solo.

Como lente de análise, o arcabouço das políticas públicas é central para compreender como certos temas ascendem à agenda política até se converterem, como define a politóloga argentina Olga Niremberg (2013), em conjuntos de objetivos, decisões e ações que governos executam para lidar com problemas considerados prioritários em determinado momento histórico. Em outras palavras, políticas públicas são estratégias intencionais: articulam uma visão de longo prazo com ações imediatas, projetando o amanhã a partir das urgências do presente.

Uma das hipóteses que orientam esta análise parte justamente desse ponto. A transição para ônibus elétricos a bateria emerge como um nicho tecnológico que aspira a tornar-se dominante – ou, ao menos, competitivo dentro do regime atual. É o que a economista venezuelana Carlota Perez (2002; 2009) denomina fase de instalação de um novo *paradigma tecnoeconômico*: o momento em que uma inovação deixa de ser periférica e passa a desafiar o regime estabelecido, reconfigurando setores inteiros da economia por meio de novas práticas produtivas, padrões de consumo e formas de mercado. As políticas públicas associadas a esse processo, na arguição aqui proposta, não são apenas embrionárias: elas também expressam uma trajetória menos centralizada no Estado e mais coliderada por múltiplas instâncias, onde governos, empresas, organismos multilaterais, sociedade civil e redes transnacionais de cidades atuam lado a lado na tentativa de fazer a transição acontecer.

Nesta defesa, tais políticas trariam “traços” do que a também economista Mariana Mazzucato (2022) chama de política orientada por missão – uma forma de ação pública com maior tolerância ao risco, que valoriza a experimentação e aposta na inovação intersetorial. Trata-se de um modelo que não parte dos orçamentos existentes, mas da capacidade de mobilizar recursos para tornar orçamentos possíveis. E tornar orçamentos possíveis, no caso dos ônibus elétricos a bateria, significa enfrentar uma das pedras angulares das transições verdes: o alto custo inicial. São tecnologias que, embora ofereçam benefícios ambientais e ganhos econômicos no médio e longo prazo, ainda

competem em desvantagem frente às soluções convencionais. Inovações de nicho são, por natureza, frágeis. Para que amadureçam tecnologicamente e se tornem viáveis em escala industrial, precisam ser amparadas por políticas públicas de incentivo, especialmente quando demonstram retornos sociais e a capacidade de gerar *transbordamentos* – efeitos positivos que extrapolam o campo tecnológico e alcançam dimensões urbanas, ambientais e econômicas.

Neste estudo, o olhar se volta não para o lado da oferta, mas para o da demanda: o apetite por consumir essa inovação dentro dos serviços públicos de transporte público coletivo por ônibus. E é justamente aí que a transição encontra seus maiores entraves. Que soluções estão sendo adotadas? O transporte público coletivo na América Latina carrega um histórico de subfinanciamento crônico, frotas sujas e envelhecidas, queda de usuários desde a pandemia, competição crescente com o transporte individual e por aplicativos, além de amarras contratuais que tornam a entrada de novas tecnologias um desafio por si só. Em meio a tudo isso, pensar em ônibus elétricos é, antes de tudo, pensar em como reinventar o próprio sistema de transporte público coletivo – não apenas o veículo, mas o modelo de cidade que o sustenta: desde a reforma das garagens para instalar infraestrutura de recarga das baterias à adaptação da rede elétrica urbana, passando pela capacitação profissional de trabalhadores sobre como operar, manter e gerenciar uma tecnologia que exige novos protocolos, novas competências e uma nova lógica de funcionamento.

Esses desafios, no entanto, não se limitam ao campo técnico ou econômico. Eles são atravessados por um debate público mais amplo – a própria *arena política* onde se disputa o sentido da descarbonização e a sua transformação de *politics* (as controvérsias, interesses e disputas de poder) em *policy* (programas, metas e instrumentos concretos de ação governamental).

Afinal, o que significa descarbonizar o transporte urbano?

