

Diretrizes para a padronização de especificação de frota de ônibus elétricos no Brasil



Este documento foi produzido no âmbito da parceria “Programa de Apoio Financeiro Setorial - Estruturação da Mobilidade Urbana Sustentável no Brasil (P-MUS)”, entre o Ministério das Cidades, por meio da Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana, e o KfW Development Bank.

Julho de 2026.



ITDP | Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

Ministério das Cidades

Ministro de Estado das Cidades

Antônio Vladimir Moura Lima

Secretário Nacional de Mobilidade Urbana

Marcos Daniel Souza dos Santos

Diretor do Departamento de Infraestrutura da Mobilidade Urbana — DEMOB

Marcell Alexandre de Oliveira Costa

Diretora do Departamento de Regulação da Mobilidade e Trânsito Urbano — DERE

Danielle Costa de Holanda

Coordenação

Coordenação-Geral de Planejamento da Mobilidade Urbana

Alceu Justus Filho

Gláucia Maia de Oliveira

Julia Rabello Spinelli

Meire Sayuri Yoshihara Marra

William Leal Lopes Brandão

Apoio

Departamento de Infraestrutura da Mobilidade Urbana — DEMOB

Isaque de Souza Silva

Simoni Soares da Silva

Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento

Elaboração

Leonardo Veiga

José Antônio do Nascimento

Coordenação

Leonardo Veiga

Direção executiva

Clarisse Cunha Linke

Equipe de programas e comunicação

Aline Leite

Ana Nassar

Danielle Hoppe

Iuri Moura

Juan Melo

João Miranda

Leonardo Veiga

Lorena Freitas

Mariana Brito

Equipe administrativa e financeira

Lívia Guimarães

Paola Lomeu

Imagem de capa

Prefeitura de São Paulo

Apoio Institucional

KfW Development Bank

Fabício Pietrobelli

Luis Abalo





Sumário

Glossário	5
1. Introdução	8
2. Metodologia.....	9
3. Panorama das experiências nacionais e internacionais relacionadas à padronização de ônibus elétricos	11
3.1 Experiências internacionais	11
3.1.1 Índia	11
3.1.1.1 Especificações técnicas padronizadas	13
3.1.1.2 Lições institucionais para o Brasil	14
3.1.2 Chile	15
3.1.2.1 Especificações técnicas padronizadas	16
3.1.2.2 Lições institucionais para o Brasil	18
3.1.3 Outras experiências internacionais	19
3.1.4 Principais lições para o Brasil	20
3.2 Experiências nacionais	23
3.2.1 O modelo Padron e a racionalização e padronização do transporte coletivo urbano	23
3.2.2 Iniciativas recentes de padronização do ônibus a diesel — ANTP e FABUS	24
3.2.3 Caderno Técnico SPTrans — Referência para as cidades	25
3.2.4 Conclusões sobre experiências nacionais	26



4. Desafios, oportunidades e riscos da padronização	27
4.1 Desafios para a padronização de ônibus elétrico.....	28
4.2 Oportunidades estratégicas viabilizadas pela padronização.....	30
4.3 Análise de consenso e dissenso setorial.....	35
4.4. Matriz crítica de riscos	37
5. Sugestão de padronização	39
5.1 Diretrizes de padronização	41
5.2 Ônibus elétrico	43
5.2.1 Veículos.....	45
5.2.2 Chassis.....	47
5.2.3 Carroceria	50
5.2.4 <i>Performance</i>	52
5.2.5 Autonomia	54
5.2.6 Sistemas embarcados.....	55
5.2.7 Conector para recarga	57
5.3 Infraestrutura de recarga	58
5.3.1 Carregadores.....	58
5.3.2 Sistemas de proteção e segurança	59
5.3.3 Sistemas de <i>Software</i> e Gestão	61
5.4 O que não deve ser padronizado no curto prazo	62
5.5 O que merece amadurecimento e discussão (temas de médio a longo prazo)	64



5.5.1 Propostas de soluções para os parâmetros que merecem amadurecimento (médio a longo prazo)	66
5.6 Boas práticas internacionais para o transporte público por ônibus: temas para debate no Brasil	69
5.6.1 Suporte para bicicletas em ônibus: tornando o veículo amigável à bicicleta	69
5.6.2 Contagem automática de passageiros (Automatic Passenger Counting – APC): monitoramento da demanda em tempo real.....	71
5.6.3 Segurança das mulheres: botão de pânico e protocolos de comunicação	72
5.6.4 Câmeras para eliminação de pontos cegos (<i>Camera Monitor System</i>)	74
6 Análise sobre potencial de implementação de compra agregada no Brasil	76
6.1 Agregação de demanda na Índia como resultado de uma política holística...	78
6.1.1 Como funciona o mecanismo de compra agregada atualmente?	88
6.2 Programa Caminho da Escola	90
6.3 O Novo PAC como política de financiamento.....	95
6.4 Como o setor avalia a compra agregada no Brasil.....	98
6.5 Lições e gargalos para a compra agregada no Brasil	104
7. Conclusões.....	107
Referências.....	112
ANEXO 1.....	117



Glossário

Termo	Definição
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas. Responsável pelas normas técnicas brasileiras referenciadas no relatório, incluindo requisitos para veículos de transporte coletivo, acessibilidade e segurança elétrica.
ABVE	Associação Brasileira de Veículos Elétricos. Entidade representativa de fabricantes de veículos elétricos, seus componentes e infraestrutura elétrica.
Active	Inclinação ascendente de uma via. O relatório especifica exigências de desempenho para ônibus elétricos em aclives de diferentes percentuais (5%, 12%, 17%).
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica. Reguladora do setor elétrico brasileiro.
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos. Entidade brasileira que representa operadores, gestores e a indústria do transporte público.
API aberta	Interface de programação de aplicações padronizada e documentada. Essencial para integrar dados de telemetria dos ônibus e da recarga aos sistemas de gestão das operadoras e órgãos gestores.
ARAI	<i>Automotive Research Association of India</i> . Autoridade técnica indiana responsável pela certificação veicular. Validou as especificações técnicas do programa indiano de compra agregada (<i>Grand Challenge</i>).
Autonomia operacional	Distância máxima que um ônibus elétrico percorre com uma carga completa em condições reais de serviço (com trânsito, passageiros, ar-condicionado). Distingue-se da autonomia obtida em testes laboratoriais.
Autonomia residual	Distância que o ônibus ainda percorre quando a bateria apresenta degradação significativa.
Básico	Tipologia de ônibus urbano conforme ABNT NBR 15570: comprimento máximo de até 12.800 mm, capacidade total de passageiros ≥ 70 .
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Instituição de financiamento brasileira.
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> — investimento em bens de capital. No contexto do relatório, refere-se ao custo de aquisição dos veículos e infraestrutura.
CCS2	<i>Combined Charging System Type 2</i> . Padrão internacional de conector para recarga rápida em corrente contínua. É o padrão recomendado pelo relatório para garantir interoperabilidade entre veículos e carregadores de diferentes fabricantes.
CESL	<i>Convergence Energy Services Limited</i> . Empresa estatal indiana que coordenou o <i>Grand Challenge</i> de compra agregada de ônibus elétricos.
CNG	<i>Compressed Natural Gas</i> (Gás Natural Comprimido). Combustível fóssil usado como referência de custo na Índia.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito.
Disponibilidade operacional	Percentual do tempo em que o veículo ou equipamento está disponível para operação.



Termo	Definição
Eficiência energética (kWh/km)	Medida de quanta energia (em quilowatt-hora) o ônibus consome para percorrer um quilômetro.
FABUS	Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus. Representa a indústria fabricante brasileira.
Frenagem regenerativa	Processo em que o motor elétrico atua como gerador durante a desaceleração, convertendo energia cinética em energia elétrica armazenada nas baterias. Eficiência mínima exigida: ≥ 20%.
Garantia vitalícia	Garantia que cobre toda a vida útil contratual do componente. Exigida na Índia para o motor elétrico e o trem de força (12 anos).
GB/T	Padrão chinês para conectores e comunicação de veículos elétricos.
GCC	<i>Gross Cost Contract</i> (Contrato de custo bruto). Modelo em que o poder público paga por quilômetro rodado, e o operador privado assume veículos, infraestrutura, operação e manutenção, além dos riscos tecnológicos.
GEIPOT	Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes. Órgão federal brasileiro que coordenou, na década de 1970, a criação do modelo Padron.
Grand Challenge	Processo de compra agregada liderado pela CESL na Índia.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> . Organização internacional que publica normas para tecnologias elétricas.
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Órgão federal sugerido como possível autoridade técnica de referência para certificação de carregadores.
Interoperabilidade	Capacidade de sistemas e equipamentos de diferentes fabricantes funcionarem juntos. Aplicada à recarga (veículo-carregador) e à comunicação de dados (protocolos abertos).
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> . Publica normas globais, incluindo a ISO 15118 para comunicação veículo-rede.
MTT (Chile)	<i>Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones</i> . Controla diretamente o sistema <i>RED Movilidad</i> de Santiago.
NEBP	<i>National Electric Bus Program</i> . Programa do governo indiano que institucionalizou a agregação de demanda para eletrificar o transporte público, com a meta de implantar 50.000 ônibus elétricos, em todo o país, por meio de licitações centralizadas.
Novo PAC	Programa de Aceleração do Crescimento, eixo Cidades Sustentáveis e Resilientes, subeixo Mobilidade Urbana Sustentável.
OCP	<i>Open Charge Point Protocol</i> . Protocolo de comunicação aberto entre estações de recarga e sistemas centrais de gestão.
OPEX	<i>Operational Expenditure</i> — custos operacionais, incluindo manutenção, energia, mão de obra e outros gastos recorrentes para operar a frota.
Padron	Modelo de ônibus urbano padronizado criado pelo governo federal brasileiro na década de 1970. Corresponde à tipologia definida na ABNT NBR 15570.



Termo	Definição
PM e-Bus Sewa	Programa do governo indiano que oferece subsídio por quilômetro rodado para a operação de ônibus elétricos em cidades de médio porte. "Sewa" significa "serviço" em hindi.
PM E-DRIVE	Programa de subsídio direto do governo indiano para a compra de veículos elétricos, incluindo ônibus. O nome é uma sigla em inglês que significa <i>Prime Minister's Electric Drive Revolution in Innovative Vehicle Enhancement</i> .
Recarga de oportunidade	Recarga rápida em terminais ou pontos intermediários, durante pausas curtas. Duração máxima padronizada: 45 minutos (Índia).
Recarga noturna	Recarga lenta na garagem. Duração máxima padronizada: 4 horas (Índia) ou 3 horas (Manual SPTrans).
RIC nº 15 (Chile)	<i>Pliego Técnico Normativo de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)</i> . É o regulamento técnico chileno que padroniza a infraestrutura de recarga de veículos elétricos, incluindo ônibus. Define conectores permitidos (CCS2 como padrão predominante, GB/T para CA), exige protocolo OCPP 1.6+ e incorpora normas IEC 61851, IEC 62196 e ISO 15118.
RED Movilidad	Sistema de transporte público de Santiago, Chile, que integra ônibus elétricos, metrô e trens sob controle federal.
Retrofit	Substituição do motor a combustão de um ônibus existente por um sistema de propulsão elétrico.
SEC (Chile)	<i>Superintendencia de Electricidad y Combustibles</i> . Órgão chileno equivalente à ANEEL. Regulamenta infraestrutura de recarga (RIC nº 15).
SEMOB	Secretaria de Mobilidade Urbana (de diversos municípios).
SOC (State of Charge)	Medida, geralmente expressa em percentual (%), que indica a quantidade de energia disponível em uma bateria em determinado momento. É análogo ao marcador de combustível em um veículo a diesel.
SPTrans	São Paulo Transporte S/A. Autora do "Manual dos Padrões Técnicos de Veículos com Tração Elétrica (MT-0.002)", principal referência nacional para especificação de ônibus elétricos.
Tranco	Taxa de variação brusca da desaceleração. Valor máximo padronizado: 1,50 m/s ³ (Manual SPTrans).
URBS (Curitiba)	Urbanização de Curitiba S/A. Órgão gestor de transporte.
Vida útil de referência	Período contratual de operação. Na Índia: 12 anos, com reforma obrigatória da carroceria ao fim do 6º ano.
WRI	<i>World Resources Institute</i> . Instituto de pesquisa internacional.
3CV	<i>Centro de Control y Certificación Vehicular</i> . Órgão técnico chileno, vinculado ao <i>Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT)</i> , responsável pela homologação, testes de segurança e emissões, e certificação de todos os veículos que circulam no Chile.
TS-STGO	Ciclo de condução padrão utilizado no Chile para medir o consumo energético de ônibus elétricos em condições urbanas reais, especialmente no sistema <i>RED Movilidad</i> de Santiago.

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

1. Introdução

O presente relatório tem como objetivo apresentar uma avaliação do potencial de implementação de compra agregada para frota de ônibus elétrico.

Nesse contexto, o desenvolvimento deste produto busca:

- Identificar os desafios para a padronização da especificação técnica e operacional de frotas de ônibus elétricos no Brasil, considerando o panorama do mercado nacional e a necessidade de previsibilidade e escala para a indústria nacional.
- Mapear e avaliar as oportunidades da padronização da especificação técnica e operacional de frotas de ônibus elétricos no Brasil, considerando os atores do setor de mobilidade urbana do país (gestores, operadores e indústria), as experiências de implementação de frotas de ônibus elétricos em cidades brasileiras nos últimos anos e as constantes evoluções tecnológicas.
- Mapear preliminarmente os riscos à implementação de padronização de especificação técnica e operacional de frotas de ônibus elétricos no Brasil, tendo em conta o objetivo de acelerar o processo de eletrificação do transporte público coletivo no país.
- Apresentar reflexões sobre o potencial de compra agregada de ônibus elétrico no Brasil, considerando aprendizados e lições aprendidas provenientes de experiências internacionais, com foco no caso indiano e na experiência nacional, com a análise do Programa Caminho da Escola.

Para alcançar esse objetivo, este estudo foi estruturado em cinco partes:

- I. Apresentação da metodologia e dos instrumentos de coleta de dados e informações.
- II. Panorama das experiências nacionais e internacionais relacionadas à especificação de frotas de ônibus elétricos.
- III. Análise dos desafios, oportunidades e riscos da padronização de ônibus elétrico e infraestrutura de recarga, considerando a realidade brasileira.

- IV. Sugestão de padronização de especificações técnicas para ônibus elétricos e infraestrutura de recarga.
- V. Reflexões sobre o potencial de implementação de uma política de compra agregada de ônibus elétrico no Brasil.

2. Metodologia

O levantamento de informações deste estudo foi estruturado em quatro etapas: (i) revisão de literatura e referências internacionais; (ii) revisão de documentos técnicos; (iii) levantamento de dados e mapeamento de atores do setor; e (iv) realização de entrevistas com atores-chave.

Este trabalho dá continuidade à iniciativa anterior conduzida pelo Ministério das Cidades em parceria com o ITDP Brasil em 2025, que resultou em um diagnóstico do setor e apresentou possibilidades para a padronização das frotas de ônibus. Assim, parte dos dados, dos documentos e das entrevistas produzidos naquele contexto foi utilizada como insumo inicial para o presente estudo. Essas informações foram revisadas, atualizadas e complementadas, ao longo da pesquisa, por meio de novas coletas de dados e de novas rodadas de entrevistas.

A etapa de revisão de literatura concentrou-se na identificação e na análise de publicações, documentos públicos e experiências nacionais e internacionais relacionadas à padronização de ônibus elétricos, de infraestrutura de recarga e de seus componentes. Também foram consideradas referências associadas à padronização de veículos de transporte coletivo urbano em contextos anteriores, incluindo experiências pertinentes no Brasil.

Na etapa de análise documental, foram avaliados materiais técnicos e institucionais com o objetivo de consolidar informações relevantes para a elaboração do diagnóstico e das recomendações desse estudo. Tal análise contemplou:

- I. especificações técnicas de fabricantes e fornecedores de ônibus elétricos, considerando os diferentes modelos disponíveis no mercado brasileiro;
- II. especificações técnicas da infraestrutura de recarga, incluindo soluções para garagens e eletropostos públicos; e
- III. termos de referência, editais e documentos de contratação publicados entre 2025 e 2026, com foco na identificação de parâmetros técnicos recorrentes, critérios de aquisição e oportunidades de padronização.

Os resultados consolidados dessa etapa subsidiam as análises apresentadas no Capítulo 4.

Nas etapas de levantamento de dados e mapeamento de atores, buscou-se identificar os principais agentes envolvidos na cadeia da eletromobilidade aplicada ao transporte coletivo urbano, abrangendo:

- I. fabricantes e fornecedores de ônibus elétricos, incluindo veículos completos, carrocerias, chassis e soluções de retrofit;
- II. fabricantes e fornecedores de infraestrutura de recarga;
- III. entes federativos com experiências de operação comercial de ônibus elétricos; e
- IV. associações representativas do setor, operadores de transporte público, órgãos gestores, instituições de financiamento e especialistas em eletromobilidade e transporte urbano de passageiros.

Por fim, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com representantes do setor, com a finalidade de complementar as informações levantadas, validar os achados da pesquisa e incorporar percepções práticas sobre desafios, oportunidades e tendências relacionadas à padronização de ônibus elétricos no Brasil. A diversidade de perfis entrevistados permitiu reunir perspectivas técnicas, operacionais, regulatórias e institucionais sobre o estágio atual da eletromobilidade no transporte coletivo brasileiro.

Ao todo, foram realizadas 37 entrevistas entre 20 de janeiro e 25 de fevereiro de 2025 e outras 20 entrevistas entre 14 de abril e 21 de maio de 2026.

Tabela 1 — Entrevistas realizadas entre 2025 e 2026, por tipo de entrevistado

Tipo de entrevistado	2025	2026
Fabricantes e fornecedores de ônibus elétricos	10	4
Fabricantes e fornecedores de infraestrutura de recarga	6	4
Órgãos gestores do transporte público	8	8
Órgão representativo do setor de transporte por passageiros e entidades correlatas	13	4
Total	37	20

Fonte: Elaboração própria

3. Panorama das experiências nacionais e internacionais relacionadas à padronização de ônibus elétricos

3.1 Experiências internacionais

A transição para frotas de zero emissão exige harmonização técnica rigorosa. Na ausência desse alinhamento, os ganhos de escala obtidos por meio de possíveis compras agregadas podem resultar em obsolescência tecnológica precoce ou dependência de fornecedores únicos. A padronização atua em duas frentes principais: no veículo (frota) e no ecossistema de energia (infraestrutura de recarga), podendo variar em objetivo e grau de rigidez, conforme a motivação de cada país ou região.

Este capítulo apresenta experiências internacionais de padronização de especificações, com dois propósitos: (i) subsidiar a proposta de padronização de ônibus elétricos e infraestrutura de recarga apresentada no Capítulo 5; e (ii) fornecer insumos para a formulação de uma política de compra agregada, que será detalhada no Capítulo 6.

Os casos aqui reunidos não constituem um levantamento exaustivo, mas, sim, uma seleção de referências que pode inspirar os próximos passos do Brasil. Aprofundou-se a experiência de sucesso de eletrificação, com medidas de padronização (Chile), bem como o caso de referência que envolve compra agregada (Índia), enquanto as demais (China e União Europeia) são apresentadas de forma sintética, com foco exclusivo nos elementos técnicos efetivamente padronizados.

3.1.1 Índia

A Índia enfrenta desafios semelhantes aos do Brasil no que se refere à eletrificação do transporte público por ônibus: alta dependência de combustíveis fósseis e necessidade de escalabilidade das soluções. O setor de transportes responde por, aproximadamente, 14% das emissões totais de gases de efeito estufa no país. Com quase 1,5 bilhão de habitantes e, aproximadamente, 471 milhões de pessoas vivendo em áreas urbanas, o país vem transformando sua mobilidade por meio da

implantação de ônibus de emissão zero em larga escala.¹ Atualmente, a Índia conta com mais de 10 mil ônibus elétricos em operação em mais de 50 cidades, e outros 20 mil encontram-se em diferentes fases de aquisição, caminhando para a meta de independência energética até 2047.² Essa jornada é fruto de uma política estruturada de incentivo à eletrificação do transporte público, implementada ao longo de, pelo menos, dez anos, com programas nacionais contínuos e evolutivos.³

Para acelerar essa transição, o governo indiano promoveu o **Grand Challenge**, liderado pela *Convergence Energy Services Limited* (CESL),⁴ com apoio do Banco Mundial, *World Resources Institute* (WRI) e *International Association of Public Transport* (UITP). O processo resultou na contratação de 5.450 ônibus elétricos para cinco cidades (Deli, Calcutá, Bangalore, Hyderabad e Surat), com redução significativa de custos do serviço de transporte ofertado⁵ em relação a licitações anteriores e em comparação com ônibus a diesel e CNG.⁶

Esse processo foi possível graças a uma política de incentivos à eletrificação de ônibus elétricos, na qual a padronização e a introdução de um modelo de compra agregada (com governança para agregação de demanda entre cidades e o papel da CESL como intermediária nacional), entre outras medidas, possibilitaram o sucesso da experiência.⁷ A presente seção concentra-se nas especificações técnicas e

¹ CEEW (2024).

² KPMG India (2026).

³ A evolução dos programas de incentivos indiano será apresentada no capítulo 6 desse relatório.

⁴ A CESL, subsidiária da *Energy Efficiency Services Limited* (EESL), vinculada ao Ministério de Energia da Índia, desempenhou papel central na iniciativa *Grand Challenge*, lançada em 2021 para acelerar a adoção de ônibus elétricos no país, por meio da agregação de demanda entre cidades, padronização de especificações técnicas e contratos, e realização de licitações centralizadas em larga escala, contribuindo para a redução de custos e ampliação da escala da eletromobilidade no transporte público indiano.

⁵ É importante destacar que essa redução não se refere ao preço de compra do veículo (CAPEX), mas, sim, ao custo total da operação, incluindo veículo, manutenção, recarga e riscos tecnológicos, todos assumidos pelo operador privado no modelo de contrato de custo bruto, que será explicado no Capítulo 6.

⁶ CESL (2022).

⁷ Os demais programas indianos de incentivo à eletrificação serão analisados em profundidade no Capítulo 6, que trata especificamente do potencial de compra agregada no Brasil.



operacionais padronizadas e em outros aspectos contratuais e institucionais relevantes para o diagnóstico brasileiro.

3.1.1.1 Especificações técnicas padronizadas

A padronização promovida pela CESL abrangeu parâmetros técnicos e operacionais diretamente relacionados ao desempenho dos veículos, infraestrutura de recarga e garantias. A tabela a seguir sintetiza os principais elementos:

Tabela 2 — Especificações técnicas padronizadas pela CESL na Índia

Parâmetro	Especificação padronizada
Configurações dos veículos	12m (piso baixo e piso padrão) e 9m (piso padrão), com e sem ar-condicionado.
Autonomia por carga	200 km para ônibus 12m / 180 km para ônibus 9m, considerando 80% de <i>State of Charge</i> (SOC).
Eficiência energética mínima	12m AC: 1,3 kWh/km; 12m sem AC: 1,0 kWh/km; 9m com AC: 1,0 kWh/km; 9m sem AC: 0,85 kWh/km.
Recarga noturna	Duração máxima de 4 horas.
Recarga de oportunidade	Duração máxima de 45 minutos.
Garantias obrigatórias	Bateria, motor elétrico e trem de força com garantia vitalícia (<i>life-time warranty</i>).
Segurança	Padrões conforme <i>Automotive Industry Standards</i> (AIS), com validação pela ARAI (<i>Automotive Research Association of India</i>).
Conteúdo local	Mínimo de 40% de componentes nacionais, com exigências adicionais ao Programa de Manufatura Faseada (PMP).
Vida útil de referência	12 anos de contrato, com reforma obrigatória da carroceria ao fim do 6º ano.

Fonte: CESL (2022).

Além das especificações técnicas e operacionais, a experiência indiana trouxe avanços em dimensões contratuais, institucionais e de gestão que merecem destaque. O país adotou o modelo *Gross Cost*⁸ (GCC), no qual o provedor privado é responsável pelo investimento inicial (veículos e infraestrutura de recarga), operação e manutenção, recebendo pagamento por quilômetro rodado, enquanto o poder público mantém a arrecadação tarifária e concentra-se na fiscalização do serviço. Essa abordagem transferiu os riscos tecnológicos e de desempenho dos veículos para o fornecedor, reduzindo a necessidade de CAPEX público e a exposição a falhas prematuras.

⁸ CESL (2022).



A padronização não se limitou a parâmetros técnicos, mas também a cláusulas contratuais críticas para a viabilidade financeira dos contratos. Foram implementados mecanismos de pagamento em caso de quilometragem não realizada de 75% do valor assegurado, em comparação aos contratos anteriores, nos quais não havia previsão de pagamento para quilometragem não realizada, o que aumentava o risco financeiro dos operadores e elevava os preços das propostas. Além disso, foi instituído um limite de penalidades em 10% da fatura mensal: 5% destinados a penalidades operacionais (como pontualidade e disponibilidade) e os outros 5% a falhas técnicas (como segurança e qualidade dos veículos). Nos contratos anteriores, não havia limite para penalidades, e as multas eram vinculadas ao valor da garantia de desempenho (*performance security*), que podia se esgotar rapidamente, deixando o poder público sem instrumentos de sanção. O novo modelo passou a vincular as penalidades à fatura mensal e estabeleceu um teto. Por fim, foram definidos gatilhos para rescisão e cláusulas de força maior com inclusão explícita de pandemias.

Além disso, a CESL instituiu um subcomitê técnico com representantes das empresas de transporte das cidades participantes, reunido periodicamente para construir consenso sobre especificações, permitindo troca de experiências entre cidades, alinhamento de expectativas com o mercado e validação conjunta das minutas de edital e contrato. Todas as especificações foram submetidas à aprovação da Associação de Pesquisa Automotiva (ARAI),⁹ autoridade técnica indiana responsável por certificação veicular, medida que conferiu segurança jurídica ao processo e reduziu a assimetria de informações entre compradores e fornecedores.¹⁰

3.1.1.2 Lições institucionais para o Brasil

Com base na experiência indiana, destacam-se as seguintes lições que podem inspirar o caso brasileiro:

⁹ Instituição de testes, homologação e desenvolvimento de veículos da Índia. Serve como principal referência de segurança e emissão do país.

¹⁰ CESL (2022).



1. **A padronização exige um processo deliberativo estruturado** — com participação ativa dos futuros operadores e outros atores relevantes do ecossistema da eletromobilidade.
2. **Autoridade técnica de referência aumenta a confiabilidade** — o envolvimento de um órgão técnico nacional (como o INMETRO ou similar), na validação das especificações, confere credibilidade ao processo.
3. **Cláusulas contratuais padronizadas são tão importantes quanto especificações veiculares** — termos claros sobre penalidades, reajustes, garantias e rescisão reduzem incertezas e atraem mais competidores.
4. **É possível conciliar padronização nacional com adaptações locais** — a Índia padronizou parâmetros centrais (autonomia, eficiência, garantias) sem impedir ajustes operacionais específicos de cada cidade.

3.1.2 Chile

O Chile consolidou-se como referência na América Latina em eletrificação do transporte público, principalmente por meio do sistema *RED Movilidad* em Santiago. A capital do país, que concentra, aproximadamente, 36% da população nacional, tem seu sistema de transporte público, trânsito e vias controlados diretamente pelo Governo Nacional (*Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones* — MTT).¹¹ Essa centralização nacional é uma diferença estrutural fundamental em relação ao Brasil, onde a competência para o transporte público municipal e metropolitano é, majoritariamente, de estados e municípios, o que pulveriza os modelos de contratação. A operação de Santiago combina ônibus elétricos, metrô e trens sob uma lógica única de planejamento, tarifa e fiscalização. O país estabeleceu a meta oficial de atingir 100% de frota urbana com zero emissões até 2040.¹²

É importante destacar que grande parte do arcabouço regulatório e dos mecanismos de medição de desempenho, como os indicadores de qualidade para

¹¹ Chile (2024).

¹² Chile (2024).

concessões, já integrava o sistema anteriormente à introdução dos ônibus elétricos. E com a adoção dessa tecnologia, esses instrumentos foram, então, adaptados para contemplar as especificidades dos veículos de propulsão elétrica.¹³

3.1.2.1 Especificações técnicas padronizadas

A padronização da eletromobilidade no Chile não se resume a um único instrumento normativo. Ela opera em cinco camadas complementares, que se sobrepõem e se integram para garantir interoperabilidade, desempenho e escalabilidade.

Tabela 3 — Camadas de padronização técnica no Chile

Camada	Instrumento	Conteúdo principal	Origem
Contratual (concessão)	Contrato de concessão de uso de vias + Apêndices	Indicadores de desempenho, manutenção certificada, telemetria de baterias, garantias de bateria.	Preexistente (adaptado para elétricos)
Regulatória (veicular)	Decreto nº 145/2018 + Resolução nº 2243/2018	Homologação pelo 3CV, ciclo de condução TS-STGO, eficiência energética (kWh/km).	Específico para elétricos
Interoperabilidade (redes)	Regulamento de Interoperabilidade (em desenvolvimento)	OCPP 1.6+, ISO 15118, integração rede-rede.	Específico para elétricos
Interoperabilidade (recarga)	Regulamento de Interoperabilidade + Pliego Técnico 15 (SEC)	Padrão de conector CCS2, protocolo OCPP 1.6+, ISO 15118.	Específico para elétricos
Tecnologia (embarcada)	Resolução nº 1247/2015 + especificações contratuais	AVL (GPS obrigatório), telemetria de baterias (SOC/SOH), Wi-Fi, validadores.	AVL preexistente; telemetria de baterias adaptada

Fonte: Elaboração própria, a partir de Chile (2015; 2018; 2024; 2024b; 2025) e Ministerio de Energía (2025).

A Tabela 4 detalha os principais parâmetros padronizados em cada uma das cinco camadas, distinguindo o que já existia antes da eletrificação do que foi acrescentado ou adaptado para os ônibus elétricos:

¹³Chile (2024).



Tabela 4 — Especificações técnicas padronizadas no Chile

Categoria	Parâmetro	Especificação	Camada
Desempenho operacional	Indicadores	Indicadores vinculados ao pagamento. Abaixo de 80% gera multa.	Contratual (preexistente)
Manutenção	Certificação por terceiros	Falhas classificadas por criticidade (alta/média/baixa). Ônibus reprovado não gera pagamento.	Contratual (preexistente)
Bateria	Garantia	10 anos ou 800.000 km.	Contratual (específico)
Bateria	Autonomia mínima	160 km (carga lenta) / 40 km (carga oportunidade).	Contratual (específico)
Eficiência energética	Consumo máximo	12m com AC: 1,3 kWh/km; 12m sem AC: 1,0 kWh/km; 9m: 1,0 ou 0,85 kWh/km.	Regulatória veicular (específico)
Ciclo de medição	Protocolo TS-STGO	Mede consumo em condições urbanas reais.	Regulatória veicular (específico)
Segurança de instalação elétrica	Regulamento (Decreto nº 8/2019)	Exigências mínimas para instalações de consumo de energia elétrica, incluindo recarga de VE.	Infraestrutura de recarga
Conectores de carga (público)	RIC nº 15	Padrão predominante: Tipo 2/CCS2; GB/T permitido para CA desde 2024.	Infraestrutura de recarga
Normas técnicas incorporadas	RIC nº 15	IEC 61851, IEC 62196, ISO 15118, UL 2594/2202 (opcional).	Infraestrutura de recarga
Aplicação a ônibus elétricos	RIC nº 15	"Electroterminales y centros de carga para transporte público" são explicitamente cobertos	Infraestrutura de recarga
Comunicação carregador-rede	Regulamento de Interoperabilidade	OCP 1.6+ (padrão aberto, vedados protocolos privados).	Interoperabilidade
Comunicação veículo-rede	Regulamento de Interoperabilidade	ISO 15118.	Interoperabilidade
Rastreamento (preexistente)	Res. nº 1247/2015	AVL — GPS obrigatório.	Tecnológica (preexistente)
Rastreamento (adaptado)	Contrato	Telemetria específica de baterias.	Tecnológica (adaptado)

Fontes: Chile (2015; 2018; 2020; 2024; 2024b; 2025); Ministerio de Energía (2025).

A experiência chilena demonstra que é possível adaptar um modelo de concessão de serviços já consolidado, herdado da era dos combustíveis fósseis, para a eletromobilidade. Os fatores críticos de sucesso incluem:



1. **Regulamentação detalhada da infraestrutura de recarga:** O RIC nº 15¹⁴ fornece segurança jurídica para investimentos em eletroterminais e garante que a infraestrutura atenda a padrões mínimos de segurança e interoperabilidade.¹⁵
2. **Padronização de conectores:** A escolha do padrão CCS2 (com GB/T como alternativa para CA) evita a multiplicidade de tomadas e a dependência tecnológica.¹⁶
3. **Comunicação aberta:** A exigência do protocolo OCPP 1.6+ (em desenvolvimento no Regulamento de Interoperabilidade) impede que um fabricante de carregador controle todo o ecossistema.¹⁷
4. **Controle centralizado nacional:** O fato de o governo nacional controlar diretamente as vias, o transporte e a regulação elétrica de Santiago permitem uma padronização mais ágil e homogênea do que no modelo brasileiro, onde prefeituras, estados e distribuidoras de energia muitas vezes adotam regras conflitantes.

3.1.2.2 Lições institucionais para o Brasil

Com base na experiência chilena, destacam-se as seguintes lições que servem de inspiração ao contexto brasileiro:

1. **A infraestrutura de recarga merece um instrumento normativo específico.** O Brasil carece de regulamentação federal detalhada para instalações de recarga de veículos elétricos, equivalente ao RIC nº 15 chileno. A ausência de padrões nacionais para conectores e homologação de carregadores é uma barreira à escalabilidade.

¹⁴ O RIC nº 15 é o regulamento técnico da SEC (*Superintendencia de Electricidad y Combustibles* do Chile, órgão equivalente à ANEEL no Brasil) que padroniza a infraestrutura de recarga de veículos elétricos, incluindo ônibus. Define conectores (CCS2/GB/T), exige modos de carga seguros e determina comunicação aberta dos carregadores.

¹⁵ Chile (2020; 2024b).

¹⁶ Chile (2024b).

¹⁷ Ministerio de Energía (2025).



2. **A padronização de conectores não precisa ser rígida.** O Chile adotou CCS2 como padrão predominante, mas permitiu GB/T para corrente alternada, reconhecendo a diversidade de fornecedores (inclusive chineses). Isso evita exclusões desnecessárias de mercado. Porém, para ônibus elétrico, o padrão principal e obrigatório é o CCS2.
3. **Centralização normativa nacional como facilitador.** O Brasil possui uma estrutura federativa mais complexa. A experiência chilena mostra que a existência de regulamentações nacionais claras (ex.: padrão de conectores, OCPP obrigatório, homologação de carregadores pela ANEEL ou INMETRO) é fundamental, independentemente de quem opera o sistema.
4. **Normas internacionais devem ser incorporadas diretamente.** O RIC nº 15 chileno incorpora IEC 61851,¹⁸ IEC 62196¹⁹ e ISO 15118²⁰ como referências. O Brasil deve adotar abordagem semelhante.

3.1.3 Outras experiências internacionais

Além dos casos da Índia e do Chile, outras experiências internacionais oferecem lições pontuais que podem inspirar o processo de padronização no Brasil. A lista abaixo não é exaustiva, mas seleciona exemplos nos quais é possível identificar, com clareza e rastreabilidade, quais elementos técnicos foram efetivamente padronizados.

China. A padronização chinesa para ônibus elétricos tem como principal referência a norma GB/T 44345-2024 (*Smart community infrastructures — Directives for smart transportation using battery-powered buses for passenger services*), publicada em agosto de 2024 pela *Standardization Administration of China* (SAC). A norma é uma adoção idêntica a ISO 37158:2019 e estabelece diretrizes para a operação de ônibus elétricos em sistemas de transporte inteligente no contexto de cidades inteligentes, abrangendo requisitos de qualidade do ar, redução de ruído e conforto dos

¹⁸ Requisitos de segurança para sistemas de recarga de veículos elétricos. Define modos de carregamento e proteções elétricas.

¹⁹ Padronização de conectores físicos para recarga, incluindo o padrão CCS2 para corrente contínua.

²⁰ Protocolo de comunicação veículo-rede (V2G) para identificação, pagamento e carregamento inteligente.

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

passageiros.²¹ Para infraestrutura de recarga, a GB/T 40425.2-2025 (em vigor a partir de novembro de 2025) padroniza sistemas de carregamento por pantógrafo superior para ônibus elétricos, com especificações de tensão de até 1500V e corrente de até 1500A.²² O país adota ainda os conectores GB/T como padrão doméstico para recarga em corrente contínua e alternada.

União Europeia. A padronização técnica europeia concentra-se na interoperabilidade entre veículos e infraestrutura de recarga. O padrão de conector adotado para carregamento rápido em corrente contínua (DC) é o CCS2 (*Combined Charging System Type 2*), conforme especificado pela norma IEC 62196-3.²³ A comunicação entre veículo e rede elétrica é padronizada pela série ISO 15118, que estabelece requisitos para identificação, controle e otimização da carga, pagamento, nivelamento de carga e segurança cibernética.²⁴ A comunicação entre carregadores e sistemas centrais de gestão segue o padrão OCPP (*Open Charge Point Protocol*), mantido pela *Open Charge Alliance*.²⁵

3.1.4 Principais lições para o Brasil

As experiências internacionais analisadas revelam que a padronização de ônibus elétricos não é um fim em si mesma, mas um instrumento para viabilizar escala, previsibilidade e interoperabilidade. Embora cada país tenha adaptado a abordagem à sua realidade institucional e industrial, é possível extrair lições comuns aplicáveis ao contexto brasileiro.

Em primeiro lugar, **a padronização deve ser entendida como instrumento de política industrial e de desenvolvimento do mercado.** A experiência indiana demonstra que requisitos como conteúdo local mínimo e especificações técnicas padronizadas podem ser utilizados para estimular a cadeia produtiva nacional. Ao mesmo tempo, o caso chileno evidencia a importância de evitar padrões excessivamente restritivos

²¹ SAC (2024).

²² SAC (2025).

²³ IEC (2024).

²⁴ ISO (2019).

²⁵ *Open Charge Alliance* (2022).

que limitem a entrada de fornecedores. O Brasil pode calibrar a padronização de forma a simultaneamente promover competitividade, atrair novos entrantes e fomentar a indústria local.

Para isso, a **padronização exige coordenação institucional e um agente indutor**, o que constitui o segundo ponto. Na Índia, a CESL atuou como intermediária nacional, agregando demandas de diferentes cidades e homogeneizando especificações técnicas e contratuais. No Chile, o governo nacional, por meio do *Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones* (MTT), exerceu controle direto sobre vias, operação e regulação elétrica de Santiago, permitindo uma padronização ágil e coerente entre as cinco camadas do sistema (contratual, regulatória veicular, interoperabilidade, infraestrutura de recarga e tecnologia embarcada). O Brasil, com sua estrutura federativa mais complexa, precisaria de um arranjo institucional que articule União, estados e municípios, possivelmente com um papel coordenador do Ministério das Cidades ou de uma agência nacional similar, para evitar a fragmentação de especificações.

Em terceiro lugar, a **padronização não precisa partir do zero**. Tanto o Chile quanto a China demonstraram que é possível adaptar arcabouços normativos preexistentes, originalmente concebidos para ônibus a diesel, para incorporar as especificidades dos veículos elétricos. No Chile, os indicadores de desempenho e as exigências de manutenção certificada já existiam antes da eletrificação. O país apenas acrescentou parâmetros específicos para baterias (garantia de 10 anos/800.000 km, autonomia residual mínima) e para infraestrutura de recarga (CCS2, OCPP, ISO 15118). O Brasil já possui um arcabouço normativo consolidado para ônibus urbanos (ABNT NBR 15570, por exemplo) e para infraestrutura elétrica (ABNT NBR 5410, NR 10). Essa lição indica a compreensão de que a padronização deve ser implementada de forma progressiva e adaptativa, que é possível a partir da adoção de uma abordagem incremental, com revisões periódicas das especificações e mecanismos institucionais de aprendizado contínuo.

Em quarto lugar, a **padronização deve incluir requisitos de dados, monitoramento e transparência**. As experiências do Chile e da Índia mostram que a coleta padronizada de dados operacionais, tais como consumo energético, estado de carga das baterias (SOC), disponibilidade da frota e indicadores de desempenho, é fundamental para garantir a fiscalização dos contratos, o ajuste contínuo das especificações e a redução de assimetrias de informação entre operadores e poder

público. No Brasil, a definição de padrões mínimos de monitoramento e compartilhamento de dados pode fortalecer a governança do sistema e apoiar decisões futuras de escala.

Em quinto lugar, a **interoperabilidade da recarga depende de padronização em múltiplas camadas**. União Europeia e Chile mostraram que não basta definir um conector (CCS2) — é necessário padronizar também os protocolos de comunicação entre carregadores e sistemas centrais (OCP), a comunicação entre veículo e rede (ISO 15118) e a integração entre diferentes redes de carga. O Chile, adicionalmente, estabeleceu exigências de homologação de carregadores pela *Superintendencia de Electricidad y Combustibles do Chile* (SEC) e segurança elétrica (Decreto nº 8/2019). O Brasil ainda carece de regulamentação federal abrangente para infraestrutura de recarga, um vácuo normativo que precisa ser preenchido para evitar a proliferação de soluções proprietárias e a consequente dependência tecnológica.

Sexto, a **mitigação da dependência tecnológica deve ser um princípio orientador da padronização**. A adoção de padrões abertos de comunicação, a escolha de conectores amplamente difundidos e a definição de requisitos não proprietários são fundamentais para evitar dependência de fabricantes específicos. As experiências europeia e chilena reforçam a importância de protocolos abertos, como OCP e ISO 15118, como mecanismo de preservação da concorrência e da flexibilidade tecnológica no longo prazo.

Essa lição conecta-se ao sétimo ponto, em que a **padronização deve equilibrar rigidez e flexibilidade**. A Índia padronizou parâmetros centrais (autonomia, eficiência, garantias) sem impedir ajustes operacionais específicos de cada cidade. O Chile adotou CCS2 como padrão predominante para carga rápida, mas permitiu GB/T para carga lenta, reconhecendo a diversidade de fornecedores (inclusive chineses) no mercado. Esses exemplos sugerem que o Brasil deve adotar, ao menos no curto prazo, **intervalos de tolerância** (mínimos e máximos) em vez de valores fixos restritivos, e priorizar a padronização obrigatória nos aspectos de segurança e interoperabilidade, deixando margem para inovação e concorrência em outros parâmetros.

Em oitavo lugar, a **garantia de bateria e a certificação de manutenção são elementos críticos** que aparecem tanto na Índia quanto no Chile. A Índia exige garantia vitalícia para motor e trem de força, enquanto o Chile estabelece 10 anos ou 800.000 km para baterias, com autonomia residual mínima garantida. O Chile também exige certificação de manutenção por terceiros, com classificação de falhas

por criticidade, e vincula o pagamento ao operador à aprovação dessa certificação. Esses mecanismos aumentam a confiança dos compradores e reduzem riscos operacionais, aspectos que os editais brasileiros podem considerar.

Por fim, a **União Europeia oferece uma referência para protocolos abertos e interoperabilidade**. O padrão CCS2 (IEC 62196-3), o protocolo ISO 15118 e o OCPP são normas internacionais consolidadas que o Brasil pode adotar diretamente, sem necessidade de desenvolvimento normativo próprio. A incorporação desses padrões como referências obrigatórias em editais e regulamentações é um caminho mais curto e seguro para garantir a compatibilidade futura com equipamentos e veículos de múltiplos fornecedores.

3.2 Experiências nacionais

O cenário nacional de padronização de especificações para ônibus elétricos ainda é incipiente. Entretanto, o Brasil possui uma trajetória consolidada de iniciativas voltadas à racionalização técnica e operacional do transporte coletivo urbano, desenvolvidas ao longo das últimas décadas por órgãos públicos, fabricantes, operadores e entidades do setor.

Essas experiências buscaram estabelecer referências comuns para especificações de veículos, com o objetivo de ampliar a eficiência operacional, reduzir custos, melhorar a segurança e aumentar a interoperabilidade entre sistemas e tecnologias. Embora muitas dessas iniciativas tenham sido direcionadas originalmente aos ônibus movidos a diesel, elas constituem importantes antecedentes para as atuais discussões sobre padronização de ônibus elétricos no país.

3.2.1 O modelo Padron e a racionalização e padronização do transporte coletivo urbano

O Brasil é pioneiro no esforço de padronizar ônibus a diesel. O veículo Padron é resultado de um esforço do governo federal. Até então, havia grande diversidade de modelos de ônibus urbanos em circulação no país, muitos deles inadequados às condições operacionais dos sistemas de transporte coletivo. A ausência de referências técnicas comuns resultava em problemas relacionados à segurança, à

manutenção, à operação e ao conforto dos usuários, além de dificultar ganhos de escala na fabricação e na gestão das frotas.²⁶

Os estudos para racionalização das especificações dos ônibus urbanos foram coordenados pelo Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes (GEIPOT), com apoio da Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (EBTU), e contaram com a participação de fabricantes, operadores, consultores e entidades representativas do setor, incluindo empresas filiadas à Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus (FABUS).

A proposta buscava estabelecer parâmetros mínimos para os veículos urbanos, promovendo maior padronização dimensional e operacional das frotas. Entre os principais objetivos, estavam a redução dos custos operacionais, o aumento da eficiência energética, a ampliação da capacidade operacional dos veículos e a melhoria das condições de manutenção e durabilidade das frotas.

O modelo Padron consolidou-se como referência para o transporte coletivo urbano brasileiro ao longo das décadas seguintes, influenciando o desenvolvimento industrial do setor e contribuindo para a estruturação de especificações técnicas utilizadas em diferentes cidades brasileiras.

Atualmente, parte dessas especificações encontra-se consolidada em normas técnicas nacionais, como a ABNT NBR 15570:2021, a qual estabelece requisitos para fabricação de veículos acessíveis destinados ao transporte coletivo urbano de passageiros.

3.2.2 Iniciativas recentes de padronização do ônibus a diesel — ANTP e FABUS

Mais recentemente, entidades do setor retomaram o debate sobre racionalização e padronização dos ônibus urbanos brasileiros diante da crescente complexidade tecnológica dos veículos e da necessidade de aumentar a eficiência produtiva e operacional do setor.

Nesse contexto, a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) e a FABUS elaboraram um documento propondo nova padronização para as carrocerias dos ônibus urbanos, com foco especial na harmonização das dimensões externas dos veículos.

²⁶ As referências dessa subseção são fundamentadas em Araújo (2024).

A iniciativa buscava ampliar a eficiência produtiva da indústria, reduzir custos de fabricação e manutenção, acelerar o atendimento da demanda e aumentar a interoperabilidade entre diferentes tecnologias e sistemas. A proposta também procurava favorecer ganhos de escala, ampliar a previsibilidade para operadores e fabricantes e preparar o setor para processos de modernização tecnológica e eletrificação das frotas.

Apesar do potencial técnico da proposta, sua implementação não avançou e, até o atual momento da pesquisa, não se identificou o real motivo. Entretanto, ressalta-se que esse esforço sinaliza a vontade do setor de seguir com o tema da padronização.

3.2.3 Caderno Técnico SPTrans — Referência para as cidades

No contexto da eletrificação do transporte coletivo urbano, a principal referência nacional identificada foi o caderno técnico desenvolvido pela SPTrans para veículos com tração elétrica.

A SPTrans, por meio do **Manual dos Padrões Técnicos de Veículos com Tração Elétrica** (MT-0.002 — maio de 2024), consolidou um conjunto de especificações técnicas e operacionais voltadas à operação de ônibus elétricos no município de São Paulo.

Fruto da experiência histórica da cidade com operação de trólebus,²⁷ enquanto cidade pioneira na operação de ônibus elétrico nos últimos anos, o documento estabelece parâmetros²⁸ relacionados à segurança operacional, acessibilidade, desempenho energético, infraestrutura de recarga, integração operacional e requisitos técnicos dos veículos, além de orientar aspectos relacionados aos processos licitatórios e à incorporação de tecnologias elétricas nos sistemas de transporte coletivo urbano.

O manual representa uma das iniciativas mais estruturadas atualmente em desenvolvimento no país para especificação de ônibus elétricos, servindo como

²⁷ A primeira linha de trólebus de São Paulo (408A/10 — Machado de Assis/Cardoso de Almeida) foi inaugurada em 1949 e opera até os dias atuais.

²⁸ Os parâmetros utilizados pela SPTrans estão em linha com normas nacionais e internacionais.

referência técnica para operadores, fabricantes e gestores públicos envolvidos em processos de eletrificação de frotas.

Nota-se que, na ausência de uma referência nacional consolidada para a padronização das especificações de ônibus elétricos no Brasil, o caderno técnico é frequentemente adotado por cidades que não dispõem de parâmetros próprios para a elaboração de licitações. Essa prática contribui para suprir limitações locais, especialmente em contextos com restrição de recursos humanos para desenvolver esse tipo de projeto. Contudo, ela também pode levar à reprodução acrítica de padrões estabelecidos em São Paulo, sem a devida adaptação às particularidades de cada realidade local.

3.2.4 Conclusões sobre experiências nacionais

O diagnóstico das experiências nacionais revela, portanto, um paradoxo: há demanda por referências técnicas padronizadas, mas ausência de uma referência nacional consolidada; existem iniciativas locais avançadas (como o manual da SPTrans), mas risco de replicação acrítica; há vontade setorial de racionalização (como a proposta ANTP/FABUS), mas dificuldades de implementação.

Mais que uma lacuna técnica, esse cenário evidencia um desafio de governança. A trajetória brasileira demonstra capacidade histórica de formulação de parâmetros comuns, como no caso do modelo Padron. Contudo, no contexto atual, essa capacidade encontra-se fragmentada entre diferentes âmbitos de governo, atores privados e entidades setoriais, sem a presença de um arranjo institucional capaz de coordenar diretrizes nacionais de forma articulada e adaptável às diversidades regionais.

Ao mesmo tempo, a padronização, embora frequentemente associada a ganhos de eficiência e escala, pode também refletir, e eventualmente reforçar, assimetrias existentes entre cidades, especialmente quando soluções desenvolvidas em contextos de maior capacidade institucional são replicadas de forma acrítica em realidades distintas. Nesse sentido, o uso disseminado do caderno técnico da SPTrans, ainda que responda a lacunas locais, também evidencia o risco de difusão de modelos pouco sensíveis às especificidades operacionais, fiscais e territoriais de outros municípios brasileiros.

A atual transição para a eletromobilidade reabre, assim, a agenda da padronização no setor de transporte coletivo, em um contexto marcado por maior complexidade tecnológica e institucional que aquele observado nos anos de 1970. A diversidade

de soluções tecnológicas, a interdependência com o setor elétrico e a entrada de novos agentes econômicos tornam ainda mais relevante a construção de referências nacionais que garantam as necessidades locais.

Diante desse cenário, os capítulos seguintes aprofundam essa discussão. O Capítulo 4 analisa os desafios, as oportunidades e os riscos associados à padronização de ônibus elétricos no Brasil, com base nas entrevistas realizadas e no diagnóstico setorial. Já o Capítulo 5 apresenta uma sugestão de padronização construída a partir de três alicerces: (i) as lições das experiências internacionais, (ii) o diagnóstico das práticas e lacunas nacionais, e (iii) a sistematização das especificações técnicas ofertadas pelo mercado e demandadas pelos entes públicos. O objetivo não é criar um novo manual normativo, mas oferecer uma referência flexível que respeite a diversidade regional brasileira, mitigue os riscos identificados e aproveite as oportunidades da eletromobilidade, reduzindo soluções isoladas ou incompatíveis.

4. Desafios, oportunidades e riscos da padronização

No contexto da padronização de ônibus elétricos no Brasil, é necessário distinguir três categorias analíticas que orientam este relatório.

Desafios correspondem a obstáculos concretos e já existentes que dificultam a definição ou a adoção de padrões técnicos e operacionais para a frota — como a diversidade climática e de relevo entre as regiões brasileiras, que afeta diretamente especificações de bateria e autonomia, ou a capacidade técnica heterogênea dos gestores municipais para elaborar editais de compra com requisitos padronizados. Desafios exigem superação com ações imediatas e estruturadas.

Oportunidades representam ganhos potenciais que podem ser alcançados se a padronização for bem implementada, como previsibilidade para a indústria nacional planejar sua produção, redução do custo total de propriedade (TCO) pela escala de compra, interoperabilidade entre fabricantes, a aceleração do cumprimento das metas de descarbonização assumidas pelo Brasil no Plano Clima, entre outros. Oportunidades requerem condições facilitadoras para serem concretizadas.

Riscos são eventos futuros e incertos que, caso se materializem, podem comprometer o sucesso da padronização, como, por exemplo, a possibilidade de entes subnacionais não aderirem ao padrão proposto, o avanço tecnológico rápido que torne obsoletas as especificações definidas, ou a concentração de mercado em

poucos fornecedores aptos a atender às exigências. Riscos demandam mitigação antecipada (redução da probabilidade ou do impacto).

A análise seguinte, com base nas entrevistas realizadas com especialistas do setor, organiza-se segundo essas três perspectivas, com atenção especial aos graus de consenso e dissenso entre os diferentes atores — poder público, operadores e a indústria.

4.1 Desafios para a padronização de ônibus elétrico

Diversidade de infraestrutura e conflito topográfico. O Brasil não é um mercado homogêneo. As demandas por ônibus elétricos, frequentemente, refletem especificidades locais que vão desde a topografia e o clima até o desenho da infraestrutura viária e as preferências de cada processo licitatório. A topografia de Belo Horizonte, por exemplo, com suas rampas de inclinação severa, exige um trem de força com torque e gerenciamento térmico muito diferente das planícies de São Paulo ou das avenidas de Curitiba. Essa diversidade soma-se a diferenças na infraestrutura dedicada aos BRTs — como ilustra o caso de Cascavel. A cidade opera um corredor central com "estações abertas", que exigiu uma configuração atípica de três portas à esquerda e duas à direita. Essa singularidade, que poderia ser classificada como uma questão de infraestrutura e diversidade operacional, também é um exemplo claro de customização local excessiva: a posição e a quantidade diferenciada de portas forçam os fabricantes a realocar baterias e componentes, criando um "bloco de montagem estrutural" que eleva custos e dificulta a participação de montadoras nacionais acostumadas a linhas de produção padronizadas.