Seria substituir frotas inteiras por ônibus elétricos, promovendo uma ruptura tecnológica profunda? Ou apostar em soluções incrementais, como combustíveis de menor teor de carbono e motores mais eficientes, mantendo intocado o paradigma

da combustão? Talvez um meio-termo, que combine inovação tecnológica e continuidade institucional? E o que dizer, então, das medidas integradas que valorizam a mobilidade ativa, restringem o uso do automóvel particular e repensam a própria organização do espaço urbano?

Essa tensão expõe um dilema central: enquanto a descarbonização pode ser entendida como sinônimo de transição energética e transformação estrutural, também pode ser reduzida a um simples ajuste de rota dentro do mesmo modelo – ainda baseado na tecnologia a combustão e em padrões de mobilidade centrados no automóvel. Nesse embate, a descarbonização deixa de ser um destino consensual e se torna um campo de disputa simbólica e material, no qual o que está em jogo não é apenas a tecnologia em si, mas o tipo de futuro urbano que ela promete construir.

O Capítulo 1 apresenta esse contexto e prepara o leitor para encontrar, nos capítulos seguintes, uma história que não teve como propósito aprofundar-se na bibliografia técnica da engenharia de transportes ou em memorandos sobre eletromobilidade, mas, antes, narrar como se tem feito política pública para ônibus elétricos a bateria. Mais do que examinar projetos e especificações técnicas, interessou a esta investigação identificar quem produz esses materiais, a que redes pertencem e de que modo esses documentos e atores contribuíram para formar uma agenda de política pública voltada à eletromobilidade no transporte coletivo urbano. Trata-se de um processo inserido em uma verdadeira “corrida” contra o tempo, em que as metas climáticas já estão definidas e os governos – sobretudo os locais – se veem pressionados a propor soluções capazes de conter o aquecimento global e reduzir drasticamente as emissões.

No livro *If Mayors Ruled the World: Dysfunctional Nations, Rising Cities* (Se os prefeitos governassem o mundo: nações disfuncionais, cidades em ascensão), o teórico político estadunidense Benjamin Barber (2013) mostra como alguns problemas de interesse global são hoje abordados pelos governos locais e como as cidades têm se tornado laboratórios de governança inovadora, capazes de responder com mais pragmatismo, cooperação e criatividade a desafios que os Estados nacionais, frequente-

mente paralisados por disputas ideológicas, segundo ele, não conseguiriam resolver.

A obra dialoga, de certa forma, com essa perspectiva. Se, por um lado, a paisagem das políticas climáticas globais influencia a maneira como os países aderem aos acordos intergovernamentais e definem suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), por outro, o lócus efetivo da ação climática está nas cidades – espaços onde as emissões são geradas, onde as políticas encontram o território e onde a transição energética no transporte se materializa.

Nesse contexto, no Capítulo 2, mostro o papel das missões de cooperação internacional como catalisadoras de políticas públicas para ônibus elétricos, abrindo janelas de oportunidade, transferindo conhecimento e criando pontes institucionais entre o global e o local. Esses arranjos mobilizam fluxos de financiamento e de incidência política entre o Norte e o Sul globais, contribuindo para a criação de estratégias nacionais e, por meio da paradiplomacia (isto é, a atuação internacional de governos subnacionais, como estados e municípios, em temas de interesse comum), atuando também diretamente com governos locais – especialmente prefeituras, que são, via de regra, a instância política responsável pela gestão do transporte público coletivo urbano. Assim, a cooperação internacional opera como uma espécie de “ponte de transição”, conectando metas climáticas globais às realidades administrativas e financeiras das cidades, onde a descarbonização se torna, de fato, prática cotidiana e política concreta.

A experiência de implementação dessas agendas é explorada neste livro por meio de dois estudos de caso: Bogotá e São Paulo. Parte-se da hipótese de que os processos de eletrificação do transporte público por ônibus na América Latina tendem a seguir dois padrões distintos. O primeiro é aquele amparado por estratégias e incentivos de governos nacionais, que oferecem diretrizes, coordenação e instrumentos financeiros para sustentar a transição – caso da Colômbia. O segundo é o modelo que parte diretamente das iniciativas municipais, em contextos onde não há uma política nacional estruturada, resultando em trajetórias mais fragmentadas, desiguais e depen-

entes da capacidade institucional e fiscal das cidades – como ocorre no Brasil.

No Capítulo 3, explico que a Colômbia oferece um exemplo emblemático dessa convergência. Bogotá – sede do governo nacional e palco onde a transformação se materializa *on the ground* – consolidou-se como uma das principais referências latino-americanas na transição para frotas elétricas. Em 2025, conta com 1.486 ônibus elétricos a bateria, a segunda maior frota da América Latina depois do Chile. O movimento começou ainda no início da década, amparado por uma estratégia nacional de eletromobilidade publicada em 2019 que deu força política às mudanças feitas localmente, como parte de um reforço mútuo. Arranjos inovadores na cidade romperam com a lógica tradicional de governança do transporte público, historicamente centrada em um único ator integral (arranjo esse, aliás, muito comum na América Latina), responsável por operar, financiar e prover o serviço. Em seu lugar, a cidade instituiu uma segmentação de papéis entre operadores, provedores de frota e gestores de infraestrutura, criando mecanismos de compartilhamento de riscos e abrindo o setor a novos investidores – um movimento de inflexão em sistemas marcados pela rigidez contratual e pela baixa tolerância ao risco.

Mais do que uma inovação técnica, trata-se de uma reconfiguração política: Bogotá também combinou a implementação de ônibus elétricos com políticas transversais de inclusão e gênero, como no caso de *La Rolita*, empresa pública de transporte com gestão paritária e foco na empregabilidade feminina. Essa abordagem evidencia uma posição ativa do governo local, que não apenas adota uma tecnologia, mas constrói as condições sociais e institucionais para que ela se torne viável. Em outras palavras, Bogotá não apenas aderiu à eletromobilidade, mas também criou o terreno político e simbólico sobre o qual novas parcerias e horizontes de cidade mais justa puderam florescer.

Já no Capítulo 4, focado na experiência de São Paulo, mostro que as iniciativas brasileiras de eletrificação da frota de ônibus partem de um contexto institucional marcado pela ausência de uma estratégia nacional brasileira voltada à eletromobilidade. O resultado é um cenário fragmentado, composto por iniciativas municipais dispersas, em que cada cidade avança conforme

suas próprias capacidades institucionais, brechas contratuais e timings políticos. Nesse mosaico, São Paulo se destaca – não como vencedora de uma corrida, mas como caso paradigmático de como uma metrópole com peso econômico, arcabouço técnico consolidado e legislação ambiental pioneira tem buscado construir sua própria rota de descarbonização.

A cidade foi uma das primeiras do país a estabelecer metas legais de redução de emissões no transporte público, a partir da Lei nº 16.802/2018, que alterou a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo (Lei nº 14.933/2009). Essa emenda determinou prazos para a redução progressiva das emissões de dióxido de carbono e material particulado nas frotas de ônibus, inaugurando um marco regulatório de descarbonização local que combina obrigação legal e estímulo à inovação tecnológica.

Mais do que um compromisso normativo, o caso paulistano revela uma tentativa de governar a transição de baixo para cima, articulando regulação ambiental, desenho contratual e política de investimentos. O município adotou um modelo híbrido de subvenção parcial, no qual o poder público compartilha parte dos custos e riscos iniciais da eletrifcação, criando um ambiente econômico mais previsível para operadores e fabricantes. Trata-se de uma forma sutil, mas eficaz, de alavancar investimento privado por meio da sinalização política, reduzindo a incerteza e convertendo a legislação climática em instrumento de coordenação econômica.

Mais do que apresentar as soluções adotadas em Bogotá e São Paulo, os estudos de caso – ainda que marcados por contextos institucionais distintos – iluminam problemas estruturais semelhantes, que deslocam o foco do ônibus elétrico em si para o que o sustenta: sua infraestrutura. A prontidão dessa infraestrutura – rede elétrica, capacidade de carga, disponibilidade de solo urbano e planejamento de terminais – tornou-se o elo mais crítico da transição, revelando que a descarbonização do transporte público é, antes de tudo, uma questão de planejamento urbano e energético.