Capacidade técnica e operacional. Há um hiato persistente na formação de profissionais para lidar com sistemas de alta tensão e *softwares* de gestão de recarga. Relatos de entrevistados evidenciam que incidentes operacionais, como colisões de motoristas em carregadores, refletem a necessidade de uma requalificação massiva, transformando mecânicos em eletrotécnicos e gestores em analistas de dados de telemetria. Apesar de não se apresentar como um desafio inerente ao processo de padronização, é algo que se expressa como um problema nas primeiras experiências de implementação de ônibus elétrico e tende a se acentuar na medida em que mais veículos sejam adquiridos.

Custos e viabilidade financeira de aquisição. O alto CAPEX do ônibus elétrico permanece como a principal barreira. Nesse sentido, a padronização do ônibus

elétrico pode não ser suficiente para dar escala de produção dos veículos no país. Ou seja, a viabilidade financeira de aquisição dos ônibus elétricos é um desafio que se mantém mesmo dentro de um cenário de padronização. Para isso, decisões sobre modelos de negócio e mecanismos de financiamento para o setor com regras claras e atraentes são importantes de serem consideradas.

Regulação e normatização. As normas atuais para ônibus elétricos, incluindo a ABNT NBR 15570, são insuficientes para cobrir a segurança de sistemas elétricos. Especialistas criticam exigências locais "paliativas", como conduítes plásticos em cabos de alta tensão ou extintores específicos, que não resolvem a segurança estrutural contra incêndios químicos em baterias. Além disso, o Brasil carece de regulamentação federal detalhada para infraestrutura de recarga (equivalente ao RIC nº 15 chileno), gerando insegurança jurídica e proliferação de soluções proprietárias.

Indústria nacional e nacionalização. Regras do BNDES/FINAME para células de bateria são vistas como uma potencial barreira para o financiamento. As regras atuais estabelecem que as baterias devem ser montadas no Brasil, com fabricação local a partir de janeiro de 2025 e produção da célula a partir de 2029. Alguns atores da indústria nacional comentam que isso pode ser uma barreira, uma vez que a produção de células de bateria no Brasil ainda é embrionária, e as matrizes internacionais (na Europa ou Ásia) poderiam não ter interesse em transferir tecnologia para sua filial no país no curto prazo. A política de financiamento atual que tenta endereçar o desafio da baixa produção de componentes locais, nos moldes atuais, é vista como algo que pode ser um risco à efetivação da padronização, uma vez que pode restringir o mercado, em especial fornecedores e fabricantes globais. De toda forma, vale ressaltar que não existe consenso sobre o tópico.

Fragmentação federativa e ausência de órgão certificador nacional. No Brasil, a prestação do serviço de transporte público é majoritariamente municipal e estadual, o que naturalmente resulta em múltiplos entes contratantes com diferentes capacidades técnicas e administrativas. Embora essa descentralização seja naturalmente característica do pacto federativo brasileiro, ela torna-se um desafio na ausência de uma referência técnica nacional minimamente orientadora para a eletromobilidade urbana. Diferentemente da Índia, que conta com a ARAI (certificação veicular), ou do Chile, que possui a SEC (regulação elétrica e de recarga), o Brasil não dispõe de uma autoridade técnica nacional que integre as

dimensões de transporte, energia, homologação veicular, segurança e infraestrutura de recarga. Essa lacuna não significa um conflito direto entre esferas de governo, mas, sim, uma falta de coordenação intersetorial que poderia ser preenchida por diretrizes técnicas comuns. Como resultado, os editais acabam refletindo as limitações e as interpretações isoladas de cada ente, gerando inconsistências e aumentando o risco de especificações incompatíveis ou juridicamente frágeis. A criação de uma referência técnica nacional integrada, ainda que não tenha força de norma obrigatória, poderia reduzir essa heterogeneidade e dar segurança jurídica aos processos de padronização e compra agregada.

Dependência do mercado secundário de ônibus. O modelo econômico das operadoras brasileiras está fortemente apoiado na existência de um mercado secundário consolidado para ônibus a diesel, no qual veículos desativados em grandes centros são revendidos para cidades menores ou mercados periféricos. Essa dinâmica influencia diretamente decisões de investimento, pois o valor residual dos veículos é uma componente central da viabilidade financeira. No caso dos ônibus elétricos, a ausência — ou ainda incipiência — de um mercado de segunda mão estruturado gera incertezas quanto ao valor residual da frota, elevando o risco percebido pelos operadores. Além disso, a menor padronização tecnológica entre diferentes fabricantes e a rápida evolução das baterias podem acelerar a obsolescência percebida dos veículos, dificultando sua revenda.

4.2 Oportunidades estratégicas viabilizadas pela padronização

A padronização atua como o catalisador fundamental, convergindo política industrial com política de mobilidade urbana e conferindo eficiência econômica e segurança jurídica ao mercado de eletromobilidade. Ao estabelecer parâmetros mínimos e recomendações técnicas claras, reduz-se a incerteza que hoje inflaciona os custos de aquisição e operação, permitindo que a escala produtiva reduza o preço unitário e torne a tecnologia acessível para cidades de diversos portes.

Nesse contexto, identificam-se nove oportunidades estratégicas geradas pela padronização:

1. **Ganhos de escala, redução de custos e redução do custo total de propriedade (*Total Cost of Ownership* — TCO)** — A uniformidade de especificações permite compras agregadas, reduzindo o preço unitário dos veículos e componentes. Em escala, o TCO também se reduz em razão de maior disponibilidade de

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

- peças de reposição, menor necessidade de treinamentos especializados, facilitação da manutenção preventiva e aumento do valor residual da frota padronizada.
2. **Previsibilidade para a cadeia produtiva** — Fabricantes podem planejar linhas de produção com maior eficiência, diminuindo custos com engenharia customizada.
 3. **Interoperabilidade e mitigação de dependência tecnológica** — Padrões abertos evitam dependência de um único fornecedor e facilitam a expansão da frota com diferentes marcas.
 4. **Segurança jurídica, eficiência administrativa e coordenação entre atores** — Editais e contratos com base em referências nacionais reduzem riscos de judicialização e agilizam licitações. Além disso, a padronização reduz a fragmentação institucional ao criar uma linguagem técnica e regulatória comum, alinhando governos federal, estadual e municipal, agências reguladoras, operadores e fabricantes, evitando sobreposições e conflitos de competência.
 5. **Fortalecimento da indústria nacional** — Requisitos claros de desempenho estimulam a inovação local e podem incluir metas progressivas de conteúdo nacional.
 6. **Aceleração das metas climáticas** — A padronização viabiliza a eletrificação em maior escala, contribuindo, diretamente, para a descarbonização do transporte público e, consequentemente, para o cumprimento das metas do Plano Clima.²⁹
 7. **Gestão unificada de dados** — A exigência de APIs abertas e protocolos padronizados permite que o poder público monitore, em um único sistema, a telemetria e o consumo de frotas de diferentes marcas.
 8. **Criação de mercado secundário para ônibus usados** — A padronização aumenta a liquidez do mercado de ônibus elétricos usados, pois veículos com especificações uniformes têm maior aceitação entre diferentes compradores e regiões, reduzindo o risco de obsolescência precoce e facilitando a revenda ou o reaproveitamento da frota.

²⁹ O Plano Clima é o principal instrumento de planejamento para o enfrentamento da crise climática no país. O documento traça um roteiro para implementação da Contribuição Nacional Determinada (NDC), pelo qual o Brasil se compromete a reduzir entre 59% e 67% de suas emissões líquidas.

9. **Viabilização de novos modelos de negócio** — O modelo tradicional do diesel, com base na tarifa como única fonte de remuneração e na propriedade da frota pelo operador, não sustenta os altos custos de CAPEX da eletrificação. A padronização pode ser uma oportunidade para a proposição de novos modelos de negócio para o setor.

A seguir, analisa-se como essas oportunidades são percebidas, com seus consensos e dissensos, por cada grupo de atores estratégicos.

Para os **gestores públicos**, a padronização é vista de forma predominantemente positiva, especialmente à luz das oportunidades 4 (segurança jurídica e coordenação entre atores) e 7 (gestão unificada de dados). A existência de referências nacionais reduz a complexidade na elaboração de termos de referência e editais, protegendo o ente público de propostas de fornecedores sem qualificação comprovada e evitando contestações judiciais. A coordenação entre atores, por sua vez, reduz a fragmentação institucional que hoje atrasa projetos — União, estados e municípios passam a operar com a mesma linguagem técnica. A gestão unificada de dados, com APIs abertas, permite ao poder público monitorar a telemetria e o consumo de frotas de diferentes marcas em um único sistema.

Estrategicamente, a oportunidade 1 (ganhos de escala e redução do TCO) oferece previsibilidade orçamentária, em especial se atrelada a compras agregadas, nivelando a capacidade técnica de municípios menores. A oportunidade 8 (mercado secundário) interessa aos gestores preocupados com o valor residual da frota pública e com a possibilidade de renovação sem perdas significativas. A oportunidade 9 (novos modelos de negócio) atrai gestores que buscam alternativas ao modelo tradicional de compra e operação, permitindo desenhar concessões e parcerias mais adaptadas à realidade da eletrificação.

Entretanto, existe um dissenso operacional importante: gestores de cidades com infraestruturas de BRT já consolidadas alertam que um padrão nacional rígido — associado às oportunidades 1 e 2 — pode ser negativo se forçar reformas caras no curto prazo em plataformas e terminais existentes. No longo prazo, essa adaptação é vista como difícil, porém viável.

A **percepção dos operadores** é mista: positiva quanto à eficiência operacional e à manutenção, mas ocasionalmente negativa ou resistente quanto ao modelo de negócio.

Do lado positivo, a oportunidade 1 (ganhos de escala e redução do TCO) reduz custos de aquisição e operação (manutenção, peças, treinamento), aumentando a rentabilidade no longo prazo, apesar de, no curto prazo, ônibus elétricos mostrarem-se, desproporcionalmente, mais caros que os ônibus a diesel. A uniformidade de componentes, derivada da oportunidade 2 (previsibilidade para a cadeia produtiva), permite redução de estoques e agiliza o treinamento das equipes técnicas, aumentando a disponibilidade da frota. A oportunidade 3 (interoperabilidade e mitigação de dependência tecnológica) — com conectores universais e protocolos abertos — é vista como fundamental para evitar o aprisionamento tecnológico, garantindo que o operador não dependa de soluções proprietárias.

A oportunidade 8 (mercado secundário) é bem recebida pelos operadores que planejam renovação periódica da frota, considerando um modelo de negócio em que os ônibus pertençam ao operador, pois a padronização garante maior liquidez e valor de revenda, reduzindo o risco do investimento.

Já a oportunidade 9 (novos modelos de negócio) divide os operadores: alguns enxergam possibilidade de reduzir o CAPEX inicial com sua transferência ao poder público e diversificar as fontes de receita, enquanto outros temem perder controle sobre ativos estratégicos ou enfrentar incertezas contratuais.

O grande dissenso reside na propriedade dos ativos. No modelo de negócio tradicional do transporte público por ônibus a diesel no Brasil, o operador privado adquire os veículos com os recursos próprios (ou financiamento) e remunera-os ao longo do contrato por meio da tarifa, além de contar com o valor residual da frota ao fim da concessão. Nesse arranjo, a propriedade da frota e a possibilidade de revenda são fontes essenciais de retorno sobre o capital investido.

Contudo, se a padronização estiver atrelada a modelos de compra pública em que o governo é o proprietário dos ônibus elétricos — por exemplo, no âmbito de uma política de compra agregada —, a percepção dos operadores torna-se fortemente negativa. Isso porque essa estrutura retira do empresário a remuneração sobre o capital investido (que deixaria de ser amortizado pela tarifa) e o controle sobre a manutenção e a revenda dos veículos. Apesar de existirem modelos alternativos que mitigam esses problemas, como a remuneração da operação por serviço prestado (pagamento por quilômetro rodado), o ponto central da resistência dos operadores é o enraizamento do setor no modelo tradicional que sustentou o transporte por ônibus a diesel. A incerteza decorrente de novos arranjos

contratuais, ainda que potencialmente vantajosos, gera dúvidas e alimenta a preferência pela estrutura conhecida, na qual a propriedade dos ativos e o valor residual da frota sempre foram fontes centrais de retorno financeiro.

Por fim, cabe relatar que operadores de regiões com topografias severas temem que uma padronização nacional ignore necessidades locais de torque e rampa, prejudicando o desempenho diário — o que sinaliza que as oportunidades 1 e 2 precisam de flexibilidade geográfica.

Para a indústria, a padronização é vista, majoritariamente, como positiva para a escala industrial e redução de custos (oportunidades 1 e 2), mas negativa se atingir alguns detalhes de engenharia e de estratégia tecnológica. A uniformidade em conceitos básicos permite a criação de linhas de produção previsíveis, reduzindo gastos com engenharia customizada para cada cidade e facilitando a negociação com fornecedores de componentes. Isso torna o produto nacional mais competitivo, alinhando-se à oportunidade 5 (fortalecimento da indústria nacional).

A oportunidade 8 (mercado secundário) interessa aos fabricantes que desejam estimular a renovação da frota (abrindo espaço para novas vendas), mas exige que a empresa ofereça suporte de longo prazo para veículos usados, o que pode ser visto como custo adicional. A oportunidade 4 (coordenação entre atores) é bem recebida por reduzir a multiplicidade de regulações estaduais e municipais. Quanto à oportunidade 9 (novos modelos de negócio), há interesse de alguns fabricantes em participar de arranjos que desonerem o operador do CAPEX inicial, mas também há receio referente a riscos financeiros não conhecidos.

Contudo, há um dissenso crítico sobre o que deve ser padronizado: os fabricantes são quase unânimes em afirmar que as normas devem focar em desempenho e resultados operacionais e nunca em tecnologias específicas que mudam rapidamente. Existe uma forte oposição à padronização da química das baterias ou da configuração da motorização (central *versus* no cubo da roda), pois isso cercearia a inovação e a liberdade de engenharia de cada marca, podendo gerar obsolescência precoce da frota padronizada — um efeito colateral indesejado das oportunidades 1 e 2, se aplicadas com rigidez excessiva. A oportunidade 6 (aceleração das metas climáticas) é vista como consequência positiva, mas condicionada à manutenção da flexibilidade tecnológica.



4.3 Análise de consenso e dissenso setorial

A análise das percepções e posicionamento dos atores do setor foi estruturada a partir da classificação dos agentes entre Poder Público, Operadores e Indústria (fabricantes e fornecedores de ônibus elétrico e infraestrutura de recarga). As posições qualitativas estão organizadas nos tópicos abaixo e detalhadas logo a seguir.

Tabela 5 — Análise de consenso entre os atores do setor

	Grau de consenso		
	Baixo	Médio	Alto
Necessidade de padronização			
Tipo de padronização			
Tipo de conector de recarga			
Protocolos de dados e conectividade			
Acessibilidade			
Ar-condicionado mandatório			
Dimensões e posição de portas			
Configuração de motorização			

Fonte: Elaboração própria

Necessidade de padronização. Existe um alto grau de concordância em relação a esse tópico. Os atores, em sua grande maioria, destacaram que a padronização não é somente desejável, como também é necessária. Fazem-se exceções para vozes minoritárias da indústria, que apresentaram dúvidas se este é o momento ideal para pensar em qualquer tipo de padronização, uma vez que o mercado está em franco desenvolvimento e as tecnologias estão se transformando rapidamente.

Tipo de padronização. Existe um alto grau de concordância em relação a esse tópico. Para a maioria dos atores entrevistados, a padronização deve ser “funcional”, ou seja, deve focar menos naquilo “o que” o veículo entrega e mais em “como” entrega. Por exemplo, faz mais sentido focar em desempenho e resultado

que em detalhes de engenharia. Todos os atores que defenderam algum tipo de padronização indicaram esse modelo como desejável.

Tipo de conector de recarga. Existe um consenso de que o padrão de plugue deve ser o CCS2. Na prática, qualquer ônibus de qualquer marca poderá carregar em qualquer carregador, garantindo a interoperabilidade e evitando a dependência de um único fornecedor.

Protocolos de dados e conectividade. É consenso que a transmissão de dados deve seguir protocolos abertos (como o OCPP 1.6 ou superior) e APIs padronizadas. Isso permite que os órgãos gestores monitorem a telemetria, o consumo e a localização da frota de forma unificada, independentemente da marca.

Acessibilidade. Há uma concordância majoritária de que a frota deve ser, preferencialmente, de piso baixo ou entrada baixa. Isso significa eliminar degraus e o uso de elevadores hidráulicos, que são vistos como itens de alta manutenção e que prejudicam a velocidade de embarque. Vale ressaltar que, na prática, este ponto é visto como uma preferência, mas se reconhece a dificuldade de implantar uma padronização desse tipo em razão da infraestrutura diversa já existente nos diferentes municípios.

Ar-condicionado mandatório. Visto como item essencial não apenas pelo conforto do passageiro, mas por auxiliar no arrefecimento das baterias em climas tropicais, o que aumenta sua vida útil. Os poucos entrevistados que tocaram nesse ponto manifestaram que o requisito deveria ser obrigatório.

Dimensões e posição de portas. Há um dissenso sobre o papel das dimensões e posições de portas na padronização dos ônibus. Visto pela maioria dos entrevistados como um problema pela falta de padrão, isso aparece como um ponto de conflito dos gestores municipais. Cidades com BRTs consolidados, por exemplo, possuem plataformas de alturas e alinhamentos de portas incompatíveis entre si. Por esse motivo, gestores de cidades com infraestrutura legada temem que um padrão nacional exija reformas custosas em terminais e estações, gerando um dissenso sobre a necessidade de padronização.

Configuração de motorização. Existe um dissenso explícito sobre o tema. Alguns editais tentam especificar motor no cubo da roda ou na posição central. Atores da indústria posicionam-se, de forma explícita, defendendo a liberdade de projeto contra especificações municipais rígidas nesse quesito.

4.4. Matriz crítica de riscos

A gestão de riscos para a padronização de especificações de ônibus elétricos e a infraestrutura de recarga são determinantes para o sucesso da iniciativa, dado que os ativos possuem ciclos de vida entre 10 e 15 anos. Decisões equivocadas no estágio atual podem gerar passivos operacionais irreversíveis. Os riscos a seguir estão ordenados do mais diretamente relacionado à padronização (especificações técnicas e interoperabilidade) aos de natureza mais sistêmica. Para cada risco, são apresentadas medidas de mitigação em tabela subsequente.

Risco de falta de interoperabilidade. A incompatibilidade entre carregadores instalados e diferentes marcas de ônibus elétricos da mesma frota pode ocorrer pelo uso de protocolos proprietários ou versões defasadas do OCPP, resultando em uma dependência tecnológica de um único fornecedor, o que impede a diversificação da frota e eleva os preços.

Risco de obsolescência tecnológica. A aquisição de baterias que se tornem ineficientes ou de manutenção impossível antes do fim da concessão (15 anos) pode ocorrer pela evolução acelerada da química das células (LFP, NMC, estado sólido) e à descontinuidade de fornecedores, levando a veículos parados por falta de peças ou baterias com autonomia degradada.

Risco de concentração de mercado. Uma padronização excessivamente rígida pode favorecer apenas os poucos atores que já possuem a especificação definida pelo padrão, elevando artificialmente os preços, especialmente quando os padrões se fundamentam em *design* de chassi em vez de *performance* funcional.

Risco de baixa adesão dos operadores. A resistência dos concessionários em aceitar frotas públicas ou modelos de compra agregada que retirem o ativo de seu balanço decorre do fato de que a remuneração dos contratos vigentes se fundamenta na amortização do capital investido, podendo resultar em boicotes operacionais e judicialização.

Risco financeiro (TCO subestimado). Os custos operacionais reais podem exceder as projeções iniciais, especialmente no consumo energético e na manutenção de baterias. A diferença pode estar no que é estimado pelo fabricante e aquilo que de fato se apresenta na prática em cada localidade.

Risco de incompatibilidade operacional (BRTs e rampas). Um ônibus “padronizado” pode não acoplar corretamente em estações de BRT legadas ou não conseguir subir rampas íngremes de determinadas cidades — o caso de Cascavel, com sua

configuração atípica de três portas à esquerda e duas à direita, ilustra como singularidades locais podem tornar um padrão genérico inaplicável.

Risco regulatório e político. A descontinuidade de políticas de subsídio à eletromobilidade em decorrência de mudanças de gestão municipal, especialmente quando a eletrificação é tratada como “vitrine de governo” em vez de política de Estado, pode levar a inadimplência com fornecedores de energia e sucateamento da infraestrutura de recarga.

Risco de capacidade da rede elétrica. A incapacidade de recarregar a frota, simultaneamente, pode ocorrer em razão do subdimensionamento da rede de distribuição local, geralmente causado pela falta de diálogo prévio com as concessionárias de energia, resultando em apagões locais ou em impossibilidade de a frota completar a carga para a operação matinal.

Risco social e de mão de obra. Acidentes de trabalho graves e danos permanentes aos veículos podem ocorrer pela falta de qualificação específica de mecânicos e motoristas em sistemas de alta tensão, causando paralisação de garagens por interdições de segurança e aumento do custo de seguro operacional.

Tabela 6 — Matriz de riscos e medidas de mitigação

Risco	Probabilidade	Impacto	Medidas de mitigação
Risco de falta de interoperabilidade	Baixa (se houver padronização)	Alto	Obrigatoriedade do protocolo OCPP 1.6 (ou superior) e conector padrão CCS2 em todos os editais públicos de infraestrutura e veículos. Exigir certificação de conformidade com IEC 62196-3 e ISO 15118.
Risco de obsolescência tecnológica	Média	Alto	Estabelecer padrões de <i>performance</i> funcional (autonomia mínima garantida) em editais, transferindo o risco do ciclo de vida para o fabricante via contratos de manutenção de longo prazo (ex.: garantia mínima de 10 anos ou 800.000 km, como no Chile). Revisar as diretrizes com periodicidade definida.
Risco de concentração de mercado	Média	Médio	Elaborar recomendações com base em requisitos de <i>performance</i> (capacidade de carga, autonomia, torque em rampa) e evitar, sempre que possível, a padronização de configurações físicas proprietárias. Incluir prazos de transição para adequação da indústria nacional.
Risco de baixa adesão dos operadores	Média	Alto	Flexibilizar os requisitos de padronização dos ônibus elétricos e infraestrutura de recarga, de modo a considerar especificidades locais.
Risco financeiro (TCO subestimado)	Média	Alto	Exigir <i>softwares</i> de telemetria integrados para gestão dinâmica da recarga e monitoramento da eficiência



			(kWh/km) em tempo real, permitindo ajustes operacionais contínuos. Além disso, desenvolver metodologia de aferição de consumo real em operação.
Risco de incompatibilidade operacional (BRTs e rampas)	Média	Alto	Adotar uma padronização modular que permita ajustes regionais controlados, especialmente em torque e posição de portas, sem perder os benefícios de escala.
Risco regulatório e político	Alta	Alto	Institucionalizar a transição energética em Leis de Mobilidade Urbana e Planos Diretores, vinculando os subsídios a fundos garantidores independentes do tesouro municipal direto.
Risco de capacidade da rede elétrica	Média	Alto	Tornar mandatório o envolvimento formal das concessionárias de energia desde o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) do projeto de garagem até a homologação da infraestrutura instalada.
Risco social e de mão de obra	Alta	Médio	Implementar programas nacionais de certificação para profissionais da eletromobilidade, coordenados pelo Sistema S ou Institutos Federais, focados em segurança elétrica e manutenção de veículos elétricos pesados.

Fonte: Elaboração própria

5. Sugestão de padronização

Para embasar a proposta de padronização deste estudo, foram realizadas a sistematização e a análise comparativa das especificações técnicas adotadas por fabricantes, fornecedores e entes públicos, com base em duas frentes complementares:

- I. consolidação das principais especificações técnicas dos modelos de ônibus elétricos e das soluções de infraestrutura de recarga disponíveis no mercado brasileiro, a partir de dados fornecidos por fabricantes e fornecedores;
- II. levantamento e sistematização das especificações técnicas exigidas por governos municipais e estaduais em editais recentes de aquisição ou locação de ônibus elétricos.

A partir dessas informações, foram elaboradas tabelas comparativas que permitiram:

- identificar convergências e divergências entre as especificações ofertadas pelo mercado e aquelas demandadas pelo poder público;

- analisar o grau de padronização (ou heterogeneidade) existente nas especificações técnicas;
- identificar parâmetros recorrentes e possíveis referências para padronização;
- mapear lacunas, inconsistências ou exigências que possam limitar a concorrência ou a interoperabilidade;
- avaliar o alinhamento entre características dos veículos e da infraestrutura de recarga.

Com base nessa análise, foram estruturadas propostas preliminares de parâmetros técnicos mandatórios e recomendados para veículos e infraestrutura de recarga. Essas propostas foram posteriormente submetidas à apreciação de representantes do mercado, incluindo fabricantes, fornecedores, operadores e demais atores consultados ao longo da pesquisa.

Os retornos foram obtidos tanto durante as entrevistas realizadas no âmbito do estudo quanto por meio de contribuições complementares recebidas por *e-mail* após o compartilhamento das tabelas sistematizadas e das propostas preliminares de padronização. Esse processo permitiu incorporar percepções técnicas, críticas e sugestões dos diferentes segmentos envolvidos no ecossistema da eletromobidade.

Vale ressaltar que, embora algum nível de padronização tenha sido indicado como desejável pela ampla maioria dos atores consultados, não há consenso sobre o grau e o escopo dessa padronização. Nesse contexto, as sugestões apresentadas neste relatório foram elaboradas considerando a mitigação de potenciais riscos associados à adoção de parâmetros padronizados.

Conforme analisado no Capítulo 4 deste relatório, os riscos, as vantagens e os desafios da padronização foram considerados na elaboração das propostas a seguir.

Antes, porém, de apresentar as tabelas de especificações técnicas, é necessário explicitar as **diretrizes gerais** que orientaram a construção dessas propostas. Essas diretrizes, detalhadas na Seção 5.1, respondem a uma pergunta central do estudo: **o que padronizar, com que nível de rigidez e com que objetivos?** Elas também refletem o consenso emergente das entrevistas realizadas: a padronização é desejável, mas não pode engessar a inovação nem excluir fornecedores.

5.1 Diretrizes de padronização

A padronização dos ônibus elétricos no Brasil deve focar primordialmente em desempenho, resultados e *performance* operacional, atuando como uma recomendação de referência em vez de uma obrigação rígida sobre tecnologias físicas que evoluem rapidamente. É essencial que o padrão priorize a interoperabilidade e a conectividade, estabelecendo, por exemplo, o uso de conectores como o padrão CCS2 para garantir que qualquer ônibus possa carregar em diferentes infraestruturas que tenham o mesmo padrão de comunicação, além de exigir a transmissão de dados com protocolo OCPP e integrar esses dados aos *softwares* de gestão das empresas operadoras e dos órgãos gestores via APIs abertas para monitoramento de telemetria em tempo real.