A implantação de frotas elétricas exige um tipo de coordenação que ultrapassa os limites tradicionais da política de transportes. Ela requer integração física e regulatória entre setores historicamente isolados – mobilidade, energia, uso do solo

e meio ambiente. Onde instalar os pontos de recarga? Como compatibilizar a demanda energética com a rede existente? Que instrumentos urbanísticos podem orientar o uso de áreas para infraestrutura elétrica? Essas perguntas, que parecem técnicas, são na verdade questões de projeto de cidade, pois envolvem escolhas sobre onde investir, que pessoas trazer para a tomada de decisão, quais territórios priorizar e que grupos sociais se beneficiam ou permanecem à margem da transição.

Em ambos os casos analisados, a infraestrutura aparece como o ponto de tensão entre ambição climática e capacidade urbana, evidenciando que a transição não se faz apenas com novas tecnologias, mas com novos arranjos espaciais, institucionais e políticos. Em última instância, o ônibus elétrico deixa de ser apenas um veículo e passa a ser um vetor de reorganização urbana – um artefato que obriga o planejamento a repensar o território como sistema energético, logístico e social ao mesmo tempo.

É essa história – de como uma tecnologia se transforma em política e como a política se transforma em cidade – que este livro pretende contar.

O Capítulo 5 reúne as conclusões e reflexões finais do trabalho, propondo uma leitura aberta das transições observadas ao longo da pesquisa. Longe de encerrar o debate, ele procura capturar o instante em que as missões internacionais se “tropicalizam” e as cidades latino-americanas se projetam como laboratórios da inovação, traduzindo agendas globais em políticas locais. Mais do que um fecho, o capítulo funciona como um campo de hipóteses. Nele, a análise se desloca do plano regional para o brasileiro, delineando três movimentos para uma futura agenda de pesquisa: a consolidação de um pacto metropolitano para o transporte coletivo, a oportunidade de reposicionar a indústria automotiva na transição verde e a urgência de um pacto nacional pela mobilidade elétrica.

Aportes teóricos

Como uma obra derivada de uma tese de doutorado, contar esta história não partiu de uma base opinativa, mas se apoiou em lentes teóricas que serviram como bússolas para compreensão.

der como as políticas públicas ganham forma, se transformam e se sustentam ao longo do tempo. Uma dessas lentes é a literatura do ciclo de políticas públicas, que nos ajuda a perceber que uma política não nasce de um dia para o outro: ela atravessa um processo contínuo de formulação, negociação e institucionalização, para depois retornar ao debate, sendo revisada, ajustada e recriada conforme mudam as circunstâncias. Em outras palavras, o ciclo se retroalimenta, como um organismo vivo.

Essa visão foi construída a partir das contribuições de Klaus Frey (*Políticas públicas: um debate conceitual e reflexões inerentes à prática da análise de políticas públicas no Brasil*, IPEA, 2000), Álvaro Chrispino (*Introdução ao estudo das políticas públicas: uma visão interdisciplinar e contextualizada*, FGV, 2016) e Ana Cláudia Capella (*Formulação de políticas públicas*, ENAP, 2018), cujas contribuições demonstram que políticas não são produtos prontos, mas processos moldados por diferentes atores, interesses e arenas decisórias.

Além disso, mais como adereço do que como norma, recorro à noção de *campo de forças* do sociólogo francês Pierre Bourdieu⁶ – não de forma rígida, mas como uma referência que oferece analogias úteis para pensar a formação das políticas públicas. Sob essa perspectiva, toda política é também o resultado de como esse campo se acomoda e se reorganiza, isto é, de como diferentes posições, interesses e capitais entram em tensão e equilíbrio. Essa arena política é composta por múltiplos grupos – governos, empresas, movimentos sociais, organizações internacionais – que competem para definir o que é um problema público e quais soluções merecem prioridade em uma agenda.

O conceito de *agenda* é crucial para compreender como certos temas ascendem ao debate público e se tornam objeto de ação governamental. Formar uma agenda significa selecionar, entre inúmeros problemas existentes, aqueles que ganham legitimidade política e prioridade de resposta. É nesse campo que as ideias se confrontam, disputam legitimidade e, eventualmente, se transformam em decisões concretas a partir de uma agenda

⁶ O emprego da teoria do campo de Pierre Bourdieu não se baseia em uma obra específica do autor, mas em uma síntese de sua abordagem que pode ser encontrada em suas obras. Para fins desta pesquisa, utilizei *Razões Práticas: Sobre a Teoria da Ação* (1996).

que molda o rumo das políticas e, em última instância, o próprio modo como o Estado age sobre a realidade.