Para garantir a competitividade e evitar o direcionamento de licitações para fornecedores específicos, em alguns casos, especialmente no curto prazo, as diretrizes devem adotar intervalos de tolerância (mínimos e máximos) em vez de valores fixos e restritivos. Ao estabelecer, por exemplo, um tempo máximo de carregamento, assegura-se a eficiência operacional necessária para as cidades, ao mesmo tempo em que se permite que a indústria nacional e internacional compita de forma justa, prevenindo o engessamento tecnológico e a exclusão de tecnologias emergentes ou locais.

Portanto, especialistas sugerem que a padronização não deve ser uma obrigação rígida, mas, sim, uma recomendação de referência que oriente entes subnacionais e operadores.

Para conferir objetividade à proposta de padronização, adotam-se três patamares hierarquizados de referência, os quais estruturam as tabelas e as recomendações apresentadas nas seções subsequentes.

O primeiro patamar é o **mínimo necessário**, constituído pelas normas vigentes (especialmente a ABNT NBR 15570:2021 e as regulamentações de segurança elétrica e veicular),³⁰ cujo descumprimento inviabiliza a operação legal e segura do veículo. A norma ABNT estabelece margens para diversos parâmetros — ou seja, intervalos de valores mínimos e máximos. Neste relatório, quando se optou por fixar um valor

³⁰ A ABNT 15570:2021 é a principal referência para elaboração das recomendações. Entretanto, são consideradas todas as normas especificadas em anexo.



específico (em vez de preservar a margem), a escolha fundamentou-se, prioritariamente, no que é mais amplamente ofertado pelo mercado.

O segundo patamar é o **recomendável**, embasado no Manual Técnico da SPTrans (MT-0.002), que consolida boas práticas operacionais e requisitos de desempenho já testados em uma das maiores frotas urbanas do país. O Manual Técnico da SPTrans, por sua vez, incorpora e respeita as diretrizes da ABNT e as normas vigentes, complementando-as com especificações de desempenho e operação ajustadas à realidade de grandes sistemas urbanos.

O terceiro patamar corresponde à **referência de mercado**, que demarca os limites efetivos de oferta do mercado em termos de autonomia, eficiência, tempos de recarga, configurações de baterias e sistemas embarcados disponíveis, ou seja, representa os limites máximos e mínimos de especificações que são ofertadas pelo mercado brasileiro. Esse patamar também considera as diretrizes da ABNT, mas difere do manual da SPTrans por acrescentar parâmetros que não estão detalhados naquele documento. Por isso, adota-se aqui uma abordagem de limites (valores mínimos e máximos), preservando a flexibilidade necessária para acomodar a diversidade técnica e operacional que o manual da SPTrans não detalha.

Figura 1 — Esquema lógico de metodologia para padronização



Fonte: Elaboração própria.

Essas três camadas, o obrigatório normativo, o recomendável técnico e o factível de mercado, servirão como referência para as tabelas e as discussões detalhadas nas próximas seções.

As seções seguintes aplicam esses conceitos aos principais componentes do ecossistema de eletromobilidade. A ordem de apresentação segue a lógica de especificação usual em processos de aquisição: primeiro o veículo (tipologia, chassis, carroceria, *performance*, autonomia, sistemas embarcados e conector de recarga), depois a infraestrutura de recarga (carregadores, sistemas de proteção e *software* de gestão). Em cada subseção, as tabelas são precedidas de uma breve justificativa sobre os pontos críticos para padronização naquele componente.

5.2 Ônibus elétrico

As sugestões de padronização apresentadas neste relatório priorizam os modelos Básico e Padron, incluindo a variação Padron 15 metros, por representarem a maior parcela dos ônibus urbanos em operação no Brasil.³¹ A classificação tipológica desses veículos segue os parâmetros estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da norma ABNT NBR 15570:2021, que contempla as categorias micro-ônibus, miniônibus, midiônibus, básico, padron, articulado e biarticulado, conforme ilustrado na Figura 2.

³¹ ITDP (2025).



Figura 2 — Tipologia dos ônibus no Brasil

Tipo 1	Micro-ônibus	
Tipo 1	Mini	
Tipo 1	Midi	
Tipo 1	Básico	
Tipo 2	Padron	
Tipo 2	Articulado	
Tipo 2	Biarticulado	

Fonte: Transporte Moderno, 2017.

A proposta de padronização busca estabelecer um conjunto mínimo de parâmetros e informações técnicas que permita ampliar a comparabilidade entre veículos e tecnologias disponíveis no mercado, apoiar processos de planejamento e contratação, promover maior eficiência operacional e favorecer condições de interoperabilidade entre soluções de eletromobidade.

Nesse sentido, recomenda-se a adoção de uma padronização básica que contemple os seguintes aspectos:

- Dimensões e classificação dos veículos.
- Capacidade de transporte de passageiros.
- Indicadores de *performance* operacional.
- Autonomia em operação.



- Tempo de recarga das baterias.
- Interoperabilidade dos sistemas de recarga.
- Condições de garantia oferecidas pelos fabricantes.
- Vida útil estimada dos componentes, especialmente das baterias.
- Diretrizes para manutenção preventiva e corretiva, com atenção especial ao período pós-garantia.
- Equipamentos mínimos embarcados.
- Dados mínimos a serem transmitidos.

5.2.1 Veículos

A padronização do veículo e dos sistemas de proteção e segurança visa garantir confiabilidade operacional, segurança dos passageiros e adequação às condições de operação urbana. Em geral, os requisitos são comuns às três tipologias, com variações restritas principalmente às dimensões do veículo e à quantidade e posição das portas.

Dessa forma, recomenda-se a seguinte padronização mínima para os veículos.

Tabela 7 — Requisitos dimensionais e operacionais dos veículos

Categoria	Item	Especificação	Exigência
Configuração	Tipo	Piso alto/entrada baixa ou piso baixo	Norma ABNT 15570
Dimensões	Comprimento máximo	Básico: ≤ 12.800 mm Padron: ≤ 13.500 mm Padron 15 m: ≤ 15.000 mm	Norma ABNT 15570
Dimensões	Largura máxima	≤ 2.600 mm	Norma ABNT 15570
Operação	Disponibilidade operacional	≥ 95%	Manual SPTrans
Ruído	Ruído externo com veículo parado	≤ 75 dB	Manual SPTrans



Categoria	Item	Especificação	Exigência
Ruído	Ruído externo em movimento	≤ 80 dB	Manual SPTrans

Fonte: Elaboração própria

Para além das características construtivas e dimensionais do veículo, faz-se necessária a padronização de sistemas de proteção e segurança, abrangendo prevenção e resposta a incêndios, proteções elétricas e térmicas, além de dispositivos de emergência e evacuação. Esses requisitos são essenciais para mitigar riscos operacionais inerentes à eletromobilidade, especialmente em frotas de grande porte.

A Tabela 8 consolida as exigências para os sistemas de proteção e segurança.

Tabela 8 — Requisitos de proteção e segurança

Categoria	Item	Exigência
Incêndio	Sistema de extinção de incêndio	Manual SPTrans
Segurança elétrica	Deteção de fuga de corrente	Manual SPTrans
Segurança elétrica	Deteção de falha de aterramento	Manual SPTrans
Segurança elétrica	Deteção de falha de isolamento	Manual SPTrans
Segurança elétrica	Deteção de curto-circuito	Manual SPTrans
Segurança elétrica	Deteção de sobretensão e subtensão	Manual SPTrans
Segurança elétrica	Deteção de sobrecorrente	Manual SPTrans
Segurança elétrica	Deteção de surtos elétricos	Manual SPTrans
Segurança térmica	Deteção de sobretemperatura	Manual SPTrans
Emergência	Botão de emergência	Manual SPTrans
Segurança pessoal	Botão de pânico	Manual SPTrans

Categoria	Item	Exigência
Evacuação	Janelas de emergência do lado esquerdo	3 unidades (Norma ABNT 15570)
Evacuação	Janelas de emergência do lado direito	2 unidades (Norma ABNT 15570)
Evacuação	Escotilhas de teto	2 unidades Norma ABNT 15570

Fonte: Elaboração própria

5.2.2 Chassis

Os chassis dos ônibus elétricos devem atender a requisitos estruturais e funcionais que assegurem durabilidade, acessibilidade e estabilidade operacional. A padronização busca garantir compatibilidade com diferentes carrocerias, adequação à infraestrutura viária urbana e condições adequadas de conforto e segurança para motoristas e passageiros, especialmente por meio de sistemas de suspensão pneumática, ajoelamento e frenagem integrada.

Além dos componentes estruturais tradicionais, destacam-se os sistemas de motorização elétrica e armazenamento de energia, cuja padronização é essencial para assegurar desempenho, segurança e interoperabilidade.

A Tabela 9 consolida os requisitos fundamentais para os chassis, comuns às três configurações ou com variações pontuais, conforme a tipologia do veículo.

Tabela 9 — Requisitos básicos dos chassis

Item	Especificação	Exigência
Configuração do veículo	Básico e Padron: 2 eixos Padron 15 m: 3 eixos com 3º eixo direcional	Norma ABNT 15570
Altura do piso — Piso Alto (PA)	950 mm	Norma ABNT 15570
Altura do piso — Entrada Baixa/Piso Baixo (PB/EB)	370 mm	Norma ABNT 15570
Tipo de suspensão	Pneumática integral com altura ajustável	Manual SPTrans



Item	Especificação	Exigência
Sistema de ajoelamento	Vertical, horizontal e total	Manual SPTrans
Acessibilidade — portas lado direito	Rampa manual (PB/EB) ou elevador em uma das portas (PA)	Norma ABNT 15570
Acessibilidade — portas lado esquerdo	Rampa manual (PB/EB) e PA com acesso por plataforma na altura do piso do ônibus	Norma ABNT 15570
Tecnologia de frenagem	Elétrica e pneumática	Manual SPTrans
Tipo de direção	Hidráulica ou elétrica, com coluna ajustável	Manual SPTrans
Rodas	Alumínio 8,25" x 22,5"	Manual SPTrans
Pneus	295/80 R22,5 radiais sem câmara	Manual SPTrans

Fonte: Elaboração própria

Os motores de tração constituem o coração do sistema de propulsão elétrica e são responsáveis por converter a energia elétrica armazenada em movimento. Sua padronização deve priorizar robustez, eficiência e adequação às exigências de desempenho operacional em meio urbano. A Tabela 10 apresenta os requisitos mínimos recomendados.

Tabela 10 — Requisitos dos motores de tração

Item	Especificação	Exigência
Grau de isolamento IP ³²	≥ IP 67	Manual SPTrans
Faixa de temperatura de trabalho	-40°C a 50°C	Manual SPTrans

³² IP (*Ingress Protection*): índice de proteção contra ingresso de partículas sólidas e líquidos, conforme IEC 60529.



Fonte: Elaboração própria

Já as baterias de tração são o componente de maior impacto no custo, na autonomia e na estratégia de recarga dos ônibus elétricos. A padronização deve assegurar não apenas desempenho energético, mas também segurança, durabilidade e compatibilidade com a infraestrutura de recarga adotada. Recomenda-se que os processos de aquisição priorizem a autonomia operacional efetivamente comprovada em condições reais,³³ evitando restrições desnecessárias à composição química ou ao tamanho do banco de baterias.

A Tabela 11 consolida os requisitos mínimos para as baterias de tração.

Tabela 11 — Requisitos das baterias de tração

Item	Especificação	Exigência
Tempo máximo de recarga	≤ 3 horas	Manual SPTrans
Grau de isolamento IP	≥ IP 67	Manual SPTrans
Autonomia operacional mínima com A/C (menor banco de baterias)	Básico e Padron: 176 km Padron 15 m: 240 km	Referência de mercado
Autonomia operacional mínima com A/C (maior banco de baterias)	225 km	Referência de mercado
Autonomia operacional mínima sem A/C (menor banco de baterias)	227 km	Referência de mercado
Autonomia operacional mínima sem A/C (maior banco de baterias)	270 km	Referência de mercado

³³ Vale ressaltar que a SPTrans estabelece uma autonomia mínima de 250 quilômetros para veículos com ar-condicionado para o modelo Padron. Contudo, a variação entre os modelos ofertados pelos fabricantes faz com que a sugestão seja da menor autonomia oferecida pelos fabricantes em seus diversos modelos, com e sem ar-condicionado.



Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

Faixa de temperatura de trabalho	-10°C a 65°C	Referência de mercado
----------------------------------	--------------	-----------------------

Fonte: Elaboração própria

5.2.3 Carroceria

A padronização da carroceria e das condições internas dos ônibus elétricos deve assegurar segurança, acessibilidade, conforto térmico, eficiência operacional e adequada experiência ao usuário e ao motorista. Os requisitos são, majoritariamente, comuns entre as tipologias aqui apresentadas, com variações apenas em parâmetros dimensionais e de capacidade.

Tabela 12 — Requisitos de ambiente interno, janelas, monitoramento, sinalização e portas

Categoria	Item	Requisito	Exigência
Ambiente interno	Altura no salão de passageiros no corredor de circulação	≥ 2000 mm	Norma ABNT 15570
Ambiente interno	Ar-condicionado	-	Manual SPTrans
Janelas e vidros	Janelas laterais do salão	Vidro fixo com guarnição de borracha ou colados	Referência de mercado
Janelas e vidros	Vidros do motorista e porta dianteira	Verde ou incolor	Referência de mercado
Janelas e vidros	Vidros traseiros e laterais do salão	Fumê	Referência de mercado
Monitoramento	Câmera frontal	-	Manual SPTrans
Monitoramento	Câmera de ré	-	Manual SPTrans
Monitoramento	Câmeras no salão	-	Referência de mercado
Monitoramento	Câmeras na área do motorista	-	Referência de mercado



Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

Categoria	Item	Requisito	Exigência
Monitoramento	Câmeras nas portas	-	Referência de mercado
Sinalização eletrônica	Letreiro externo frontal	-	Norma ABNT 15570
Sinalização eletrônica	Letreiro externo lateral	Junto à porta de embarque	Manual SPTrans
Sinalização eletrônica	Letreiro externo traseiro	-	Manual SPTrans
Informação ao passageiro	Letreiro interno	Básico: 1 Padron: 2 Padron 15 m: ≥ 2	Manual SPTrans
Portas	Quantidade de portas lado direito	3	Manual SPTrans
Portas	Quantidade de portas lado esquerdo	Básico e Padron: 2 (opcional, plataforma piso alto); Padron 15 m: 3 (plataforma piso alto)	Manual SPTrans

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 13 consolida os requisitos relacionados às condições para motorista e passageiros, incluindo acessibilidade, conforto, operação e capacidade total do veículo.

Tabela 13 — Requisitos de motorista, passageiros e capacidade

Categoria	Item	Requisito	Exigência
Capacidade	Passageiros em pé	6 pass/m ²	Norma ABNT 15570
Capacidade	Capacidade total de passageiros (varia conforme configuração)	Básico: ≥ 70 Padron: ≥ 80 Padron 15 m: ≥ 93	Norma ABNT 15570



Categoria	Item	Requisito	Exigência
Acessibilidade	Espaço para cadeira de rodas	Pelo menos um <i>box</i> para cadeira de rodas	Norma ABNT 15570
Capacidade operacional	Assento do motorista	Anatômico, com amortecimento hidráulico ou pneumático, encosto de cabeça e cinto de segurança	Norma ABNT 15570
Conforto	Assentos dos passageiros	Urbanos de encosto alto, totalmente estofados, sem arestas ou bordas vivas	Norma ABNT 15570
Acessibilidade	Assentos preferenciais	-	Norma ABNT 15570
Operação	Área do motorista	-	Norma ABNT 15570
Operação	Aviso de parada por botões	-	Manual SPTrans

Fonte: Elaboração própria

5.2.4 Performance

Com o objetivo de assegurar desempenho operacional adequado, segurança viária, eficiência energética e conforto aos passageiros, recomenda-se a adoção de parâmetros padronizados de *performance* para ônibus elétricos. As recomendações seguintes servem para as categorias Básico, Padron e Padron 15 m e são, em sua totalidade, referências do Manual Técnico da SPTrans.

A definição de requisitos mínimos de aceleração, velocidade e capacidade de operação em aclives busca garantir que os veículos mantenham desempenho compatível com as condições reais de circulação urbana, incluindo corredores com elevada demanda operacional e variações topográficas significativas. Esses parâmetros também contribuem para maior regularidade operacional, redução de tempos de viagem e melhoria da experiência dos usuários.

No aspecto de dirigibilidade e conforto, a limitação das taxas de aceleração e desaceleração, bem como da variação brusca dessas grandezas (“tranco”), tem como finalidade minimizar desconfortos aos passageiros, especialmente em veículos de alta capacidade e com grande número de usuários em pé.



Em relação aos sistemas de frenagem, a adoção de freio elétrico contínuo e frenagem regenerativa visa aumentar a eficiência energética dos veículos e reduzir o desgaste dos componentes mecânicos de frenagem. A recuperação de energia durante desacelerações e frenagens contribui diretamente para a ampliação da autonomia operacional e para a redução do consumo energético da frota.

As Tabelas 14, 15 e 16 apresentam os valores de referência e os requisitos mínimos recomendados para padronização dos parâmetros de desempenho e frenagem.

Tabela 14 — Velocidades mínimas em pavimento plano horizontal

Tempo (s)	Velocidade mínima (km/h)
5	23
10	40
15	50
30	60

Fonte: Elaboração própria

Tabela 15 — Velocidade e aceleração mínimas em aclives

Inclinação (%)	Velocidade mínima (km/h)	Aceleração mínima (m/s ²)
0	60	1,30
5	40	≥ 0,60
12	25	≥ 0,30
17	15	≥ 0,25

Fonte: Elaboração própria

Tabela 16 — Requisitos mínimos de frenagem

Requisito	Valor especificado
Freio elétrico contínuo sem degraus	-
Frenagem elétrica dinâmica regenerativa	-
Eficiência mínima da frenagem regenerativa	≥ 20%
Taxa máxima de desaceleração	1,30 m/s ²
Taxa máxima de variação da desaceleração (“tranco”)	1,50 m/s ³

Fonte: Elaboração própria

5.2.5 Autonomia

A autonomia operacional das baterias de tração constitui um dos principais parâmetros para a padronização de ônibus elétricos nos sistemas de transporte público. Nesse contexto, não se deve considerar a autonomia obtida em ensaios laboratoriais ou em testes não operacionais como referência principal para especificações técnicas e processos de aquisição. Resultados provenientes de metodologias voltadas apenas à comparação entre tecnologias não representam adequadamente as condições reais de operação dos veículos.

Observa-se que os fabricantes vêm disponibilizando diferentes configurações de autonomia operacional, variando conforme o tamanho do banco de baterias, as características do veículo e as condições de operação, especialmente com a utilização de sistemas de ar-condicionado.

Para fins de padronização, recomenda-se que a previsão de autonomia seja calculada a partir da relação entre a capacidade útil do banco de baterias e o consumo médio energético informado para cada configuração de veículo, expresso em kWh/km. A análise deve considerar cenários operacionais distintos, incluindo operação com e sem ar-condicionado, bem como diferentes capacidades de armazenamento energético.

Com base nessas premissas e nas especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes, foram identificadas as seguintes autonomies mínimas estimadas:

Tabela 17 — Requisitos para a autonomia

Configuração Operacional	Básico e Padron	Padron 15 m
Sem ar-condicionado e menor banco de baterias	227 km	—
Com ar-condicionado e menor banco de baterias	176 km	240 km
Sem ar-condicionado e maior banco de baterias	270 km	—
Com ar-condicionado e maior banco de baterias	225 km	240 km

Fonte: Elaboração própria

Apesar das referências apresentadas, recomenda-se que cada cidade realize uma análise detalhada de suas características operacionais para definir a autonomia mínima necessária das baterias de tração. Essa avaliação deve considerar aspectos técnicos e operacionais que impactam, diretamente, o consumo energético e a disponibilidade dos veículos, incluindo:

- Consumo médio do veículo (kWh/km).
- Extensão das linhas operadas.
- Tempo de percurso.
- Número de viagens realizadas por dia.
- Tempos disponíveis para recarga (noturna, recarga de oportunidade, entre outras modalidades).
- Tempo máximo admissível para recarga.
- Capacidade dos carregadores disponíveis.
- Capacidade do veículo para recebimento de recarga.
- Dimensionamento do banco de baterias instalado no veículo.

Além disso, para garantir maior competitividade tecnológica e ampliar a participação da indústria nacional, recomenda-se que os processos de credenciamento e financiamento não imponham restrições relacionadas, exclusivamente, ao tamanho do banco de baterias ou à composição química das células. O foco da padronização deve estar, prioritariamente, na autonomia operacional efetivamente ofertada e comprovada em condições reais de operação, assegurando o atendimento adequado às demandas do sistema de transporte urbano local.

5.2.6 Sistemas embarcados

Os sistemas embarcados de aquisição, monitoramento e comunicação de dados, bem como os equipamentos operacionais integrados ao veículo, são fundamentais para a operação dos ônibus elétricos e de sua infraestrutura de recarga. Essas soluções permitem maior controle operacional, rastreabilidade, eficiência energética, integração com sistemas de gestão e suporte à tomada de decisão por operadores e poder concedente.



No caso dos ônibus elétricos, esses sistemas são ainda mais relevantes em razão da necessidade de monitoramento contínuo do desempenho energético, planejamento de recarga e gestão da disponibilidade da frota. Considerando o maior valor de aquisição desses veículos, tais ferramentas tornam-se essenciais para garantir eficiência operacional, redução de falhas e suporte adequado à manutenção preventiva e corretiva.

Dessa forma, recomenda-se a seguinte padronização mínima de sistemas embarcados e tecnologias operacionais:

Tabela 18 — Requisitos dos sistemas embarcados

Categoria	Item	Exigência
Monitoramento e localização	GPS (Sistema de Posicionamento Global)	Manual SPTrans
Registro operacional	Cronotacógrafo digital	Manual SPTrans
Integração veicular	Acesso a dados da rede CAN	Manual SPTrans
Informação ao motorista	Dados operacionais no painel do motorista	Manual SPTrans
Gestão do veículo e recarga	<i>Software</i> de gerenciamento do veículo e da recarga com acesso remoto e local	Referência de mercado
Integração digital	API com sistemas de gestão de frotas	Manual SPTrans
Centro de controle	Comunicação com Centro de Controle Operacional (CCO)	Manual SPTrans
Conectividade	Wi-Fi embarcado	Manual SPTrans
Energia e dados	Gravação de dados no veículo	Manual SPTrans
Operação de passageiros	Contador adicional de passageiros	Referência de mercado
Informação ao usuário	Comunicação (sonoro e/ou visual) com passageiros	Referência de mercado

Categoria	Item	Exigência
Informação a bordo	Display interno para mídia e informações	Referência de mercado
Conforto e conectividade	Tomada de carregamento tipo USB (<i>Universal Serial Bus</i>) por assento	Manual SPTrans
Bilhetagem e integração tarifária	Preparação para bilhetagem eletrônica	Manual SPTrans
Controle de acesso	Catraca (borboleta ou três braços)	Referência de mercado

Fonte: Elaboração própria

Essa estrutura garante padronização mínima funcional, ao mesmo tempo em que preserva flexibilidade tecnológica para diferentes fabricantes e soluções embarcadas, permitindo evolução contínua dos sistemas de gestão e operação da frota.

5.2.7 Conector para recarga

A padronização dos conectores de recarga é essencial para garantir interoperabilidade entre veículos elétricos e diferentes infraestruturas de recarga, permitindo flexibilidade operacional, redução de custos de implantação e maior competitividade entre fornecedores. No caso dos ônibus elétricos, essa padronização evita soluções proprietárias e assegura compatibilidade ampla entre fabricantes de veículos e carregadores.

Dessa forma, recomenda-se a adoção de um padrão único de conector para recarga de baterias, com parâmetros mínimos de desempenho e interoperabilidade, conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 — Requisitos do conector de recarga

Categoria	Item	Requisito	Exigência
Interface de recarga	Tipo de conector para recarga das baterias	CCS2	Manual SPTrans
Parâmetros elétricos	Tipo da corrente de recarga	CC	Manual SPTrans



Categoria	Item	Requisito	Exigência
Interoperabilidade	Compatibilidade com carregadores de diferentes marcas	-	Manual SPTrans

Fonte: Elaboração própria

A definição do conector CCS2 como padrão para os veículos é o ponto de partida para um ecossistema de recarga interoperável. No entanto, o conector é apenas a interface física. Para que a recarga ocorra de forma segura, eficiente e gerenciável, é necessário padronizar também os carregadores, os sistemas de proteção e os *softwares* de gestão que compõem a infraestrutura. A Seção 5.3 aborda esses três blocos, mantendo a lógica de recomendação.

5.3 Infraestrutura de recarga

A infraestrutura de recarga é um componente crítico para a viabilidade operacional dos ônibus elétricos, envolvendo não apenas os carregadores, mas também sistemas de proteção elétrica, monitoramento, comunicação, *software* de gestão, entre outros. Sua padronização é essencial para garantir segurança operacional, interoperabilidade entre fabricantes, alta disponibilidade do sistema e eficiência na gestão energética da frota.

Para fins de especificação técnica, a infraestrutura de recarga deve ser estruturada em três blocos principais: carregadores, sistemas de proteção elétrica e segurança, e sistemas de *software* e gestão operacional.

5.3.1 Carregadores

Os carregadores devem ser dimensionados para atender a operações de alta demanda, com flexibilidade para diferentes configurações de frota e compatibilidade com múltiplos veículos.

Tabela 20 — Requisitos dos carregadores

Categoria	Item	Requisito	Exigência
Desempenho de recarga	Tempo máximo de recarga por veículo	3 horas	Manual SPTrans



Categoria	Item	Requisito	Exigência
Tecnologia elétrica	Tipo de corrente de recarga	DC/CC	Manual SPTrans
Saída elétrica	Tensão de saída	150 – 1000 VDC	Referência de mercado
Saída elétrica	Corrente de saída	0 – 300 A	Referência de mercado
Entrada elétrica	Tensão de entrada	400 V trifásico + N + T ($\pm 10\%$)	Referência de mercado
Entrada elétrica	Corrente de entrada	60 – 560 A (até 1800 A em carregadores centrais)	Referência de mercado
Entrada elétrica	Frequência de entrada	60 Hz	Manual SPTrans
Interface de recarga	Tipo de conector	CCS2	Manual SPTrans
Interface de recarga	Número de conectores	1 a 4 (até 40 em carregadores centrais)	Referência de mercado
Operação energética	Recarga dinâmica com distribuição automática de potência	-	Referência de mercado
Interoperabilidade	Compatibilidade com veículos de diferentes fabricantes	-	Manual SPTrans

Fonte: Elaboração própria

5.3.2 Sistemas de proteção e segurança

Os sistemas de proteção devem garantir operação segura em diferentes condições ambientais e elétricas, prevenindo falhas e riscos à infraestrutura e aos veículos.

Tabela 21 — Requisitos de proteção e segurança da infraestrutura de recarga

Categoria	Item	Requisito	Exigência
Proteção elétrica	Deteção de fuga de corrente	-	Referência de mercado



Categoria	Item	Requisito	Exigência
Proteção elétrica	Detecção de falha de isolamento	-	Referência de mercado
Proteção elétrica	Detecção de curto-circuito	-	Referência de mercado
Proteção elétrica	Detecção de sobretensão e subtensão	-	Referência de mercado
Proteção elétrica	Detecção de sobrecorrente	-	Referência de mercado
Proteção elétrica	Detecção de surtos elétricos	-	Referência de mercado
Proteção elétrica	Detecção de falha de aterramento	-	Referência de mercado
Proteção térmica	Detecção de sobretemperatura	-	Referência de mercado
Proteção operacional	Detecção de falha de comunicação com o veículo	-	Referência de mercado
Proteção ambiental	Detecção de inclinação	-	Referência de mercado
Ambiente de operação	Faixa de temperatura	-25°C a 50°C	Referência de mercado
Ambiente de operação	Umidade	5% a 95% (sem condensação)	Referência de mercado
Ambiente de operação	Altitude máxima	2000 m	Referência de mercado
Estrutura física	Grau de proteção	≥ IP54	Referência de mercado
Estrutura física	Resistência a impacto	≥ IK10	Referência de mercado
Estrutura física	Refrigeração	Ventilação interna	Referência de mercado

Fonte: Elaboração própria

5.3.3 Sistemas de *Software* e Gestão

Os sistemas de *software* são responsáveis pelo controle da recarga, pela integração com operadores e pela gestão energética da frota e são fundamentais para a eficiência operacional da infraestrutura.

Tabela 22 — Requisitos dos sistemas de *software* e gestão da infraestrutura de recarga

Categoria	Item	Requisito	Exigência
Plataforma de gestão	<i>Software</i> de gerenciamento da recarga com acesso remoto e local	-	Referência de mercado
Plataforma de gestão	Atualização remota e local do sistema	-	Referência de mercado
Integração digital	API para integração com sistemas de gestão e planejamento de frotas	-	Referência de mercado
Controle operacional	Identificação de operador e veículo (acesso controlado)	-	Referência de mercado
Controle operacional	Controle individual de recarga por veículo	-	Referência de mercado
Controle operacional	Medição de energia individual e total	-	Referência de mercado
Comunicação e operação	Protocolo aberto de comunicação OCPP 1.6 ou superior	-	Referência de mercado
Comunicação e operação	Acesso remoto (Ethernet, 4G, Wi-Fi)	-	Referência de mercado

Comunicação e operação	Acesso local (USB 3.0)	-	Referência de mercado
Comunicação e operação	Interface de operação (<i>display</i> e/ou <i>touch</i>)	-	Referência de mercado
Comunicação e operação	Leitor RFID	-	Referência de mercado
Comunicação e operação	Idioma operacional	Português (Brasil)	Referência de mercado
Desempenho do sistema	Eficiência energética	>95% em carga máxima	Referência de mercado
Desempenho do sistema	Disponibilidade operacional	>95%	Referência de mercado

Fonte: Elaboração própria

5.4 O que não deve ser padronizado no curto prazo

A definição de parâmetros que não devem ser objeto de padronização nacional no curto prazo é tão importante quanto a definição daqueles que devem ser padronizados. A inclusão desnecessária de exigências pode restringir artificialmente a concorrência, engessar a inovação tecnológica ou ignorar a diversidade operacional das cidades brasileiras. Com base nas entrevistas realizadas e na análise das especificações de mercado, os seguintes itens não devem ser padronizados no curto prazo.

Química das baterias de tração. Estabelecer uma química única de baterias, como LFP (Lítio e Fosfato de Ferro), NMC (Níquel, Manganês e Cobalto), ou qualquer outra, limitaria a participação de outras tecnologias existentes e, mais grave, inviabilizaria a adoção de inovações futuras, como as baterias de estado sólido, cujo desenvolvimento avança rapidamente. A padronização deve focar em desempenho, ou seja, autonomia, segurança e ciclo de vida, e não na composição química.



Autonomia mínima ou máxima em valor fixo. A autonomia necessária para um ônibus elétrico depende de múltiplos fatores locais: estratégia de recarga (noturna *versus* oportunidade), quilometragem diária a ser cumprida, comprimento das linhas, topografia, clima e infraestrutura disponível para recarga. Fixar um número nacional, como 250 km, seria inadequado para uma cidade com rampas severas ou para outra que opera com recarga de oportunidade em terminais. O correto é exigir que o veículo cumpra a quilometragem programada dentro dos parâmetros operacionais definidos localmente, transferindo ao fornecedor a responsabilidade pelo dimensionamento adequado do banco de baterias.

Tipo, potência, quantidade e posição do motor de tração. O mercado brasileiro já conta com diferentes configurações de motorização: motores centrais com cardã, motores no cubo da roda, eixos elétricos integrados, entre outras. Cada configuração apresenta vantagens distintas em termos de custo, peso, eficiência energética e facilidade de manutenção. Padronizar qualquer desses aspectos — seja o tipo (ímãs permanentes, indução, relutância), a potência em quilowatts, a quantidade de motores (um, dois, quatro) ou sua posição no veículo — excluiria fabricantes e estratégias tecnológicas legítimas, além de limitar a evolução do setor.

Caixa de câmbio ou de velocidades. A grande maioria dos ônibus elétricos opera sem caixa de câmbio, utilizando tração direta. No entanto, há modelos disponíveis, no mercado nacional, que empregam caixa de duas ou mais velocidades para otimizar o desempenho em diferentes condições operacionais. Exigir ou proibir o uso de caixa de câmbio excluiria fabricantes desnecessariamente.

Vida útil do motor de tração. A vida útil esperada de um motor elétrico varia conforme seu tipo construtivo. Motores de ímãs permanentes podem apresentar degradação distinta de motores de indução ou de relutância. Fixar um número mínimo ou máximo de horas ou quilômetros para o motor definiria indiretamente a tecnologia a ser utilizada. O correto é exigir garantia alinhada à vida útil contratual do veículo, sem especificar o componente isoladamente.

Cores de assentos e do piso. Exceto quando exigidas por normas legais, como a identificação de assentos preferenciais, as cores dos assentos e do piso são decisões locais de cada município ou operador, frequentemente associadas à identidade visual do sistema de transporte. Esses itens não interferem no processo

de fabricação dos veículos de maneira significativa e, portanto, não merecem padronização nacional no curto prazo.

5.5 O que merece amadurecimento e discussão (temas de médio a longo prazo)

Os parâmetros listados a seguir foram identificados como relevantes para a padronização, mas ainda não apresentam consenso técnico ou institucional suficiente para sua recomendação imediata. Trata-se de temas que demandam amadurecimento em horizontes de médio a longo prazo, com discussão aprofundada entre os atores do setor. Esta seção fundamenta-se nas entrevistas realizadas com atores do setor e na pesquisa própria da equipe responsável por este relatório.

Altura máxima do veículo. A norma ABNT NBR 15570:2021 estabelece altura máxima de 3.800 mm, considerada muito alta e inadequada para algumas cidades, como Belém (PA), Porto Alegre (RS) e Brasília (DF). A padronização nacional da altura máxima demandaria uma discussão ampla com municípios e regiões metropolitanas.

Idade máxima do veículo. O mercado tem adotado 15 anos de vida útil, mas alguns fabricantes informam que deverá ser maior, em torno de 20 anos ou mais. Portanto, essa é uma informação que dependerá, principalmente, do que vivenciaremos nos próximos anos.

Sistema de extinção de incêndio nas baterias e nas áreas de potência. Alguns fabricantes informam que esse sistema, além de não ser eficiente, não evita o início do incêndio e que o correto seria utilizar equipamentos de proteção elétrica mais eficientes que detectem a possibilidade do incêndio e desliguem o sistema antes que ele aconteça.

Escotilhas de emergência. Previstas na norma ABNT NBR 15570, não se adequam aos ônibus elétricos em razão da falta de espaço no teto do veículo, causada pela presença do ar-condicionado, alavancas ou pantógrafos (quando for o caso) e baterias de tração.

Consumo médio de kWh/km. Este parâmetro enfrenta dificuldade de padronização em decorrência de muitas variáveis e especificidades de cada linha e cidade ou

região. O que vale para São Paulo pode não ser aplicável para Belém, Brasília, Curitiba, Goiânia e Belo Horizonte, entre outras.

Quantidade, dimensões e posição de portas. Esses aspectos estão previstos na norma ABNT NBR 15570:2021. Contudo, a norma estabelece uma margem de variação desses itens, que pode ser expressiva, o que acaba exigindo projetos específicos de carroceria para atender a essas especificações diferenciadas, gerando custos e demora no processo de fabricação. Será necessária uma discussão com as cidades e regiões, principalmente em razão da infraestrutura existente de paradas, terminais e estações de embarque e desembarque de passageiros, para que ou se adequem a essa nova padronização ou para que, pelo menos, seja considerada nos próximos projetos de mobilidade.

Altura do solo versus piso do veículo. Está prevista na norma ABNT NBR 15570:2021, porém com espaço para variações. Por meio das entrevistas realizadas, constatou-se que existe variação na infraestrutura viária e nos corredores BRT em operação, especialmente em relação à altura das plataformas e das calçadas nos pontos de embarque e desembarque de passageiros. Diante desse cenário, verificou-se a necessidade de estabelecer uma padronização desse elemento, de modo a orientar tanto a adequação dos sistemas existentes quanto o desenvolvimento de novos projetos de mobilidade.

Posição e distribuição das janelas. Esse é um item que interfere no cálculo estrutural da carroceria, além de exigir um projeto específico, gerando maiores custos, aumento de peso do veículo e demora no processo de fabricação, além de dificultar a reposição de peças.

Distribuição de assentos dos passageiros. A norma ABNT NBR 15570:2021 estabelece parâmetros para a quantidade e disposição dos assentos, assim como a capacidade máxima de passageiros em pé. Estabelece também um limite mínimo de assentos considerando a lotação total de passageiros. Contudo, permite uma variação enorme da quantidade e posição dos assentos, exigindo, assim, um projeto específico de distribuição de assentos para cada variação, gerando custos e demora no processo de fabricação.

Materiais de fabricação dos assentos e do piso. Estão previstos na norma ABNT NBR 15570:2021, e suas variações interferem, principalmente, em custos do veículo, mas

também podem interferir no processo de fabricação, provocando aumento do tempo.

Padronização dos termos de exigências de garantias de fabricação. Há no mercado uma interpretação incorreta entre tempo de garantia de fabricação (período em que o fabricante cobre defeitos sem custo adicional) e tempo de vida útil do produto (estimativa de duração total em operação regular). Esses dois conceitos são, frequentemente, confundidos em licitações, tratados como sinônimos ou deixados sem especificação clara, o que gera incertezas contratuais e dificulta a comparação entre propostas. Em alguns casos, as licitações que tratam da aquisição dos ônibus elétricos e sua infraestrutura de recarga o item "garantias" é mencionado e nem sempre especificado.

Assistência técnica e reposição de peças. Este tema abrange dois momentos distintos: durante o período de garantia dos itens e após o período das garantias dos itens. Ambos demandam clareza contratual e merecem amadurecimento sobre quais seriam os parâmetros mínimos aceitáveis de tempo de resposta, disponibilidade de peças críticas e responsabilidades.

Treinamento e capacitação. A qualificação deve abranger a capacitação operacional e de manutenção, assim como para os funcionários do administrativo e do jurídico das cidades e dos operadores. Ainda não há consenso sobre carga horária mínima, conteúdo programático e certificação.

5.5.1 Propostas de soluções para os parâmetros que merecem amadurecimento (médio a longo prazo)

Para cada um dos parâmetros listados na seção 5.5, propõe-se que a solução seja desenvolvida no âmbito de um **Grupo de Trabalho coordenado pelo governo federal**, preferencialmente pelo Ministério das Cidades, em parceria com o Ministério dos Transportes, ANEEL, INMETRO, ABNT e demais órgãos competentes, com a participação dos atores relevantes: representantes de municípios e estados (gestores de mobilidade urbana), operadores, fabricantes de ônibus e componentes, fornecedores de infraestrutura de recarga, associações setoriais (ANTP, NTU, FABUS, ABVE, ANFAVEA, FNP) e especialistas da sociedade civil e da academia.



Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

A tabela a seguir sintetiza o parâmetro a ser considerado e a solução proposta para cada um.

Tabela 23 — Sugestões para padronização de especificações em médio e longo prazo

Parâmetro	Solução proposta
Altura máxima do veículo	Revisão da norma ABNT NBR 15570 para estabelecer faixas de altura por tipologia de veículo ou por região, admitindo diferentes configurações.
Idade máxima do veículo	Aguardar os primeiros ciclos completos de operação de frotas elétricas (5 a 8 anos) para calibrar parâmetro; enquanto isso, adotar referência flexível (15 a 20 anos) com revisão contratual periódica por meio de cláusula padrão em editais e contratos de concessão.
Idade média máxima da frota	Estabelecer parâmetro após 5 anos de operação de frotas elétricas por meio de cláusula padrão em editais e contratos de concessão.
Sistema de extinção de incêndio em baterias	Estabelecer um protocolo de prevenção e extinção de incêndio em baterias por meio de revisão para inclusão em norma ABNT.
Escotilhas de emergência	Revisão da NBR 15570 para compatibilizar com arquitetura de veículos elétricos.
Consumo médio (kWh/km)	Padronizar metodologia de medição (ciclo de condução padronizado), por meio de resolução do INMETRO.
Quantidade, dimensões e posição de portas	Adotar padronização gradual: (i) para novos projetos de mobilidade, definir configurações padrão limitadas por meio de cláusula padrão em editais e contratos de concessão; para sistemas existentes, admitir exceções e transição de longo prazo.



Altura do piso <i>versus</i> altura da plataforma/calçada	Para novos projetos: definir padrão único por meio de edital ou contrato de concessão. Para sistemas existentes: admitir adaptações transitórias com planos de adequação.
Posição e distribuição das janelas	Definir, em primeiro lugar, a padronização do tipo de fixação dos vidros (colados ou com guarnição de borracha e molduras de metal/alumínio). Em seguida, estabelecer módulos padronizados de janela, por tipologia de veículo. A implementação pode ocorrer por meio de revisão da ABNT NBR 15570 ou de cláusula padrão em editais e contratos de concessão.
Distribuição de assentos dos passageiros	Definir configurações padrão limitadas por tipologia de veículo por meio de cláusula padrão em editais e contratos de concessão. Poderia ser adotado um ou dois padrões de distribuição de assentos, conforme as premissas de operação, seja priorizando por uma maior quantidade de passageiros em pé ou privilegiando mais passageiros sentados, considerando as opções com a presença ou não do cobrador.
Materiais de fabricação dos assentos e do piso	Manter como escolha local, mas restrita a uma lista pré-aprovada de materiais.
Padronização de termos de garantia	Elaborar cláusulas-tipo para garantias a serem incluídas em editais e contratos de concessão, distinguindo: (i) prazo de garantia, (ii) cobertura, (iii) autonomia residual garantida para baterias, (iv) consequências do descumprimento.
Assistência técnica e reposição de peças	Definir parâmetros mínimos (tempo máximo de resposta para falha crítica e para não crítica e estoque mínimo de peças críticas) por meio de cláusula padrão em editais e contratos de concessão.
Treinamento e capacitação	Criar programa nacional de certificação em parceria com SENAI, SEST/SENAT e Institutos Federais.

Fonte: Elaboração própria

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

5.6 Boas práticas internacionais para o transporte público por ônibus: temas para debate no Brasil

Além dos parâmetros técnicos já consolidados para a padronização de ônibus elétricos, há um conjunto de inovações e práticas adotadas internacionalmente que, embora ainda não amadurecidas no contexto brasileiro, merecem ser debatidas como referências futuras. As próximas seções apresentam quatro temas que ampliam o escopo da especificação de frotas, abordando desde a integração com a mobilidade ativa até o uso de tecnologias de segurança e monitoramento. Para cada tema, são apresentadas experiências internacionais, o estágio atual no Brasil e recomendações para sua eventual incorporação em políticas públicas e editais de compra agregada no médio e longo prazo.

5.6.1 Suporte para bicicletas em ônibus: tornando o veículo amigável à bicicleta

Um dos requisitos para que a mobilidade urbana seja sustentável é a integração entre o transporte público e a mobilidade ativa. Quando se considera o transporte por ônibus, uma boa prática a ser adotada é a adaptação do veículo para o carregamento de bicicletas. Essa medida permite que o cidadão realize sua viagem porta a porta, utilizando a bicicleta para pequenos deslocamentos e o ônibus para percursos mais longos.

Para que um ônibus seja considerado “amigável à bicicleta”, ele pode adotar diferentes formas de carregamento de bicicletas, como armazenamento interno (horizontal ou vertical), armazenamento externo (dianteiro ou traseiro), reboque acoplado, compartimento de bagagem ou o uso do espaço destinado à cadeira de rodas quando não ocupado. A escolha da solução deve estar alinhada à realidade local, considerando a demanda, o tipo de frota, a infraestrutura disponível e as regulamentações vigentes.³⁴

Embora ainda não seja uma prática amplamente disseminada no mundo, alguns países já se destacam como exemplos de boas práticas, como cidades nos Estados Unidos, Canadá, Nova Zelândia e Europa. Em Madrid, por exemplo, rotas de ônibus

³⁴ Scot (2023).



Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

que circulam em direção ao aeroporto e ao maior parque da cidade contam com suportes para bicicletas a bordo.³⁵

Figura 3 — Ônibus urbano em Madri equipado com suporte para bicicleta



Fonte: Scot (2023).

No Brasil, a discussão avança na câmara dos deputados. Atualmente, tramita um projeto de lei que regulamenta a instalação de suportes para bicicletas em ônibus e micro-ônibus do transporte público coletivo urbano, cabendo ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) a definição das normas técnicas para esses suportes.^{36 37}

Diante do avanço legislativo, recomenda-se que, no médio e longo prazo, a inclusão de suporte para bicicletas em ônibus seja considerada em uma política de padronização de especificações de frota, especialmente para veículos que operam

³⁵ Scot (2023).

³⁶ A SPTrans considera essa possibilidade no seu Manual dos Padrões Técnicos de Veículos — Tração Elétrica, no qual menciona, no item "Acessórios da Carroceria", que o ônibus deve estar preparado para receber o "suporte para transporte de bicicleta", mas não há detalhamento.

³⁷ Câmara dos Deputados (2026).

em regiões com alta demanda por integração modal ou em linhas que conectam terminais a parques e ciclovias.

5.6.2 Contagem automática de passageiros (Automatic Passenger Counting — APC): monitoramento da demanda em tempo real

A contagem de passageiros representa uma importante estratégia de monitoramento da demanda por transporte público. Por meio da análise do volume de passageiros, é possível realizar planejamento de longo prazo, avaliar a demanda por linha, ajustar programações e melhorar a eficiência operacional.

No Brasil, a contagem de passageiros é feita, usualmente, pelo registro eletrônico de validação da passagem, por meio de bilhetagem eletrônica. Apesar desse avanço, o método limita-se a registrar os dados de entrada, impossibilitando a verificação do local de desembarque e, conseqüentemente, a análise precisa da origem-destino e da ocupação dos veículos ao longo do trajeto.

Uma prática mais avançada, consolidada em operadores da Europa e da América do Norte, é o uso de sistemas automáticos de contagem de passageiros (APC). Esses sistemas empregam sensores instalados nas portas — geralmente por infravermelho, câmeras ou sensores de peso — para registrar, de modo contínuo e independentemente da forma de pagamento, quantos passageiros embarcam e desembarcam em cada ponto de parada. Estudos de campo, como o realizado na região metropolitana de Cagliari (Itália), demonstram que esses sistemas são capazes de capturar a demanda real de cada viagem com boa acurácia. A principal vantagem do APC é justamente a independência do meio de pagamento: conta pessoas, não passagens, eliminando distorções causadas por evasão tarifária, integrações não registradas ou políticas de gratuidade que não utilizam cartões de passagem.³⁸

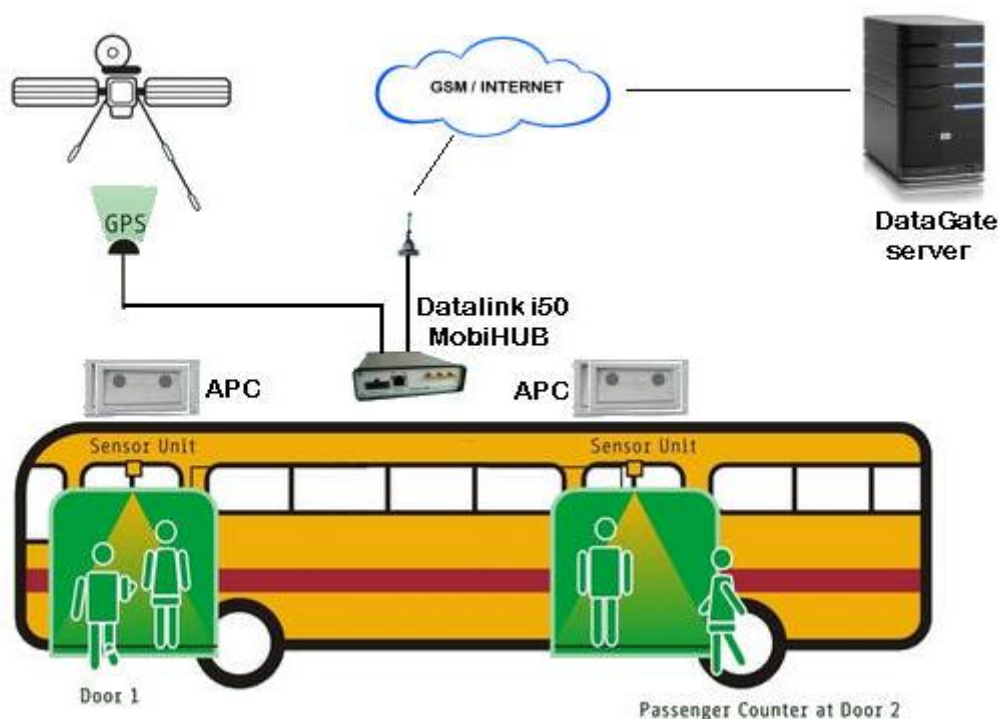
³⁸ Olivo (2019).



Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

Figura 4 — Sistema de contagem automática de passageiros

AUTOMATED PASSENGER COUNTER SYSTEM



Fonte: [Datalink Systems International Inc](http://www.datalink.com.br)

Integrado a GPS e transmissão de dados em tempo real, o APC permite que gestores visualizem a ocupação dos ônibus ao longo do dia, ajustem a operação dinamicamente e até compartilhem informações de lotação com os passageiros.

Para o Brasil, a inclusão do APC pode ser considerada como requisito em editais de compra de ônibus elétricos no médio e longo prazo, representando um avanço significativo para a profissionalização da gestão da demanda e para a melhoria da eficiência do transporte público coletivo.

5.6.3 Segurança das mulheres: botão de pânico e protocolos de comunicação

O deslocamento das mulheres nas cidades brasileiras segue sendo um desafio, em especial no transporte público. A título de exemplificação, no Brasil, 99,6% das brasileiras já sofreram algum tipo de assédio em espaços públicos e 64% relatam

ter sofrido assédios dentro de ônibus, metrô ou trens.³⁹ Diante desse contexto, adaptar o ônibus é fundamental para que as mulheres se sintam seguras para se deslocar.

Para isso, o ITDP mapeou tecnologias que precisam ser incorporadas aos ônibus para incrementar a segurança das mulheres no transporte coletivo. Inspirações de tecnologias implementadas em cidades como Belo Horizonte, Goiânia e Fortaleza, além das experiências internacionais do Metrobús (Cidade do México) e do Transmilenio (Bogotá), sugerem a implementação de tecnologias e protocolos de segurança envolvendo GPS, comunicação com centro de controle operacional, botão de pânico e assédio, iluminação, comunicação com passageiros e câmeras.⁴⁰

Figura 5 — Infográfico de tecnologias e protocolos para segurança de gênero em veículos urbanos



Fonte: [ITDP](http://itdpbrasil.org).

Vale ressaltar que algumas dessas tecnologias já estão presentes nas propostas de especificações deste projeto. Entretanto, sugere-se aqui a inclusão específica do

³⁹ Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2023).

⁴⁰ ITDP Brasil (2026).



Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

botão de pânico e assédio, junto com um protocolo de comunicação com o centro de controle operacional.

A tecnologia não é custosa e as referências de protocolos já existem, facilitando a implementação das medidas no curto e médio prazo. Recomenda-se que editais de aquisição de ônibus elétricos passem a exigir, como item de segurança, o botão de pânico acessível a passageiros e motorista, integrado a um sistema de alerta em tempo real e comunicando-se com o centro de controle operacional.

5.6.4 Câmeras para eliminação de pontos cegos (*Camera Monitor System*)

Os veículos de grande porte, como ônibus e caminhões, possuem extensas áreas de visão obstruída — os chamados pontos cegos. Localizados nas laterais, na traseira e à frente do veículo, essas áreas podem esconder pedestres, ciclistas e motociclistas e são a causa de inúmeros acidentes fatais no trânsito. Uma boa prática já consolidada internacionalmente para mitigar esse problema é a substituição ou o complemento dos retrovisores tradicionais por câmeras de alta resolução e monitores internos, tecnologia conhecida como *Camera Monitor System* (CMS). Ao fornecer um campo de visão muito mais amplo e eliminar os pontos cegos, esses sistemas representam um avanço significativo em segurança ativa, proteção aos usuários mais vulneráveis e conforto operacional.

Figura 6 — Câmera substituta de espelho e *display* interno



Fonte: [Gauzy](#).

A relevância dessa tecnologia é reforçada pelo arcabouço regulatório europeu. O Regulamento Geral de Segurança da União Europeia (EU) 2019/2144, que passou a ser aplicado a partir de julho de 2022 para novos tipos de veículos e julho de 2024 para todos os veículos novos produzidos, exige que ônibus e caminhões sejam equipados com tecnologias avançadas de segurança. Entre elas, estão o Sistema de Informação de Ponto Cego (BSIS), que detecta ciclistas e pedestres nos pontos cegos laterais, e o Sistema de Informação de Partida (MOIS), que alerta o motorista sobre a presença de pedestres e ciclistas à frente do veículo antes de ele iniciar o movimento ou ao trafegar em baixa velocidade. Essa regulamentação fundamenta-se nos padrões técnicos estabelecidos pelas normas da ONU (UN R151 e UN R159).

No Brasil, o tema já possui respaldo regulatório. A Resolução CONTRAN nº 763, de 20 de dezembro de 2018, dispõe sobre a utilização obrigatória de espelhos retrovisores, equipamento do tipo câmera-monitor ou outro dispositivo equivalente nos veículos destinados ao transporte coletivo de escolares, definindo o "Dispositivo do tipo Câmera-Monitor (CM) para visão indireta" como um sistema que obtém o campo de visão por meio de uma combinação de câmera e monitor. Esta resolução foi posteriormente consolidada pela Resolução CONTRAN nº 924, de 28 de março de 2022,⁴¹ sem, contudo, alterar os requisitos essenciais para o uso da tecnologia. Apesar desse avanço normativo, a substituição total dos espelhos por sistemas de câmera em ônibus zero quilômetro ainda não é amplamente adotada, ocorrendo de forma gradual e geralmente como item opcional em modelos mais modernos.

Para uma adoção mais ampla, especialmente em novas frotas adquiridas por meio de políticas de compra agregada, seria benéfico um aprofundamento do debate e o estabelecimento de requisitos técnicos claros que reconheçam os sistemas de câmera como equivalentes ou superiores em segurança aos espelhos tradicionais. Recomenda-se que editais futuros incluam a exigência de sistemas de monitoramento por câmeras que eliminem pontos cegos, alinhando-se às melhores práticas internacionais e à regulamentação europeia.