A Figura I busca resumir essa dinâmica. Ela mostra que a formação de políticas se baseia em três dimensões interligadas: a *policy*, que é o conteúdo prático – as ações e programas; a *politics*, que é o processo – o jogo político das negociações, acordos e conflitos; e a *polity*, que é o momento em que tudo isso se consolida – quando a política se institucionaliza e entra num ciclo de avaliação e aprimoramento.

Figura I: Ciclo de políticas públicas.



Fonte: elaborado pelo autor, a partir de Chrispino (2017); Frey (2000); e Capella (2018).

Dentro desse ciclo de políticas públicas, utilizei também a Perspectiva Multinível (*Multi-level perspective, MLP*), proposta pelo professor da Universidade de Manchester, Frank Geels (2002; 2012), para entender como as transições tecnológicas para maior sustentabilidade ambiental acontecem. Essa abordagem parte da ideia de que mudanças profundas – como a eletrificação do transporte público coletivo ou, mesmo, a superação do transporte a combustão em si – não nascem isoladas, mas em camadas diferentes de influência. No topo, há a *paisagem*, que representa as grandes forças externas – como as mudanças climáticas, os

acordos internacionais (como o Acordo de Paris) e as pressões sociais por sustentabilidade. No meio, está o *regime*, formado pelas estruturas e regras que organizam o sistema atual – as leis, os contratos, as instituições, os hábitos, os padrões técnicos hegemônicos. E, na base, estão os *nichos*, que funcionam como laboratórios de inovação, onde novas tecnologias são testadas antes de desafiar o regime dominante.

É da interação entre essas camadas que as mudanças efetivamente acontecem. As tensões geradas na paisagem pressionam o regime; os nichos, por sua vez, oferecem alternativas e experimentações capazes de aproveitar essas brechas. Quando as forças externas se intensificam e o regime mostra sinais de fragilidade, os nichos encontram oportunidade de ascensão, provocando rupturas ou reconfigurações sistêmicas. A Perspectiva Multinível, portanto, funciona como uma estrutura analítica, um modelo interpretativo que permite identificar em que nível certos atores se posicionam e de que forma interagem – quase como um espelho aproximado do campo, no sentido Bourdieusiano.

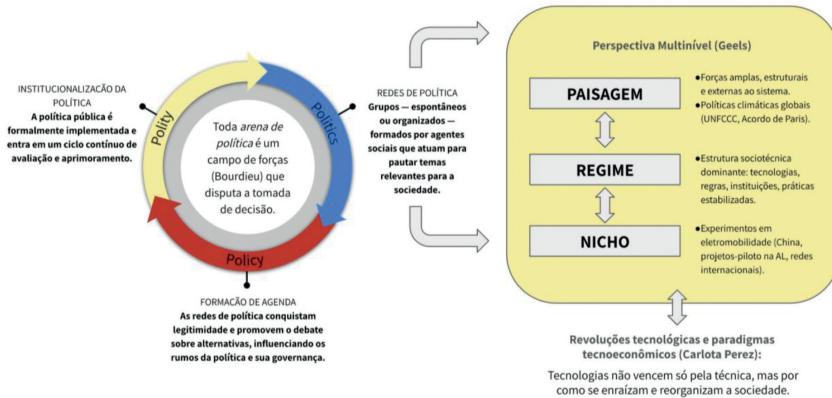
A articulação entre a MLP e o conceito de campo, portanto, permite ler as transições tecnológicas como disputas entre capitais desiguais, onde a emergência de novas tecnologias – como os ônibus elétricos – não depende apenas de inovação técnica, mas da conversão estratégica entre diferentes formas de poder. Nesse sentido, a eletromobilidade urbana pode ser vista como um espaço de recomposição do campo do transporte: um território onde capitais econômicos, políticos, simbólicos e ambientais se reconfiguram para definir o que conta como progresso, quem o financia e quem o representa.

O fio condutor desta pesquisa parte da articulação entre redes de política, expressas nas missões de cooperação internacional, e as forças de nicho e de paisagem que moldam a transição para sistemas de transporte mais limpos (Figura II). Essas redes atuam como intermediárias entre escalas, conectando pressões globais por descarbonização (a paisagem) às inovações locais que emergem nos nichos tecnológicos. Por meio de assistência técnica, financiamento e construção de legitimidade política, elas criam condições para que o ônibus elétrico deixe de ser uma experiência periférica e se torne uma alternativa plausível dentro do regime.

De modo simples, um horizonte sociotécnico seria o ponto em que tecnologia e sociedade se encontram para produzir uma nova forma de organização coletiva. Ele surge quando uma inovação deixa de ser apenas uma solução técnica e passa a reconfigurar instituições, comportamentos e espaços urbanos. No caso dos ônibus elétricos, não se trata apenas de trocar o motor a diesel por uma bateria: é repensar o modo como a cidade se move, consome energia e planeja seu futuro.

É aqui que ação a contribuição da economista venezuelana Carlota Perez (2009), que ajuda a entender, de maneira mais estrutural, por que certas tecnologias (e não outras) conseguem romper barreiras e se tornar o centro de um novo modelo de desenvolvimento. Para Perez, cada grande transformação econômica da história nasce de uma revolução tecnológica: um momento em que uma inovação não apenas aprimora o que já existe, mas reorganiza toda a estrutura produtiva e social ao seu redor. Essas revoluções inauguram períodos em que novas fontes de energia, matérias-primas e formas de organização moldam a economia e o modo de vida de uma época.

Figura II: Ciclo de políticas públicas aplicado à Perspectiva Multinível e às Revoluções Tecnológicas.



Fonte: elaborado pelo autor, a partir de Chrispino (2017); Frey (2000); Capella (2018); Geels (2002; 2012) e Perez (2009).

Desde a primeira fase da Revolução Industrial, em 1771, até a era da Informação e das Telecomunicações, iniciada nos anos 1970, a base energética global foi majoritariamente fóssil.

E essa dependência acompanhou o aquecimento progressivo do planeta, hoje cerca de 1,2 °C acima dos níveis pré-industriais (IPCC, 2022).

Nos transportes, essa matriz fóssil encontrou seu auge no quarto ciclo identificado por Perez: o do petróleo, do automóvel e da produção em massa, por volta de 1910. O motor a combustão interna tornou-se o coração desse paradigma tecnoeconômico – impulsionou as indústrias automotivas e petrolíferas, moldou o espaço urbano e definiu a própria ideia de progresso. Três pilares o sustentaram: o automóvel individual como símbolo de modernidade, o petróleo como matéria-prima essencial e a expansão horizontal das cidades como expressão espacial dessa lógica. As cidades do século XX cresceram, assim, em função do carro – estradas, garagens, túneis, viadutos, estacionamentos e postos de combustível tornaram-se parte do cotidiano. A mobilidade passou a significar consumo de energia, enquanto o transporte público foi, não raro, relegado a um papel secundário, socialmente falando, ainda que ambientalmente também contribuísse para a poluição urbana e para os efeitos das mudanças climáticas que hoje se intensificam.

É nesse contraste que se insere o ônibus elétrico. Mais do que uma inovação tecnológica, ele é tomado aqui como símbolo de um novo paradigma em gestação, ainda restrito a nichos, mas já desafiando a hegemonia do regime da combustão. Ao condensar em si promessas de ruptura com o domínio dos combustíveis fósseis e com o automóvel como modelo dominante da mobilidade urbana, o ônibus elétrico é analisado não como um manifesto, mas como uma escolha tecnológica empírica – um recorte que permite observar as alternativas possíveis à combustão e as negociações que as acompanham.

Sob essa ótica, ele funciona como um instrumento de leitura das transformações em curso nas relações entre energia, transporte e urbano. O ônibus elétrico projeta, assim, um horizonte de mobilidade mais limpa e coletiva, desde que essa transição não se limite à substituição tecnológica, mas envolva mudanças estruturais na forma de planejar o espaço urbano, gerir o transporte público e articular políticas intersetoriais capazes de sustentar essa transformação.