⁴¹ CONTRAN (2022).

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

6 Análise sobre potencial de implementação de compra agregada no Brasil

As seções anteriores trouxeram reflexões sobre os possíveis caminhos para a padronização de especificações de ônibus elétricos e de infraestrutura de recarga no Brasil. A partir dos aprendizados de experiências internacionais e da consulta a especialistas, foi possível compreender os riscos, desafios e oportunidades dessa agenda, culminando em uma proposta de diretrizes para o cenário brasileiro.

Diante disso, a padronização foi avaliada no contexto de uma política de compra agregada, ou seja, como parte de uma estratégia mais ampla de coordenação da demanda. Nesse mesmo contexto, entendemos compra agregada como uma estratégia de aquisição que consiste em combinar demandas, lotes ou necessidades de compra que antes seriam contratadas separadamente em um único processo unificado. O objetivo é alcançar economias de escala, reduzir custos unitários, atrair mais fornecedores e simplificar os procedimentos de aquisição. Conforme apresentado pelo Banco Mundial,⁴² essa abordagem pode gerar redução de preços, melhores condições contratuais e maior eficiência operacional, especialmente quando combinada com a padronização de especificações técnicas.

A agregação⁴³ pode assumir diversas formas, dependendo do grau de integração entre os compradores e da similaridade dos requisitos. O Banco Mundial identifica, entre outras, as seguintes modalidades:

- **Cronograma estruturado de projetos:**⁴⁴ apresentação planejada e organizada de um fluxo de projetos ao mercado, como ocorre em programas com múltiplas fases.

⁴² World Bank (2025).

⁴³ O termo original em inglês é "aggregated procurement", traduzido livremente como "compra agregada" ou "agregação de demanda".

⁴⁴ Termo original: *Programmatic pipeline of opportunities*.

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

- **Editais padronizados:**⁴⁵ utilização de um mesmo edital para diferentes projetos com requisitos semelhantes, reduzindo custos e tempo de preparação.
- **Processo de compra unificado:**⁴⁶ adoção de uma estrutura de aquisição padronizada para programa ou grupo de projetos, garantindo que a experiência do licitante seja a mesma em cada contratação.
- **Compra centralizada por um único agente:**⁴⁷ uma instituição adquire bens ou serviços estratégicos em nome de todos os demais participantes.
- **Edital único com divisão em lotes:**⁴⁸ as demandas de diferentes compradores são reunidas em um único certame, dividido em lotes. E cada participante contrata diretamente os lotes de seu interesse.
- **Ata de registro de preços regional:**⁴⁹ fornecedores são pré-selecionados e registram seus preços para que diferentes compradores possam contratar diretamente sem nova licitação.
- **Acordo de compra facilitado pelo banco:**⁵⁰ modelo no qual o Banco Mundial utiliza seu poder de agregação para pré-selecionar fornecedores e estabelecer contratos em nome de vários países mutuários, criando um "catálogo" de bens e serviços disponíveis para contratação direta.

Essas diferentes modalidades, contudo, não se concretizam por si mesmas. A compra agregada não é uma simples união de compradores em torno de uma

⁴⁵ Termo original: "*Common bidding documents*". A tradução como "edital padronizado" utiliza a terminologia consagrada na legislação brasileira de compras públicas (Lei nº 14.133/2021), que estabelece o edital como o instrumento convocatório padrão para licitações.

⁴⁶ Termo original: "*Common/pooled procurement process*". A adaptação para "processo de compra unificado" reflete a ideia de padronização dos procedimentos de aquisição para um programa, garantindo que todos os participantes sigam as mesmas regras e formatos.

⁴⁷ Termo original: "*Prime vendor (single common supplier)*".

⁴⁸ Termo original: "*Single procurement process separated into lots*". A adaptação para "edital único com divisão em lotes" utiliza a terminologia da Lei nº 14.133/2021, que prevê a divisão de objetos licitados em lotes para ampliar a competitividade e permitir que diferentes compradores contratem os lotes de seu interesse.

⁴⁹ Termo original: "*Regional Framework Agreement*". A adaptação para "ata de registro de preços regional" utiliza o instrumento previsto no art. 28 da Lei nº 14.133/2021, amplamente usado no Brasil para contratações futuras com base em preços registrados.

⁵⁰ Termo original: "*Regional Bank-Facilitated Procurement (BFP)*".

mesma licitação. Ela exige governança coordenada e um desenho institucional que transforme escala em previsibilidade para o mercado e eficiência para o poder público.

Para avaliar o potencial de uma política de compra agregada com base na padronização de ônibus elétricos e sua infraestrutura de recarga, esta seção está organizada em três eixos:

- **Análise da experiência de coordenação de demanda na Índia:** a partir desse caso internacional, busca-se identificar experiências e lições que possam ser adaptadas ao Brasil.
- **Análise das experiências brasileiras:** no país, as iniciativas mais próximas de uma agregação de demanda para ônibus são o Programa Caminho da Escola e o financiamento do Novo PAC. Busca-se compreender acertos e fragilidades dessas experiências.
- **Reflexões dos especialistas:** com base nas percepções da indústria, do setor público e dos operadores, procura-se mapear as impressões do ecossistema de mobilidade urbana sobre esse tema.

6.1 Agregação de demanda na Índia como resultado de uma política holística

Como indicado no Capítulo 3 (seção 3.1.1), a trajetória indiana de eletrificação é resultado de sucessivos programas nacionais. Esta seção aprofunda os mecanismos de compra agregada que estruturam esse avanço.

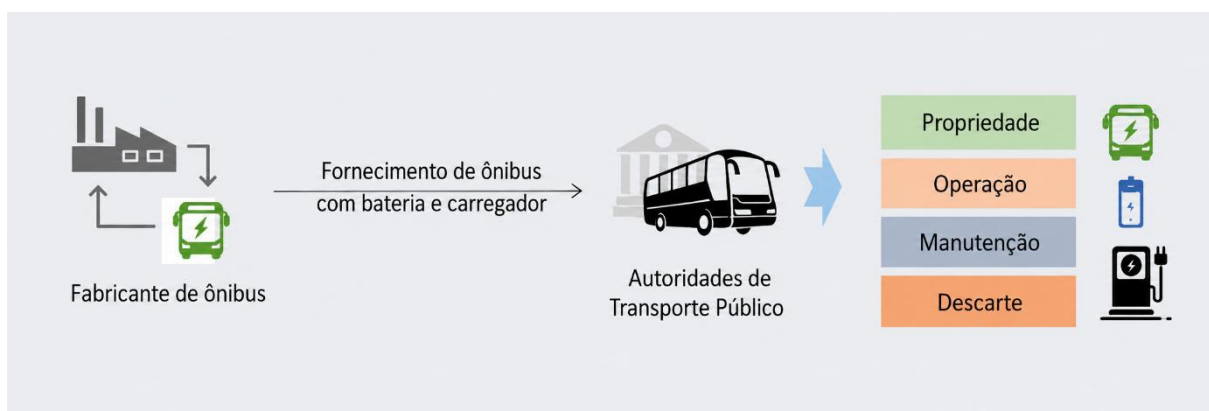
Para compreender esse processo, será necessário examinar os modelos de negócio adotados — com destaque para o de *Gross Cost Contract* (GCC) que se tornou o pilar central da experiência indiana por sua eficácia na transferência dos riscos tecnológicos e operacionais para o setor privado, permitindo escalar a frota elétrica de forma acelerada.⁵¹ Além do GCC, a Índia também desenvolveu modelos complementares, como o contrato de custo líquido (NCC), a liderança por

⁵¹ ITDP Índia (2023).

concessionárias de energia e a compra direta, cada um com aplicações específicas. A seguir, os quatro principais modelos observados.⁵²

Modelo de compra direta (*outright purchase*). Neste modelo, o fabricante fornece o ônibus elétrico, a bateria e os carregadores diretamente à autoridade de transporte público (*Public Transport Authority — PTA*). A PTA torna-se proprietária de todos os ativos e é responsável por operar, manter e gerenciar os veículos, baterias e carregadores com sua própria equipe. Assim, a autoridade pública arca com os custos de investimento (CAPEX) e de operação (OPEX), além de assumir, integralmente, os riscos relacionados à receita tarifária. A principal desvantagem identificada foi a falta de conhecimento técnico das PTAs para lidar com a nova tecnologia, resultando em falhas prematuras das baterias, redução da autonomia e dificuldades no fornecimento de peças de reposição.

Figura 7 — Modelo de compra direta



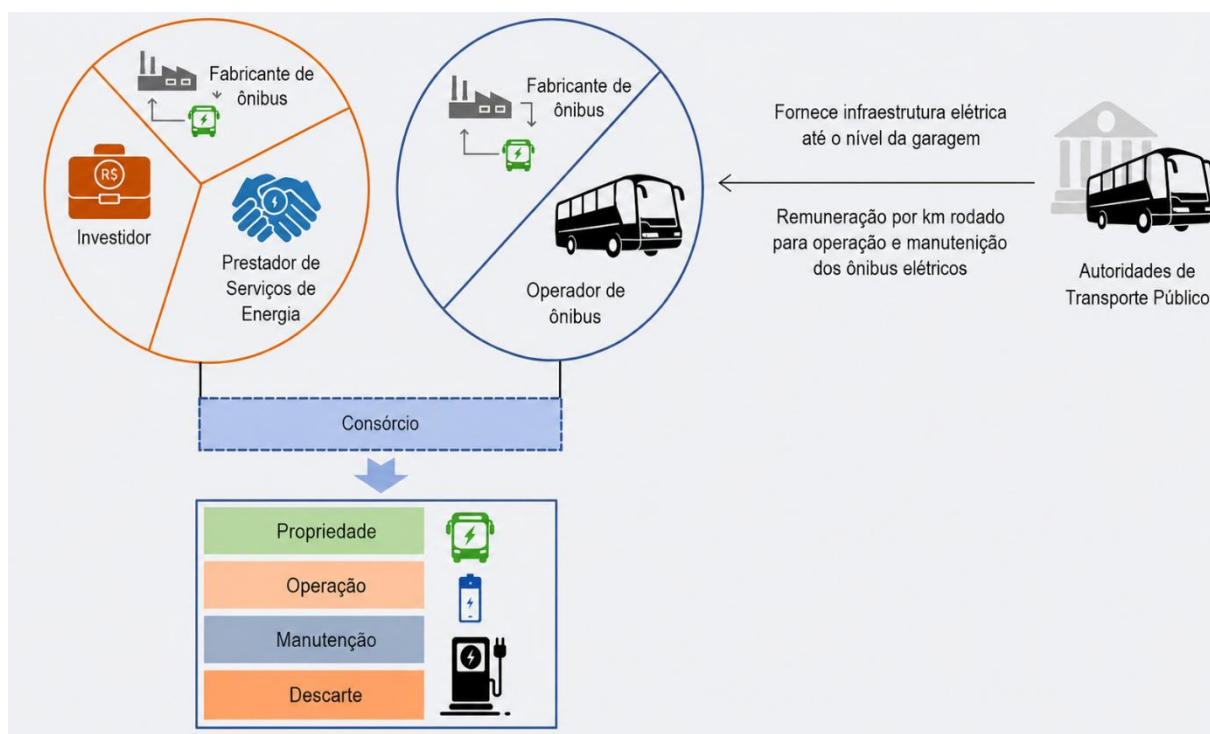
Fonte: Adaptado de Chowdhury e Roy (2024).

Modelo de contrato de custo bruto (*Gross Cost Contract — GCC*). No modelo GCC, um consórcio formado pelo fabricante do ônibus, um operador privado, um provedor de serviços de energia e um investidor assumem a responsabilidade pelo financiamento, propriedade, operação e manutenção dos ônibus, das baterias e dos carregadores, usualmente por 12 anos. A autoridade de transporte público paga ao consórcio um valor fixo por quilômetro rodado, independentemente da arrecadação tarifária — que permanece com o poder público. Dessa forma, o consórcio privado absorve os riscos tecnológicos e operacionais, enquanto a

⁵² Os modelos a seguir fundamentam-se na sistematização de Chowdhury e Roy (2024).

autoridade pública retém os riscos associados à variação da demanda. Este modelo tornou-se obrigatório no âmbito do FAME II para que as cidades pudessem acessar os subsídios federais, além de ter sido utilizado nas licitações a partir de então.

Figura 8 — Modelo de contrato de custo bruto

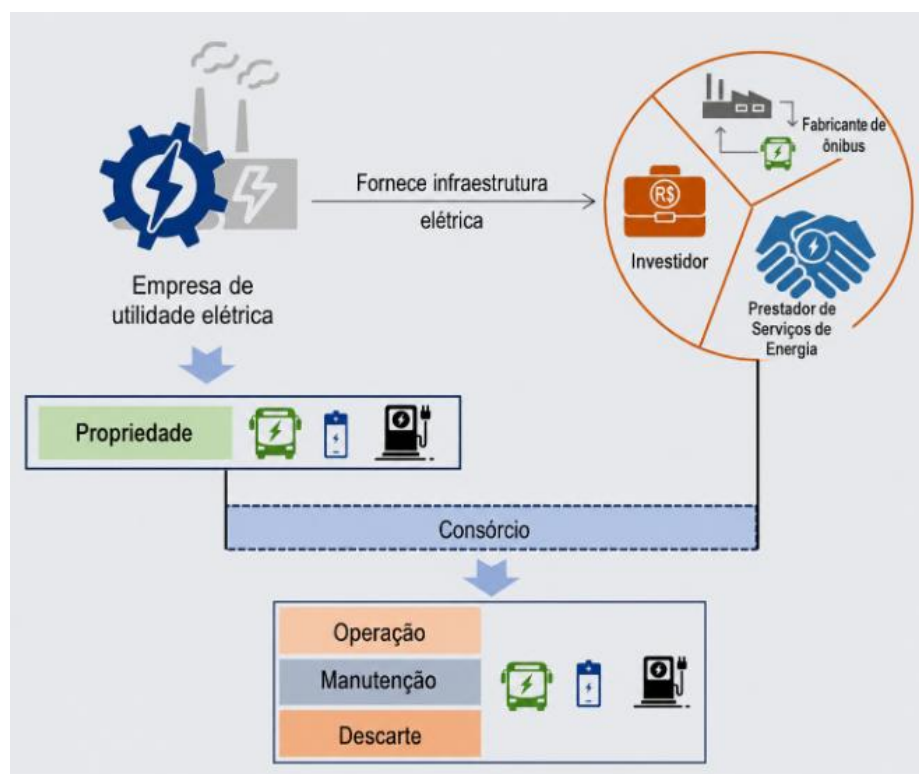


Fonte: Adaptado de Chowdhury e Roy (2024).

Modelo liderado pela concessionária de energia (*utility provider-led model*). Neste modelo, a empresa de energia é a principal detentora dos ativos, incluindo os ônibus elétricos, as baterias e os carregadores. Ela forma um consórcio com uma entidade privada (incluindo o fabricante, um operador e investidores) para realizar a operação e a manutenção dos veículos. Um caso concreto ocorreu com a *National Thermal Power Corporation* (NTPC) em Andaman, onde a empresa estatal de energia assumiu o papel de proprietária da frota e provedora da infraestrutura de recarga, contratando terceiros para a operação diária. Esse modelo busca aproveitar a capacidade de investimento e a *expertise* em gestão energética das concessionárias.



Figura 9 — Modelo liderado pela concessionária de energia



Fonte: Adaptado de Chowdhury e Roy (2024).

Modelo de contrato de custo líquido (Net Cost Contract — NCC). Este modelo foi implementado, de forma específica, na cidade de Indore. No NCC, tanto a autoridade de transporte público quanto o operador privado investem, conjuntamente, na aquisição dos ônibus, baterias e carregadores, na proporção de 75% (PTA) e 25% (operador). Em contrapartida, o operador privado assume toda a responsabilidade pela operação e manutenção da frota, bem como todos os riscos de receita. Nesse modelo, a receita do operador advém da arrecadação tarifária. O operador concorda em realizar um pagamento fixo (por quilômetro rodado) à autoridade pública ou em receber um pagamento fixo dela, dependendo se o serviço é lucrativo ou não. Em qualquer dos casos, o operador assume o risco de que as despesas sejam superiores ao previsto e de que as receitas provenientes dos passageiros fiquem abaixo do esperado.⁵³

⁵³ World Bank (2024).

Para apoiar o operador e minimizar seu risco financeiro, a PTA fornece a garagem e a energia elétrica em alta tensão. Um diferencial importante, no caso de Indore, foi que a PTA também cedeu ao operador rotas interestaduais de ônibus a diesel, que são consideradas mais lucrativas, como forma de subsídio cruzado, permitindo que o operador compensasse eventuais déficits da operação elétrica. Diferentemente dos outros modelos, nos quais o fabricante (OEM) participa diretamente do consórcio, no caso de Indore, o operador privado atuou sozinho na celebração do contrato. Isso só foi possível em decorrência de sua relação comercial de longa data com o fabricante, que atuou como fornecedor, mas sem integrar formalmente o consórcio.

Figura 10 — Modelo de contrato de custo líquido



Fonte: Adaptado de Chowdhury e Roy (2024).

Dentre os modelos de negócio descritos, o GCC consolidou-se como a principal aposta da Índia para a eletrificação do transporte público por ônibus. É relevante notar que, diferentemente do Brasil, onde o modelo mais comum é semelhante ao de compra direta indiano, no caso do GCC, os ônibus são fornecidos pelo fabricante, que integra o próprio consórcio. Assim, o custo para a autoridade de transporte não recai sobre o CAPEX do veículo, mas sobre o pagamento por quilômetro rodado, com ou sem subsídio. Foi esse arranjo o grande responsável por transferir ao setor privado os riscos tecnológicos e operacionais, permitindo que as empresas estaduais de transporte superassem suas limitações técnicas e de manutenção. A partir dessa escolha estruturante, o governo indiano desenhou uma sucessão de

programas nacionais que testaram, aperfeiçoaram e escalaram o GCC, incorporando gradualmente mecanismos de agregação de demanda, subsídios direcionados e garantias de pagamento. A seguir, descreve-se cada um desses programas, mecanismos de agregação e suas evoluções ao longo do tempo.⁵⁴

O ***Faster Adoption and Manufacturing of Hybrid & Electric Vehicles (FAME) I (2015–2019)*** foi o programa-piloto que introduziu o incentivo à eletromobilidade no transporte público indiano. A iniciativa apoiou a aquisição de 425 ônibus elétricos e híbridos em nove cidades, permitindo tanto o modelo de contrato GCC quanto a compra direta. Esta última foi adotada por cidades como Jammu, Lucknow, Indore, Kolkata e Guwahati, que adquiriram 150 ônibus elétricos. O subsídio do FAME I era concedido como um valor fixo por veículo, variando conforme a categoria do ônibus. A experiência demonstrou, contudo, que a compra direta apresentava desafios significativos. As empresas estaduais de transporte (*State Transport Undertakings* — STUs) frequentemente não possuíam capacidade técnica para realizar a manutenção dos veículos, garantir sua autonomia operacional ou assegurar a disponibilidade de peças de reposição, comprometendo a qualidade do serviço. Em contrapartida, cidades que adotaram o modelo GCC, como Hyderabad e, posteriormente, Mumbai, alcançaram melhor desempenho operacional e custos comparáveis aos dos ônibus a diesel. Essa constatação, de que o operador privado deveria assumir os riscos tecnológicos, orientou a evolução do programa para sua fase seguinte.

O ***FAME II (2019–2024)***, incorporando os aprendizados da fase anterior, estabeleceu o modelo GCC como única modalidade elegível para receber subsídios federais. A seleção inicial das cidades elegíveis para o subsídio identificou 64 municípios com intenção de implantar 5.595 ônibus. Na primeira fase do FAME-II, foram adquiridos cerca de 3.500 ônibus em 36 licitações realizadas. Algumas cidades não concretizaram as compras, mesmo sendo elegíveis, por razões como falta de capacidade técnica para gerir o processo, resistência ao modelo GCC e infraestrutura elétrica insuficiente em municípios menores. Mesmo entre as que finalizaram as licitações, muitos contratos não foram assinados em razão de

⁵⁴ As informações sobre os programas FAME I, FAME II, NEBP, *PM e-Bus Sewa*, PSM e *PM E-DRIVE* foram extraídas do relatório do ICCT (2025). A descrição do *Grand Challenge* fundamenta-se, exclusivamente, no estudo de caso da CESL (2022).

questões, como os impactos da pandemia de Covid-19 nas finanças das contratantes e preços descobertos acima do esperado.

Apesar do avanço limitado, o processo gerou aprendizados importantes: o número de propostas e os preços variaram amplamente entre as cidades, mesmo seguindo o mesmo modelo de contrato e adquirindo ônibus similares. Essa variação foi influenciada por parâmetros operacionais distintos, volumes de compra que variavam de 25 a 300 ônibus por cidade, especificações técnicas diferentes e, sobretudo, pela grande disparidade na capacidade de crédito dos municípios, o que impactava o risco percebido pelos licitantes. Contudo, a primeira fase do FAME-II não atingiu a adesão esperada, levando o governo a buscar abordagens alternativas para cumprir seus objetivos.

Subsídio do FAME II no modelo GCC

O subsídio do FAME II para ônibus elétricos funciona de forma indireta, integrado ao modelo de contrato de custo bruto (GCC), no qual a autoridade de transporte pública contrata um serviço completo de mobilidade, pagando um valor fixo por quilômetro rodado ao operador privado. Ao participar da licitação, o operador calcula o preço por quilômetro que cobrará para operar a frota durante todo o contrato (geralmente 12 anos). Esse preço já considera todos os seus custos — compra e financiamento dos ônibus, infraestrutura de recarga, operação, manutenção, eletricidade e lucro — e já subtrai o subsídio esperado do governo.

Na prática, a autoridade de transporte local paga ao operador o valor integral do contrato por quilômetro rodado. Contudo, o governo federal reembolsa a autoridade pelo valor do subsídio, reduzindo o custo efetivo para o ente local. O operador recebe o valor total acordado, mas o governo local desembolsa apenas a diferença — o subsídio federal cobre o restante.

Com aprendizados da fase 1 do FAME II e ainda dentro desse programa, o *Grand Challenge* (2021–2022) foi lançado em 2021 pela CESL e é a maior licitação mundial de ônibus elétricos até então. A iniciativa reuniu a demanda de 5.450 ônibus de cinco cidades (Deli, Calcutá, Bangalore, Hyderabad e Surat), operando sob o modelo GCC com subsídios do programa FAME II. Como detalhado na Seção 3.1.1, o processo foi conduzido pela CESL e fundamentou-se na padronização de especificações técnicas e contratuais, cujos parâmetros foram descritos na Tabela 2 da Seção 3.1.1.1 e na agregação de demanda das cinco cidades participantes.



Os resultados obtidos representaram um ponto de inflexão na trajetória de eletrificação do transporte público indiano. Os preços por quilômetro rodado oferecidos no âmbito do modelo de contrato de custo bruto (GCC) foram de 23% a 27% inferiores aos custos por quilômetro dos ônibus a diesel ou a GNV nas cidades participantes, mesmo sem a consideração de qualquer subsídio. Quando incorporado o subsídio do programa FAME II, a redução alcançou patamares de 31% a 35%. Em comparação com as licitações anteriores realizadas no âmbito da primeira fase do FAME II, os preços caíram de 28% (Surat) a 52% (Calcutá), o que corresponde a uma economia estimada superior aproximadamente USD 1,3 bilhão ao longo de 12 anos de vigência de contratos⁵⁵⁵⁶

Já o National Electric Bus Program (NEBP) (2022–presente) foi lançado logo depois, com a meta de implantar 50.000 ônibus elétricos, institucionalizando a estratégia de agregação de demanda em escala nacional. Seu primeiro edital resultou na contratação de 6.465 ônibus para seis estados e territórios, alcançando tarifas de remuneração do serviço por quilômetro rodado aproximadamente 29% inferiores aos contratos de ônibus a diesel à época vigentes.

Estima-se que essa primeira fase evitará a emissão de 4,62 milhões de toneladas de CO₂ ao longo de 12 anos de operação. Contudo, um segundo edital, direcionado a cidades de médio e pequeno porte, enfrentou baixa participação dos fabricantes. Entre os principais fatores estavam a ausência de subsídios diretos, os critérios de qualificação considerados elevados e, sobretudo, a insegurança quanto à capacidade de pagamento das STUs, historicamente deficitárias.

Essa experiência evidenciou que a expansão da eletrificação para todo o território nacional exigiria critérios mais flexíveis e, principalmente, mecanismos de garantia de pagamento capazes de reduzir o risco financeiro para os operadores privados.

Em resposta aos desafios identificados no NEBP, o **PM e-Bus Sewa (2023–presente)**⁵⁷ foi concebido para atender a 169 cidades de médio e pequeno porte, com população

⁵⁶ CESL (2022).

⁵⁷ O nome *PM e-Bus Sewa* combina o termo em inglês "e-Bus" com a palavra em hindi "Sewa", que significa "serviço". O nome reflete o foco do programa no serviço de transporte público em vez da compra do veículo.

de até 4 milhões de habitantes. O programa tem como meta a implantação de 10.000 ônibus elétricos. A iniciativa adota o modelo de parceria público-privada (PPP) e oferece subsídios diretos para aquisição de veículos e implantação de infraestrutura de recarga. Sua principal inovação foi a criação do *Payment Security Mechanism* (PSM), um fundo garantidor que assegura o pagamento aos operadores privados, mesmo em situações de inadimplência das STUs. O mecanismo inclui instrumentos de recuperação financeira por meio de débito direto junto aos entes responsáveis, visando amenizar o risco de não pagamento aos consórcios pelas STUS.

Os aprendizados acumulados ao longo da trajetória dos programas anteriores foram incorporados ao **PM E-DRIVE (2024–2026)**.⁵⁸ A iniciativa alocou recursos para apoiar a aquisição de 14.028 ônibus elétricos destinados ao transporte público, além da implantação de 1.800 carregadores rápidos.

Com foco em nove grandes cidades, a política prioriza a renovação das frotas das STUs e introduz uma importante inovação regulatória: a possibilidade de adoção de modelos alternativos ao GCC, sempre que tecnicamente justificável.

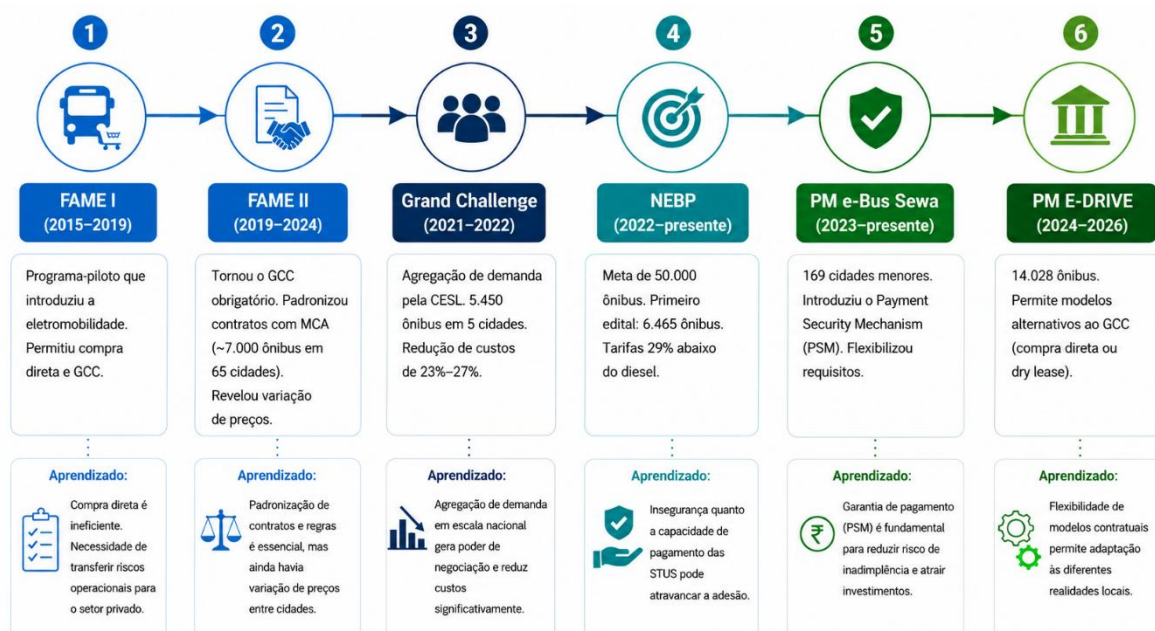
Essa flexibilização é especialmente relevante para regiões montanhosas, costeiras e insulares, onde características operacionais específicas podem demandar soluções distintas. A medida reconhece que a transição para a eletromobilidade deve considerar as capacidades institucionais e operacionais locais, preservando, simultaneamente, os ganhos de escala e eficiência obtidos nas fases anteriores.⁵⁹

⁵⁸ O nome *PM E-DRIVE* é um acrônimo em inglês para *Prime Minister's Electric Drive Revolution in Innovative Vehicle Enhancement* (Revolução do Primeiro-Ministro na Propulsão Elétrica para o Aprimoramento de Veículos Inovadores).

⁵⁹ Embora o *PM e-Bus Sewa* e o *PM E-DRIVE* sejam programas distintos, eles não são mutuamente excludentes. Ambos foram aprovados em conjunto pelo Gabinete da União em setembro de 2024 e operam de forma complementar: o *PM E-DRIVE* atua como subsídio direto ao veículo (CAPEX), enquanto o *PM e-Bus Sewa* oferece garantia de pagamento para mitigar riscos operacionais (OPEX) no modelo GCC. Cidades com mais de 4 milhões de habitantes são elegíveis para o *PM E-DRIVE*, enquanto o *PM e-Bus Sewa* atende a cidades entre 300 mil e 4 milhões de habitantes. Não há impedimento para que uma cidade elegível a um dos programas também se beneficie do outro mecanismo, desde que atenda aos critérios estabelecidos, criando um ecossistema de incentivos em múltiplas camadas.

O percurso descrito, que se inicia com o programa-piloto FAME I, avança com a consolidação do modelo de custo bruto no FAME II, alcança escala com a agregação de demanda da CESL no *Grand Challenge* e, por fim, se desdobra em iniciativas complementares, como o NEBP, o *PM e-Bus Sewa* e o *PM E-DRIVE*. Cada uma dessas iniciativas incorporou ajustes, aperfeiçoamentos e inovações institucionais, evidenciando que a estratégia indiana não se limita a uma política isolada, mas constitui um processo contínuo de aprendizado institucional e evolução dos mecanismos de promoção da eletromobilidade, cuja síntese evolutiva está representada na Figura 11.

FIGURA 11 — Evolução do apoio governamental à eletromobilidade na Índia



Fonte: Elaboração própria.

Apesar do avanço significativo das licitações — com o governo indiano tendo lançado processos para quase 62 mil ônibus elétricos nos últimos seis anos, dos quais, aproximadamente, 46 mil já foram contratados — a efetiva operação desses veículos tem ocorrido de forma mais lenta que o esperado. Até março de 2026, apenas, aproximadamente, 16,3 mil ônibus estavam efetivamente em circulação,

evidenciando a persistência de desafios estruturais e operacionais que dificultam a expansão da frota.⁶⁰

Dentre os principais gargalos⁶¹ que explicam essa diferença entre contratos e operação, destacam-se:

- **Dependência de cadeias globais de suprimentos:** Fabricantes ainda dependem de componentes críticos importados (baterias, motores, sistemas eletrônicos), o que os torna vulneráveis a interrupções no fornecimento e à volatilidade de custos.
- **Impactos da pandemia e gargalos produtivos:** Os efeitos da Covid-19 afetaram, severamente, a produção até o ano fiscal de 2023. Mesmo após a recuperação, as montadoras continuam enfrentando problemas relacionados ao fornecimento de insumos, capacidade de manufatura, disponibilidade de capital e ineficiências operacionais.
- **Limitações de infraestrutura:** A insuficiência de garagens e instalações de recarga adequadas — especialmente em cidades de médio porte — cria obstáculos à integração das novas frotas.
- **Atrasos nos pagamentos das STUs:** As empresas estatais de transporte, frequentemente, atrasam os pagamentos aos operadores privados, elevando o risco financeiro e desestimulando a participação em futuras licitações.

6.1.1 Como funciona o mecanismo de compra agregada atualmente?

O mecanismo de compra agregada adotado pela Índia, especialmente a partir do *Grand Challenge*, pode ser resumido nos seguintes passos:

1. **Adesão e compromisso das autoridades locais:** As empresas estaduais de transporte que desejam participar devem adotar o modelo de contrato de GCC e assinar um mandato de débito direto com o *Reserve Bank of India* (RBI), garantindo a recuperação de eventuais inadimplências.

⁶⁰ KPMG India (2026).

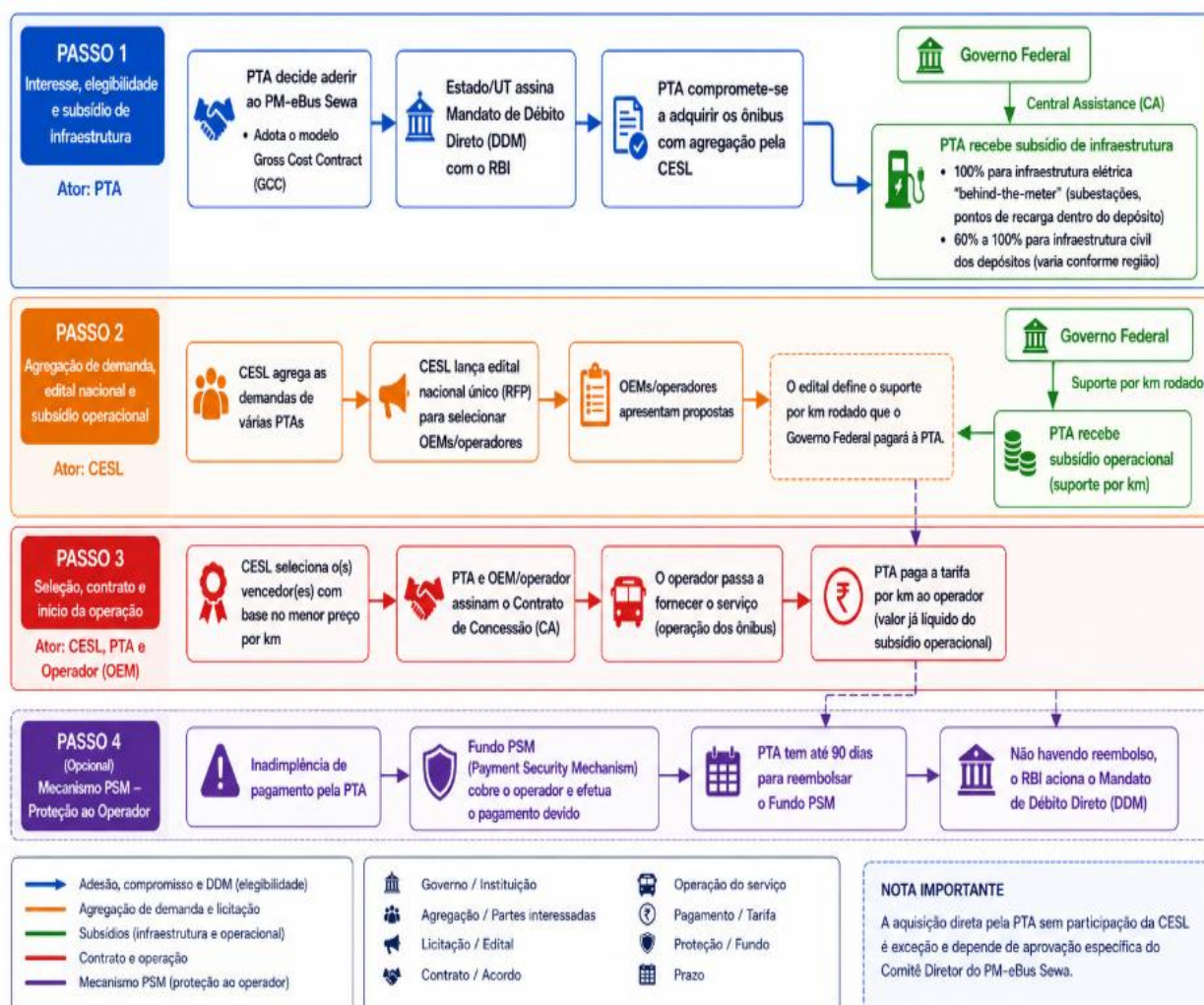
⁶¹ KPMG India (2026).



2. **Agregação de demanda pela CESL:** A agência nacional CESL consolida as demandas de ônibus elétricos de várias PTAs, padronizando especificações técnicas e contratuais (tipos de veículo, quilometragem diária, autonomia, infraestrutura de recarga etc.).
3. **Lançamento de edital nacional único:** Com as demandas agregadas, a CESL publica um único edital (RFP), dividido por lotes correspondentes às demandas de cada PTA, para selecionar consórcios privados (incluindo fabricantes e operadores), que competem propondo um preço por quilômetro rodado.
4. **Seleção e contrato:** Vence a licitação o consórcio que oferecer o menor preço por km. As PTAs e o consórcio vencedor assinam um Contrato de Concessão (CA) de 12 anos com base no modelo GCC — ou seja, o poder público paga exclusivamente pelo serviço efetivamente rodado, não pela compra dos ativos.
5. **Garantia de pagamento:** Para mitigar o risco de inadimplência das PTAs, o governo federal instituiu um fundo garantidor (PSM). Em caso de atraso ou não pagamento, o operador aciona a CESL, que paga diretamente do fundo; a PTA tem 90 dias para reembolsar o valor acrescido de juros, sob pena de acionamento do débito direto junto ao RBI.

O fluxo simplificado desse processo pode ser visto na figura a seguir:

Figura 12 — Mecanismo de financiamento de compra agregada na Índia



Fonte: Elaboração própria.

6.2 Programa Caminho da Escola

Instituído pela Resolução CD/FNDE nº 03/2007, o Programa Caminho da Escola foi consolidado e regulamentado em sua operação pela Resolução CD/FNDE nº 01/2021 e, mais recentemente, disciplinado pelo Decreto nº 11.162/2022. Esse programa representa a mais significativa experiência brasileira de compra agregada de ônibus

em larga escala. Embora não contemple somente ônibus,⁶² e não considere atualmente ônibus elétricos e nem infraestrutura de recarga, sua estrutura e funcionamento oferecem aprendizados importantes para o desenho de futuras políticas de aquisição de frotas.

O programa utiliza o modelo de ata de registro de preços nacional, gerenciada pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Por meio de pregões eletrônicos, o FNDE registra preços para diferentes categorias de veículos — os Ônibus Rural Escolar (ORE) e os Ônibus Urbano Escolar Acessível (ONUREA). Estados, Distrito Federal e municípios podem aderir voluntariamente à ata e celebrar contratos diretamente com os fornecedores. Mais recentemente, o FNDE passou a atuar também como participante na origem, realizando aquisições centralizadas (no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento — PAC) e destinando os veículos diretamente aos entes subnacionais.

Os veículos são classificados em tipologias rígidas, com especificações técnicas detalhadas nos anexos dos editais. As categorias incluem ORE Zero, ORE 1, ORE 2, ORE 3 (diferentes portes e capacidades para áreas rurais) e ONUREA piso alto e piso baixo (para áreas urbanas, com acessibilidade). Cada tipologia traz requisitos de segurança, normas técnicas (ABNT, CONTRAN) e, no caso dos ONUREA, dispositivos de acessibilidade. Um aspecto notável é a previsão de múltiplas opções de distribuição de assentos (até cinco *layouts* diferentes), permitindo certo grau de customização sem comprometer a padronização produtiva.

⁶² Além de ônibus, o programa prevê apoio à aquisição de embarcações e bicicletas.



Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

Figura 13 — Tipos de ônibus escolares do Programa Caminho da Escola



Fonte: [FNDE](#).

Histórico de aprimoramento contínuo

Desde sua criação em 2007, o Caminho da Escola passou por diversas fases de aperfeiçoamento, sempre orientado por estudos e pela colaboração de múltiplos atores.

O primeiro veículo projetado foi o ônibus escolar rural, desenvolvido em parceria com o INMETRO, que estabeleceu especificações adequadas ao tráfego em vias precárias. Nos anos seguintes, o FNDE realizou estudos e pesquisas que contaram com a colaboração de gestores estaduais e municipais, essenciais para estabelecer normas e definir novas ações. Foram estabelecidas parcerias com a



Marinha do Brasil e universidades para o transporte aquaviário, resultando na construção de 674 lanchas escolares.

Figura 14 — Protótipo de lancha escolar desenvolvido pela marinha brasileira



Protótipo de uma “lancha de transporte escolar”

Fonte: Naval.com.

Em 2012, o programa foi ampliado com o ônibus urbano escolar acessível, concebido a partir de conversações com representantes da educação especial, do INMETRO e de diversos fabricantes, garantindo a transversalidade da educação especial.

Mais recentemente, foram dois momentos importantes para a consolidação da política. Em junho de 2020, o FNDE realizou consulta pública para definir, entre outras ações, as especificações dos ônibus escolares junto a fornecedores, representantes da indústria e cidadãos. Já em maio 2025, foi lançada uma [audiência pública](#) com o intuito de aprimorar essas especificações.

Essa trajetória demonstra que o modelo do Caminho da Escola é resultado de um processo contínuo de aprendizado e colaboração entre governo, especialistas e setor produtivo.

O financiamento da aquisição pode ocorrer de três formas: assistência financeira do FNDE no âmbito do Plano de Ações Articuladas (PAR), sujeita à disponibilidade orçamentária da União; recursos próprios dos entes subnacionais; ou linhas de

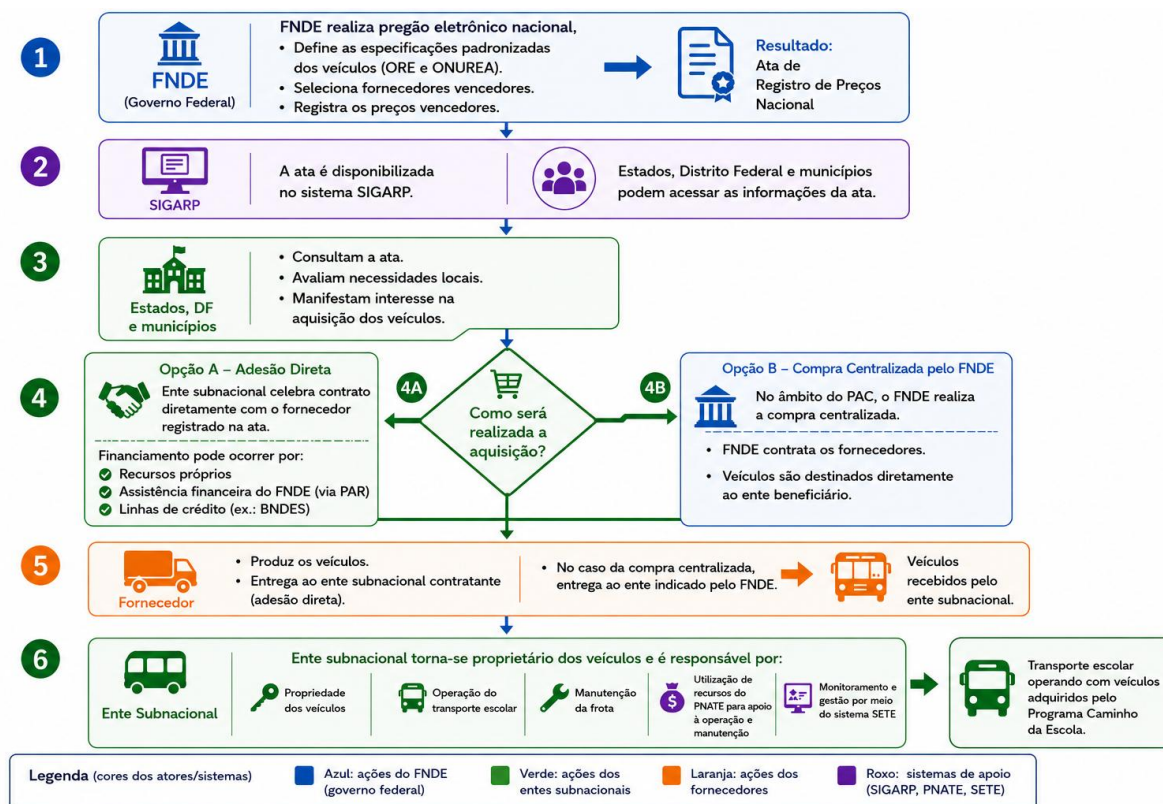
crédito junto a instituições financeiras, incluindo o BNDES (exceto para bicicletas). Mais recentemente, a Resolução CD/FNDE nº 14/2025 introduziu a possibilidade de o Fundo atuar como participante na origem, realizando aquisições centralizadas com recursos da União (no âmbito do PAC) e destinando os veículos diretamente aos beneficiários, sem que eles precisem desembolsar recursos próprios ou contratar financiamento. Essa modalidade aproxima o programa de um modelo de agregação de demanda no qual a esfera federal não apenas coordena a licitação, mas também financia e distribui os ativos.

O programa atual não prevê a aquisição de ônibus elétricos nem de infraestrutura de recarga. Para uma futura adaptação à eletromobilidade, seria necessário incorporar carregadores, subestações e obras civis nas garagens, o que não está contemplado.

Quanto à manutenção e custeio, o programa conta com o Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (PNATE), que repassa recursos, automaticamente, a estados e municípios para despesas como combustível, manutenção, peças e seguro. Contudo, a aquisição de peças e a contratação de serviços de manutenção ainda exigem licitações públicas, o que pode gerar ineficiência e descontinuidade. O governo federal monitora a aplicação dos recursos por meio do Sistema Eletrônico de Gestão do Transporte Escolar (SETE). A garantia exigida nos editais é de 24 meses, com duas manutenções preventivas obrigatórias, mas não há previsão para assistência técnica ou reposição de peças após o período de garantia.

O fluxograma, a seguir, exemplifica como se desenvolve o processo de compra no Programa Caminho da Escola.

Figura 15 — Fluxograma do processo de compra no Programa Caminho da Escola



Fonte: Elaboração própria.

Vale a pena notar que a participação da indústria tem sido expressiva ao longo dos últimos anos, com diversos fabricantes (Volkswagen, Marcopolo, Agrale, Mercedes-Benz, Iveco, entre outros) competindo nas atas de registro de preços. Entretanto, nos pregões mais recentes (2026), a Volkswagen respondeu por, aproximadamente, 84% das unidades vencedoras (4.590 de 5.470), o que sinaliza um potencial risco de concentração de mercado.

6.3 O Novo PAC como política de financiamento

O Novo PAC — Programa de Aceleração do Crescimento, eixo Cidades Sustentáveis e Resilientes, subeixo Mobilidade Urbana Sustentável marca um ponto de inflexão na política de eletromobilidade nacional ao mobilizar um volume de recursos financeiros e articular uma escala de demanda sem precedentes para a aquisição de ônibus elétricos no Brasil. O programa representa um exercício para viabilizar a

transição energética do transporte público coletivo por meio do suporte de financiamento aos entes subnacionais.

O principal mecanismo do PAC para a renovação da frota de ônibus é o subeixo Renovação de Frota, vinculado ao Eixo Mobilidade Urbana Sustentável. A política opera sob uma lógica de demanda induzida e coordenada, na qual o governo federal, por meio do Ministério das Cidades, atua como articulador e indutor de um processo de compras que é, na origem, descentralizado.

O programa tem como objetivo promover a aquisição de veículos, equipamentos e sistemas embarcados para o transporte público coletivo, incluindo ônibus elétricos e equipamentos de recarga, veículos a diesel (Euro-6) para sistemas BRT, corredores exclusivos e sistema convencional, além de aquisição de material rodante para sistemas sobre trilhos e aquisição de barcos para sistemas aquaviários.

O modelo de financiamento do PAC apoia-se em três pilares principais:⁶³

1. **Seleção e Aprovação de Projetos:** As propostas de renovação de frota são enviadas por proponentes elegíveis (Estados, Distrito Federal, municípios com mais de 150 mil habitantes, consórcios públicos e operadores privados que detenham concessão ou permissão do serviço de transporte público coletivo) em formato de "carta-consulta" ao Ministério das Cidades.
2. **Crêterios de Elegibilidade e Recursos Financeiros:** O programa impõe requisitos como conteúdo local mínimo para os ônibus e exige a contrapartida financeira do proponente (percentual mínimo de 5% do valor do investimento, conforme a Instrução Normativa nº 12/2025 do Ministério das Cidades). O montante total de recursos provém do FGTS (operado pela Caixa Econômica Federal).⁶⁴

⁶³ A análise do Novo PAC apresentada nesta seção fundamenta-se nos documentos oficiais do programa: o Manual para cadastramento, enquadramento e seleção de propostas no âmbito do Novo Programa de Aceleração do Crescimento — PAC, na área de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2023), o Manual para contratação de propostas no âmbito do Novo Programa de Aceleração do Crescimento — PAC, na área de Mobilidade Urbana, para o subeixo Renovação de Frota para o setor público (BRASIL, 2024) e a Instrução Normativa nº 12/2025, todos disponibilizados pelo Ministério das Cidades.

⁶⁴ Na primeira seleção do Programa, os recursos foram provenientes tanto do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), operado pela Caixa Econômica Federal, quanto do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima — Fundo Clima, gerido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

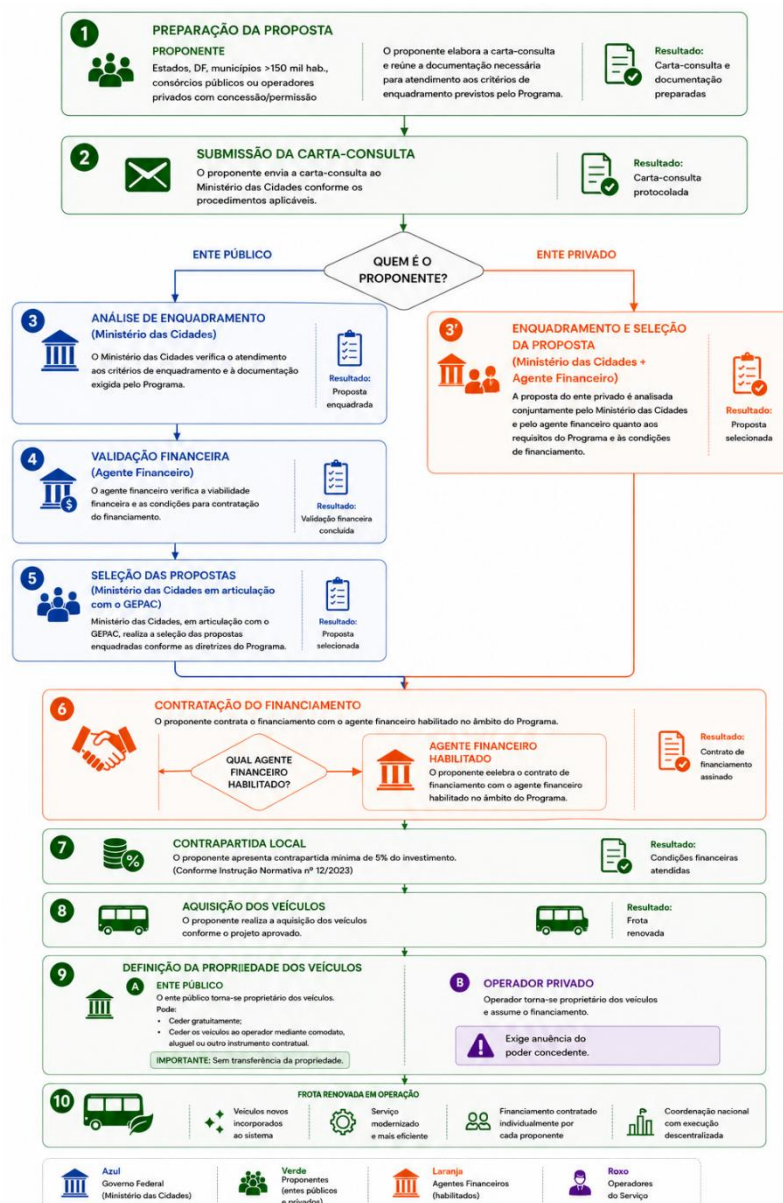
3. **Financiamento e Execução:** Após a seleção, o proponente contrata o financiamento com agentes financeiros. Os municípios são os proprietários dos veículos e podem cedê-los aos operadores por meio de contratos de comodato, aluguel ou outros formatos, desde que a posse não seja transferida. Quando a aquisição é pelo operador privado, a propriedade é dele, ou alienados ao banco, no caso de os veículos fazerem parte da garantia do financiamento.

Para que os projetos sejam elegíveis no âmbito do Novo PAC, os proponentes devem atender a uma série de requisitos técnicos e operacionais. É necessária a existência ou a implantação de:

- Sistema de ar-condicionado para o conforto térmico dos passageiros.
- Conectividade para o acesso à internet sem fio gratuito aos passageiros.
- Sistemas embarcados de bilhetagem e rastreamento para monitoramento da operação.

Diversas cidades, em diferentes regiões do país, submetem suas propostas a um mesmo processo de seleção nacional. Contudo, ao contrário da Índia, a compra não é processada por uma única entidade agregadora centralizada, resultando em contratos de financiamento e aquisição separados para cada proponente. Devemos reforçar que o PAC é uma ferramenta para acesso a financiamento com taxas e prazos melhores que os oferecidos normalmente pelo mercado financeiro, para a aquisição de frotas de ônibus urbano, incluindo o ônibus elétrico e sua infraestrutura de recarga.

Figura 16 — Fluxograma de funcionamento do Novo PAC



Fonte: Elaboração própria.

6.4 Como o setor avalia a compra agregada no Brasil

Uma política de compra agregada só é viável se os atores que precisam implementá-la — indústria, poder público e operadores — enxergarem nela mais oportunidade que risco. Para mapear esse terreno, foram realizadas entrevistas com representantes dos três grupos, e o que emerge não é consenso: é um mapa

de convergências parciais e tensões reais que qualquer desenho de política precisará enfrentar. A seguir, será apresentada a sistematização da percepção sobre três eixos centrais: a viabilidade e os riscos da compra agregada de ônibus elétricos; as lições e as limitações do Programa Caminho da Escola como modelo de aquisição nacional; e o papel do Novo PAC como política de financiamento e indutor de demanda.