Por fim, diante dos desafios de fazer uma nova tecnologia se enraizar socialmente, uma das defesas teóricas mais relevantes escolhidas como ferramenta de análise é de que essas inovações – muitas vezes ainda incertas, mas com alto potencial transformador – precisam ser “missionadas”, isto é, orientadas por propósitos públicos capazes de enfrentar as forças do mercado e o peso do status quo. É o que propõe Mariana Mazzucato (2022) ao afirmar que grandes transformações tecnológicas de alto interesse social não surgem espontaneamente do setor privado, mas de missões públicas que assumem o risco de criar novos mercados e reconfigurar os existentes.

Para Mazzucato, *políticas orientadas por missão* não se limitam a corrigir falhas de mercado – elas definem um horizonte de futuro e mobilizam diversas partes interessadas em torno de objetivos compartilhados. Nessa perspectiva, o papel do Estado é o de empreendedor e catalisador, capaz de articular diferentes setores, direcionar investimentos e sustentar as fases iniciais de tecnologias ainda não consolidadas, mas promissoras. Trata-se, portanto, de um Estado que molda e direciona os mercados, em vez de apenas reagir a eles.

No campo da eletromobilidade, essa ideia se mostra particularmente potente. Como já introduzido – e como voltará a aparecer em diferentes momentos desta obra –, trata-se de um setor em que os custos iniciais são altos, as incertezas tecnológicas ainda persistem e os incentivos de mercado, sozinhos, dificilmente seriam suficientes para impulsionar uma transição. Pelo menos, não neste momento histórico em que este trabalho foi escrito – no inverno de 2025 –, quando os projetos de eletrificação ainda dependem, em grande medida, de coordenação pública, financiamento externo e vontade política para sair do papel. “Missionar” o ônibus elétrico – considerando seus efeitos sociais pretensiosamente positivos, como discuto ao longo desta obra – significa, portanto, transformá-lo em um projeto coletivo, “de empreendedorismo público” (Mazzucato, 2014), capaz de alinhar metas climáticas, políticas urbanas e inovação industrial. Trata-se de uma aposta de longo prazo que busca reorientar sistemas econômicos, tecnológicos e urbanos historicamente organizados em torno da combustão.

Vali-me, assim, da obra de Mariana Mazzucato não como um horizonte normativo, mas como uma lente inspiradora – uma lupa analítica que permitiu observar como os esforços em torno dos ônibus elétricos vêm se estruturando: entre a promessa de uma transição e a realidade das políticas que tentam torná-la possível.

Aportes metodológicos

As informações apresentadas neste livro têm natureza qualitativa e tomam como unidade de análise os processos de formulação e implementação de políticas públicas voltadas à implementação de ônibus elétricos a bateria no transporte público coletivo urbano na América Latina entre 2018 e 2025. A coleta de dados baseou-se em análise documental e observação participante, com triangulação de fontes bibliográficas, técnicas e institucionais. Foram examinados relatórios multilaterais, legislações, planos e contratos públicos, além de publicações científicas, documentos de política e literatura cíntzenta.

É valioso mencionar a contribuição de alguns repositórios de conhecimento sobre ônibus elétricos que serviram de fio condutor para esta pesquisa. Entre eles, destacam-se o *Caderno Técnico de Referência para Eletromobilidade nas Cidades Brasileiras* (Ministério do Desenvolvimento Regional; Banco Mundial; Fundo de Tecnologia Limpa – CTF, 2022), elaborado pelo ITDP Brasil em parceria com a Logit Engenharia Consultiva; e o *Guia de Eletromobilidade: orientações para estruturação de projetos no transporte coletivo por ônibus* (Ministério do Desenvolvimento Regional; Banco Interamericano de Desenvolvimento; Global Environment Facility – GEF, 2022), produzido pelo World Resources Institute – WRI Brasil. Também merece destaque o relatório *Sistemas de Transporte Público de Autobuses Eléctricos en la Región de América Latina y el Caribe* (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA, 2022), assinado por David Escalante Sánchez e María Fernanda Ortiz Carrascal.

Esses documentos foram fundamentais para mapear tendências, identificar atores e compreender como o tema da eletromobilidade foi institucionalizado nas agendas públicas

da região. Para isso, foi usada a técnica de amostragem por snowballing (ou “efeito bola de neve”) para rastrear redes de política e identificar os principais agentes que estruturam o campo da eletromobilidade na região. Na prática, esse método consiste em partir de um conjunto inicial de documentos ou instituições de referência – como relatórios multilaterais, guias técnicos ou programas governamentais – e seguir as conexões que eles mesmos mencionam, seja por referências cruzadas, autores recorrentes ou parcerias institucionais. A cada novo documento identificado, novas conexões são reveladas, formando uma cadeia progressiva que permite mapear quem produz conhecimento, quem financia, quem implementa e quem influencia as decisões relacionadas às políticas de ônibus elétricos na América Latina.

A observação participante, por sua vez, foi empregada para preencher lacunas, especialmente no que se refere à atuação das missões de cooperação internacional. Essa etapa decorre da minha trajetória profissional como pesquisador acadêmico, consultor e gerente de projetos, entre 2017 e 2025, em instituições voltadas à descarbonização do transporte, como o Laboratório de Mobilidade Sustentável (LABMOB/UFRJ), o ITDP Brasil e a C40 Cities. Essa vivência permitiu acompanhar processos decisórios, negociações e interações institucionais raramente documentadas, mas essenciais para compreender o funcionamento das redes que moldam o campo da eletromobilidade. Trata-se de informações não confidenciais que, em outros contextos, poderiam ter sido obtidas por meio de entrevistas com os mesmos atores. Neste caso, valer-me da experiência direta foi uma escolha consciente – ciente do risco de enviesamento, mas igualmente comprometido com uma leitura crítica e reflexiva sobre o campo que ajudei, em parte, a observar e construir.

A análise dos dados seguiu uma abordagem interpretativa, guiada por três procedimentos complementares: estudo de caso comparativo, análise documental e análise de conteúdo temática. Essa estratégia permitiu compreender como diferentes arranjos institucionais, marcos regulatórios e redes de política moldam as trajetórias da eletromobilidade na região, revelando tanto as tensões quanto as convergências e lacunas que definem o avanço dos ônibus elétricos nas cidades latino-americanas.

Ônibus elétricos na corrida pela descarbonização

Aeletromobilidade não nasceu com o século XXI. Seus primeiros lampejos remontam a 1828, quando inventores europeus e norte-americanos começaram a flertar com a ideia de mover o mundo a eletricidade. Em 1835, o ferreiro americano Thomas Davenport apresentou um pequeno motor funcional e, algumas décadas depois, em 1881, o engenheiro Gustave Trouvé deslizou pelas ruas de Paris com o primeiro veículo elétrico viável diante de uma plateia atônita. No ano seguinte, a empresa alemã Siemens & Halske testava em Berlim o Elektromote, um protótipo de trólebus que prometia libertar o transporte urbano da fumaça e do ruído. Desde então, a ideia de mover pessoas e mercadorias com eletricidade passou a habitar o imaginário das cidades modernas – um sonho que alternou momentos de esplendor e esquecimento, mas jamais desapareceu por completo (Mansfield, 2014; Yergin, 2023).

Na virada do século XIX para o XX, duas vertentes se destacaram. Nos transportes individuais, os carros elétricos chegaram a disputar espaço com os movidos a combustão: em 1900, respondiam por quase um terço da frota norte-americana (Yergin, 2021). Já no transporte coletivo, os trólebus emergiam como a promessa de modernidade das cidades em expansão – veículos silenciosos, movidos por eletricidade contínua captada de cabos suspensos. De Londres a São Paulo, de Milão à Cidade do México, eles cortavam as ruas com eficiência e confiabilidade, sobretudo em rampas e aclives, onde os primeiros automóveis a bateria esbarravam na baixa densidade energética das tecnologias disponíveis (Ferreira, 1995; Stiel, 1984).

Mas esse equilíbrio seria rapidamente desfeito. Em 1908, o lançamento do Modelo T, pela Ford, não apenas barateou o automóvel: ele instaurou um novo imaginário tecnológico. O carro deixou de ser artigo de luxo e tornou-se a célula motriz de um