Para a indústria, a percepção sobre a compra agregada é mista, com uma propensão maior ao ceticismo do que ao otimismo. Segmentos reconhecem na agregação de demanda uma oportunidade real para ganhar escala, diluir custos fixos de engenharia e planejar a produção com previsibilidade, reduzindo a fragmentação de especificações que hoje exige projetos customizados para cada cidade. Para esses atores, uma compra agregada nacional poderia estimular a padronização de componentes, facilitar a negociação com fornecedores e até viabilizar investimentos em linhas de montagem dedicadas.

Contudo, parte da indústria — especialmente os grandes fabricantes de ônibus completos e aqueles que investem em tecnologia de ponta, como baterias de alta densidade, sistemas de segurança ativa e telemetria avançada, — adota uma posição mais crítica. O argumento central é que a centralização excessiva pode privilegiar o menor preço imediato em detrimento da qualidade, da durabilidade e do suporte pós-venda. Fabricantes relatam que, em licitações nacionais com foco apenas no preço unitário do veículo, a concorrência se reduz a uma guerra de preços que favorece fornecedores de baixa especificação (com baterias de menor ciclo de vida, carrocerias menos robustas e redes de assistência técnica precárias). Isso excluiria tecnologias mais avançadas — como baterias com maior longevidade — que elevam o custo inicial, mas reduzem o TCO ao longo da vida útil do contrato. A indústria teme que a compra agregada, ao priorizar o preço de entrada, crie um mercado de "*commodities* de baixa qualidade", desestimulando inovação e criando barreiras para *players* que investem em diferenciais técnicos e em assistência técnica capilarizada. Nesse contexto, três elementos são ressaltados como críticos e merecem aprofundamento.

O primeiro é o risco de obsolescência tecnológica. A tecnologia de baterias evolui em ritmo acelerado — baterias de estado sólido, novas químicas com nióbio ou sódio, sistemas de recarga ultrarrápida —, e uma frota padronizada por uma compra agregada pode ficar ultrapassada antes mesmo do fim de um contrato típico de

concessão (12 a 15 anos). Fabricantes alertam que, se o edital fixar uma química específica (ex.: LFP) ou uma faixa estreita de desempenho, o comprador estará "congelando" a frota com uma tecnologia que pode se tornar ineficiente ou incompatível com a infraestrutura de recarga do futuro, gerando um passivo de difícil reversão.

O segundo gargalo é a rigidez das regras de nacionalização do BNDES/Finame. As exigências progressivas de conteúdo local, especialmente para baterias, são vistas como uma barreira artificial à concorrência. Como a oferta doméstica de baterias de lítio ainda é embrionária (poucos fornecedores credenciados), a necessidade de aumentar, gradualmente, o índice de nacionalização pode encarecer os veículos, restringir a entrada de fornecedores globais com soluções mais avançadas e criar um oligopólio doméstico. Parte da indústria argumenta que uma política de compra agregada deveria combinar conteúdo local progressivo com janelas temporárias de importação.

O terceiro diz respeito à propriedade do ativo em uma possível compra agregada. Setores da indústria demonstram receios em relação à adimplência dos veículos no processo de compra do setor público. Alguns relatos indicam a ocorrência de situações em que obrigações de pagamento relacionadas à aquisição de ônibus a diesel não teriam sido integralmente cumpridas, resultando em disputas judiciais.

Já **os gestores públicos**, em contraste com a indústria, enxergam a compra agregada de forma predominantemente positiva, como um instrumento de segurança jurídica e nivelamento técnico, em especial para municípios de menor capacidade. Para prefeituras que não dispõem de equipes especializadas em engenharia de ônibus elétricos ou em contratos de concessão complexos, a existência de uma referência nacional padronizada reduz, drasticamente, o risco de erros em editais, de contestações judiciais por direcionamento e de aquisição de equipamentos incompatíveis. A segurança jurídica é um fator especialmente valorizado, pois hoje muitos gestores evitam lançar licitações inovadoras com receio de judicialização por improbidade administrativa, ou de terem seus editais suspensos pelo Tribunal de Contas.

As principais oportunidades indicadas são a simplificação de editais (aderir a uma ata nacional pronta ao invés de desenhar especificações do zero), a redução de preços por volume (pela agregação de demanda) e a garantia de interoperabilidade entre diferentes marcas de veículos e carregadores, evitando o aprisionamento

tecnológico que hoje preocupa muitos gestores. Gestores de cidades médias relatam que, sem uma referência nacional, acabam replicando editais de São Paulo ou Curitiba de maneira acrítica, mesmo sem saber se aquelas especificações são ideais para sua realidade, simplesmente por falta de alternativa.

O maior risco, na visão do setor público, é a incompatibilidade com infraestruturas legadas, caso a compra agregada esteja vinculada a uma padronização que não considere especificidades locais. Cidades como Curitiba, Goiânia e Belo Horizonte possuem corredores de BRT consolidados com plataformas de altura fixa e posições de portas predefinidas — características que foram desenhadas décadas atrás e que não podem ser alteradas sem custos proibitivos. Um ônibus padronizado nacionalmente que não respeite essas especificidades (ex.: portas em posição diferente ou altura do piso incompatível) pode simplesmente não operar, o que exigiria reformas caríssimas nas estações ou forçaria os gestores a descumprirem contratos de concessão em vigor. Esse conflito entre a escala nacional e a diversidade local — já tratado na seção 4.1 — leva muitos gestores a defenderem uma padronização "modular", que permita exceções justificadas ou configurações regionais.

Já **os operadores** adotam uma posição de ceticismo: consideram a compra agregada nacional uma possibilidade apenas no médio prazo e, ainda assim, com muitas ressalvas. Eles reconhecem a oportunidade de melhores preços e condições de financiamento, levando em conta o volume da agregação. No entanto, dois receios centrais emergem das entrevistas, ambos relacionados à perda de autonomia e à alteração do modelo de negócio tradicional.

O primeiro receio é a perda do poder de barganha direta com os fabricantes. No modelo atual, os operadores — especialmente os de grande porte — negociam individualmente com os fornecedores, podendo adaptar especificações, prazos, condições de pagamento e, sobretudo, obter vantagens competitivas por meio de relações de longo prazo. Em uma potencial compra agregada nacional, a depender de como fosse feita, essa margem de manobra desapareceria; o preço e as condições poderiam ser definidos por um edital único, potencialmente descolado das realidades regionais.

O segundo receio, ainda mais estrutural, é a perda da remuneração sobre o capital investido, se o governo se tornar o proprietário dos ônibus. Como detalhado na seção 4.2 (percepção dos operadores), o modelo tradicional do transporte público

por ônibus a diesel no Brasil sustenta-se na propriedade privada da frota: o operador adquire os veículos com seus recursos (ou financiamento), remunera esse capital ao longo do contrato por meio da tarifa e ainda conta com o valor residual dos veículos no mercado secundário ao fim da concessão. Esse fluxo — investimento, amortização via tarifa, revenda — é uma engrenagem central da rentabilidade do setor. Transferir a propriedade para o poder público, como ocorreria em uma compra agregada em que o governo é o proprietário dos veículos, retiraria do operador não apenas a possibilidade de lucrar com a revenda, mas também a própria lógica de remuneração do capital investido a que está acostumado. A consequência seria a necessidade de renegociar contratos de concessão inteiros, o que os operadores veem como um processo incerto e potencialmente conflituoso.

O maior risco enxergado pelos operadores, contudo, não é a perda de rentabilidade, mas, sim, a ineficiência crônica da gestão pública de frotas. Eles citam a experiência do Caminho da Escola e de frotas municipais de ônibus a diesel: a burocracia para manutenções simples — como a compra de pneus, pastilhas de freio ou faróis — pode levar meses, porque cada aquisição exige licitação, mesmo que o valor seja ínfimo. Resultado: veículos parados por longos períodos, quilometragem reduzida e sucateamento precoce. Os operadores temem que, se a frota elétrica for de propriedade pública, o mesmo problema se repetirá — mas com consequências ainda mais graves, pois a manutenção de ônibus elétricos exige técnicos especializados, ferramentas específicas, estoque de peças de alta tecnologia e, sobretudo, agilidade para não interromper o serviço. A combinação de burocracia e complexidade técnica poderia gerar os chamados "cemitérios de ônibus elétricos", um risco que nenhum operador está disposto a assumir sem garantias contratuais muito robustas.

Essas diferentes visões sobre os riscos e as oportunidades da compra agregada ganham concretude quando se examina a experiência do Programa Caminho da Escola, a mais ampla política brasileira de aquisição centralizada de ônibus.

O Programa Caminho da Escola é conhecido por todos os setores, mas as avaliações divergem. **Na indústria**, alguns o consideram uma referência bem-sucedida de



compra agregada em escala nacional (mais de 40 mil veículos adquiridos,⁶⁵ — centenas de municípios, adesão voluntária), enquanto outros criticam a baixa especificação dos veículos (ar-condicionado e conectividade só recentemente incorporados) e a falta de solução para a manutenção em cidades pequenas e remotas — a garantia de 24 meses e a ausência de assistência capilarizada resultam em um parque de veículos inoperantes. Esse histórico gera ceticismo sobre a capacidade do modelo de sustentar a eletrificação. Para adaptá-lo, a indústria defende a inclusão obrigatória da infraestrutura de recarga no pacote de compra. **Os gestores públicos** reconhecem o sucesso logístico, mas alertam para as mesmas falhas de manutenção; consideram o modelo replicável para elétricos apenas com gestão profissional da frota (telemetria, controle de manutenção) e garantias de pós-venda capilarizadas. **Os operadores** avaliam o programa de forma predominantemente negativa: a falta de manutenção estruturada comprometeu a sustentabilidade da frota, e o modelo é pouco replicável para operação urbana comercial sem uma revisão completa do suporte técnico — ônibus elétrico não pode ser mantido por “oficina de bairro”; exige técnicos qualificados, estoque de peças de alta tecnologia e garantias de década para baterias, condições que o programa atual não oferece.

Se o Caminho da Escola representa um modelo de compra agregada já consolidado (embora com graves limitações de manutenção), o Novo PAC surge como um instrumento central para o financiamento da eletrificação da frota no presente.

O Novo PAC é amplamente mencionado como o principal indutor de demanda para ônibus elétricos no Brasil, mobilizando bilhões de reais do Fundo Clima e do FGTS. As críticas, porém, são consistentes entre os setores. Setores da **indústria** argumentam que a sinalização antecipada de uma demanda elevada pode ter contribuído para a elevação dos preços. Segundo esse entendimento, o anúncio governamental da intenção de adquirir milhares de ônibus em um curto período teria gerado um aumento expressivo da demanda que a capacidade produtiva disponível da indústria não conseguiria atender de forma imediata, levando os

⁶⁵ Segundo informações disponibilizadas no *dashboard* público do programa no dia 25 de junho de 2026, foram exatamente 44.252 veículos adquiridos pelo programa.

fabricantes a reajustarem os preços de maneira preventiva⁶⁶ [?] Além disso, o programa é visto mais como fonte de recursos, por meio de linha de crédito, que como instrumento de coordenação de demanda. **Os gestores públicos** reconhecem o Novo PAC como a grande janela de oportunidade, mas indicam gargalos: dificuldade de cumprir a contrapartida mínima de 5% (penaliza cidades com orçamentos apertados), prazos apertados entre aprovação e assinatura do contrato (incompatíveis com a velocidade da engenharia municipal) e exigência de projetos de mobilidade já estruturados (exclui municípios em estágio inicial de organização). **Os operadores** também relataram incertezas quanto à elegibilidade para acesso à linha de crédito, uma vez que, em sua fase inicial, não estava claramente definida a possibilidade de participação dos operadores privados. Além disso, criticaram a ausência de uma política nacional de implementação gradual e de um cronograma plurianual, argumentando que essa falta de previsibilidade gerou distorções na alocação dos recursos. Como exemplo, indicaram que alguns municípios de pequeno porte solicitaram quantitativos de ônibus elétricos superiores ao tamanho de suas frotas em operação, com o objetivo de não perder a oportunidade de acesso ao financiamento.

6.5 Lições e gargalos para a compra agregada no Brasil

A análise das experiências da Índia, do Programa Caminho da Escola e do Novo PAC revela que a compra agregada de ônibus elétricos no Brasil é viável, entretanto exige o enfrentamento de desafios estruturais já identificados. A seguir, sintetizam-se as principais lições e os gargalos que devem orientar o desenho de uma futura política nacional.

Com relação às lições aprendidas, podemos citar como principais:

1. **Coordenação nacional com entidade agregadora** — O caso indiano mostra que uma agência central (CESL) foi capaz de homogeneizar especificações, agregar demanda e reduzir custos. O Brasil não dispõe de figura semelhante com mandato claro, capacidade técnica e financeira.

⁶⁶ A atribuição da elevação dos preços à sinalização da demanda e à insuficiente preparação da oferta reflete a avaliação de parte da indústria, não constituindo, neste documento, uma validação independente da existência, da causalidade ou da magnitude desse efeito.



2. **Modelos de negócio distintos produzem resultados distintos** — Na Índia, o contrato de custo bruto (GCC) demonstrou ser eficaz para transferir riscos tecnológicos e operacionais ao setor privado, reduzindo a necessidade de CAPEX público. No entanto, não se pode confirmar, de antemão, se necessariamente é replicável em todos os contextos brasileiros, especialmente diante da fragilidade fiscal de muitos entes subnacionais e da resistência dos operadores. O Programa a Caminho da Escola, com base na compra direta de ativos, evidenciou fragilidades na manutenção e na sustentabilidade da frota, mas também mostrou ser capaz de alcançar escala e capilaridade.
3. **Garantia de pagamento como fator de atratividade** — Os mecanismos de pagamento indiano foram cruciais para atrair investimento privado no modelo GCC, mitigando o risco de inadimplência das autoridades de transporte locais. No Brasil, a ausência de mecanismo similar pode ser considerada um obstáculo, em especial se o modelo de contrato a ser incentivado considerar a aquisição do veículo pela concessionária de ônibus.
4. **Prontidão da infraestrutura** — O atraso na disponibilização de garagens, subestações e pontos de recarga foi um gargalo crítico na Índia. O Caminho da Escola não contempla infraestrutura elétrica, e o Novo PAC ainda não exige planos integrados de preparação de garagens — uma lacuna que afeta qualquer modelo de eletrificação.
5. **Cronograma previsível** — A volatilidade das compras pode desestimular investimentos industriais. A Índia avançou com sucessivos programas, mas a falta de um cronograma plurianual explícito ainda gera incertezas. No Brasil, o Novo PAC opera por demanda induzida, sem projeção clara de longo prazo.
6. **Padronização flexível e respeito à diversidade local** — A compatibilidade com infraestruturas legadas (BRTs, plataformas, posições de portas) exige que uma política nacional admita exceções justificadas ou configurações modulares, sob pena de inviabilizar a adesão de cidades com sistemas consolidados — independentemente do modelo de negócio adotado.
7. **Aprimoramento contínuo e aprendizado institucional.** A experiência indiana demonstra que a eletrificação não se faz com um programa único, mas com uma sucessão contínua de políticas que se ajustam e se fortalecem ao longo

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

do tempo. Desde o FAME I (2015-2019) até o *PM E-DRIVE* (2024-2026), cada etapa incorporou as lições da anterior, corrigindo falhas e criando previsibilidade. O Brasil precisa adotar uma abordagem evolutiva semelhante, com marcos sucessivos, orçamentos dedicados e mecanismos institucionais de aprendizado contínuo.

Quanto aos gargalos a serem enfrentados, destacam-se:

- **Modelo de propriedade dos ativos** — A compra agregada que resulte em frota pública enfrenta resistência dos operadores, cujo retorno financeiro, no modelo tradicional, depende da propriedade privada e do valor residual dos veículos. Contudo, modelos com base em remuneração do serviço ainda são incipientes no Brasil e, caso considerem a aquisição do veículo pela concessionária, apresenta um risco financeiro, necessitando de agente garantidor e mecanismos de seguridade financeira.
- **Capacidade de manutenção do setor público** — A experiência do Caminho da Escola alerta para o risco do surgimento de parques de veículos inoperantes se não houver garantias de assistência técnica capilarizada, estoque de peças e agilidade nos processos de compra — um problema que se agrava com a complexidade dos ônibus elétricos, independentemente de quem seja o proprietário.
- **Rigidez das regras de nacionalização** — As exigências progressivas de conteúdo local do BNDES, embora legítimas, podem restringir a concorrência e encarecer os veículos se não combinadas com janelas temporárias de importação.
- **Incompatibilidade com infraestruturas legadas** — BRTs com plataformas e posições de portas específicas (Curitiba, Goiânia, Belo Horizonte, Cascavel) podem tornar um padrão nacional inaplicável se não houver flexibilidade modular.
- **Falta de garantia de pagamento**. Sem um fundo garantidor ou mecanismo de débito direto, operadores privados podem relutar em assumir contratos de longo prazo com entes públicos de baixa capacidade de crédito, considerando a opção de modelo de remuneração da prestação de serviço, com aquisição da frota pela operadora.

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

- **Dependência de cadeias globais de suprimentos.** Fabricantes ainda dependem de componentes críticos importados (baterias, motores, sistemas eletrônicos), o que os torna vulneráveis a interrupções no fornecimento e à volatilidade de custos — um gargalo que também afetou a Índia.

7. Conclusões

A trajetória de eletrificação do transporte público na Índia oferece ao Brasil um laboratório de aprendizado. Em pouco mais de uma década, o país asiático avançou de um programa-piloto com 425 ônibus para uma frota de mais de 16 mil veículos em operação e outros 46 mil já contratados, estruturando uma política nacional que combina padronização técnica, compra agregada, modelos de negócio inovadores e mecanismos de garantia de pagamento. Essa jornada, marcada por acertos e ajustes contínuos, revela que o sucesso da eletrificação não reside em uma única medida, mas em um ecossistema de políticas coordenadas.

A principal lição que emerge do caso indiano é que a padronização de especificações técnicas, embora necessária, só produz resultados expressivos quando inserida em uma estratégia mais ampla de agregação de demanda. A experiência do *Grand Challenge* (2021-2022), coordenado pela CESL, demonstrou que a homogeneização de parâmetros técnicos — autonomia, eficiência energética, tempos de recarga, garantias — foi condição indispensável para consolidar a demanda de cinco cidades em um único edital, gerando escala suficiente para reduzir os preços dos serviços ofertados, alcançando custos por quilômetro de até 35% menor que o mesmo serviço ofertado a diesel. Sem padronização, a agregação não alcança o seu potencial pleno; sem agregação, a padronização perde seu principal benefício econômico.

Essa constatação é particularmente relevante para o Brasil, em que a fragmentação federativa e a diversidade de editais municipais têm dificultado a formação de escala e a previsibilidade para a indústria. O Programa Caminho da Escola, embora exitoso em sua lógica de compra agregada, opera ainda sem a inclusão para veículos elétricos, sem contemplar infraestrutura de recarga e restrito ao âmbito escolar. O Novo PAC, por sua vez, mobiliza bilhões de reais, mas ainda atua como linha de financiamento reativa, sem um edital nacional único nem uma entidade agregadora que coordene especificações e demandas. Ambos os programas

evidenciam o potencial da compra agregada, mas também suas fragilidades quando desacompanhadas de um arcabouço técnico e institucional robusto.

Nesse contexto, as experiências internacionais — em especial a indiana — oferecem um roteiro claro: a padronização no curto prazo deve ser prioritariamente funcional (focada em desempenho e resultados), flexível (com intervalos de tolerância que respeitem diversidades regionais) e evolutiva (com revisões periódicas para incorporar avanços tecnológicos). O uso de protocolos abertos de comunicação (OCPP, ISO 15118), a adoção do conector CCS2 como referência nacional, a exigência de garantias robustas para baterias e a definição de cláusulas contratuais padronizadas são práticas que o Brasil pode incorporar diretamente.

No entanto, a trajetória indiana também expõe desafios e riscos que o Brasil precisa antecipar. Do lado da padronização, os principais riscos incluem a possibilidade de obsolescência tecnológica, concentração de mercado, incompatibilidade com infraestruturas legadas, baixa adesão dos operadores, descontinuidade política, entre outros.

Já em relação à compra agregada, a experiência indiana e os diagnósticos brasileiros indicam riscos igualmente significativos, como, por exemplo, a fragilidade dos entes subnacionais, a falta de previsibilidade da demanda, a capacidade de manutenção do setor público, os modelos de negócios envolvidos, a propriedade de ativos, entre outros.

Esses riscos não são impeditivos, mas exigem mitigação antecipada e desenho institucional cuidadoso. A Índia demonstrou que é possível superá-los com uma abordagem evolutiva: programas sucessivos (FAME I, FAME II, *Grand Challenge*, NEBP, *PM e-Bus Sewa*, *PM E-DRIVE*) que incorporaram aprendizados, ajustaram parâmetros e criaram mecanismos de segurança (como o PSM). Para o Brasil, a lição é clara: a política de padronização e compra agregada deve ser construída de forma progressiva, adaptativa e com mecanismos de governança que garantam sua continuidade.

Para transformar as conclusões em ações concretas, propõe-se um roteiro organizado em três horizontes temporais. Cada horizonte contém atividades com objetivos claros e resultados esperados, construindo uma política pública progressiva, adaptativa e de longo prazo.

No curto prazo, será fundamental estruturar a governança, consolidar os consensos mínimos e avançar na definição dos primeiros marcos regulatórios, que servirão de base para todas as etapas seguintes. Para isso, recomenda-se:

- **Instituir grupo de trabalho interfederativo e setorial.** Criar um fórum permanente coordenado pelo Ministério das Cidades, com participação de outros ministérios (Transportes, Meio Ambiente, Minas e Energia, Desenvolvimento), estados, municípios, operadores, fabricantes, fornecedores de infraestrutura e associações setoriais, para tratar, prioritariamente, dos parâmetros que demandam amadurecimento (altura do veículo, escotilhas, posição de portas, sistemas de extinção de incêndio, entre outros).
- **Definir padrões mínimos e imediatos.** Estabelecer como referência, por meio de resolução ou portaria interministerial, conector CCS2 para recarga em corrente contínua e do protocolo OCPP 1.6+ para comunicação entre carregadores e sistemas de gestão, vedando soluções proprietárias e garantindo interoperabilidade entre veículos e carregadores de diferentes fabricantes.
- **Realizar estudo de customizações históricas.** Mapear e sistematizar as especificações técnicas historicamente demandadas nos editais de ônibus a diesel (altura de piso, posição de portas, janelas, e etc.) para identificar padrões de fato e exceções justificadas, alimentando as decisões de padronização flexível nas etapas seguintes.
- **Lançar chamada pública para subsídios técnicos.** Abrir consulta pública para que fabricantes, operadores e gestores enviem contribuições sobre os parâmetros que merecem padronização imediata e aqueles que devem ser objeto de discussão mais aprofundada, ampliando a participação e a legitimidade do processo.

No médio prazo, será importante consolidar as normas técnicas, criar os instrumentos de financiamento e garantia e testar os primeiros arranjos de compra agregada. Para isso, sugere-se:

- **Revisar normas técnicas específicas.** Promover a revisão da ABNT NBR 15570 e de regulamentações do CONTRAN para compatibilizá-las com a arquitetura dos ônibus elétricos (escotilhas, sistemas de combate a incêndio,

acessibilidade), eliminando exigências inadequadas e criando requisitos específicos para a nova tecnologia.

- **Elaborar cláusulas-padrão para editais e contratos.** Desenvolver um conjunto de cláusulas para contratos de concessão e editais de compra, abrangendo: garantias de bateria (com autonomia residual garantida), assistência técnica, idade da frota, capacitação de profissionais, mecanismos de medição de desempenho e outros parâmetros essenciais, reduzindo riscos jurídicos e melhorando a qualidade dos contratos.
- **Desenvolver regulamentação federal para infraestrutura de recarga.** Criar norma federal, inspirada no RIC nº 15 chileno, que estabeleça padrões nacionais para: conectores, protocolos de comunicação (OCPP, ISO 15118), segurança elétrica, homologação de carregadores e requisitos de interoperabilidade entre redes, dando segurança jurídica para investimentos em infraestrutura de recarga.
- **Estruturar mecanismo de garantia de pagamento.** Desenhar e institucionalizar um fundo garantidor ou mecanismo de garantia para assegurar o pagamento a operadores privados em modelos de prestação de serviço, mitigando o risco de inadimplência de entes públicos e atraindo investimento privado para contratos de longo prazo.
- **Realizar piloto de compra agregada.** Lançar um edital-piloto de compra agregada para um conjunto de cidades, testando as cláusulas-padrão, o modelo de prestação de serviço, a padronização de especificações e a atuação da entidade agregadora, gerando aprendizados concretos para a expansão.

Já no longo prazo, será relevante escalar a política de compra agregada, consolidando uma entidade agregadora e estabelecendo mecanismos de revisão periódica para garantir a adaptação contínua. Para isso, cumpre-se:

- **Avaliar a criação de entidade nacional agregadora permanente.** Institucionalizar uma entidade (nos moldes da CESL indiana, adaptada ao federalismo brasileiro) com mandato claro para: agregar demandas de estados e municípios, elaborar editais nacionais, padronizar especificações, gerir o mecanismo de garantia de pagamento e servir de interlocutora com a indústria, garantindo continuidade à política. Na impossibilidade da criação dessa entidade, recomenda-se adaptar a estrutura existente para que tenha essas mesmas características.

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

- **Expandir a compra agregada para todo o território.** Com base no piloto e na entidade ou estrutura agregadora estabelecida, lançar editais nacionais regulares para aquisição de ônibus elétricos e infraestrutura de recarga, abrangendo cidades de todos os portes com condições técnicas e financeiras adequadas, consolidando os ganhos de escala e a redução de custos.
- **Instituir ciclo de revisão periódica das especificações.** Estabelecer um processo bienal ou trienal de revisão das especificações técnicas padronizadas, envolvendo o Grupo de Trabalho setorial e a entidade agregadora, para incorporar avanços tecnológicos, ajustes operacionais e lições aprendidas, evitando obsolescência precoce e permitindo evolução tecnológica contínua.
- **Consolidar modelo de negócio.** Consolidar modelos de contrato de prestação de serviço (priorizando pagamento por quilômetro rodado) como padrão para novas concessões.

**ITDP**Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

Referências

ARAÚJO, Silvio Roberto França. **A Contribuição do GEIPOT ao Planejamento dos Transportes no Brasil**. 2024. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Resolução nº 763, de 20 de dezembro de 2018**. Dispõe sobre a utilização obrigatória de espelhos retrovisores em veículos destinados ao transporte coletivo de escolares. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 dez. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao7632018.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana. **Manual para cadastramento, enquadramento e seleção de propostas no âmbito do Novo Programa de Aceleração do Crescimento — PAC**, na área de Mobilidade Urbana, para os subeixos Mobilidade Médias e Grandes Cidades e Renovação de Frota. Brasília: MCid, 9 out. 2023. 13 p. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/novo-pac-selecoes/arquivos/mobilidade-grandes-e-medias-cidades/8e9-manual-novo-pac-mobilidade-urbana.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2026.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana. **Manual para contratação de propostas no âmbito do Novo Programa de Aceleração do Crescimento — PAC**, na área de Mobilidade Urbana, para o subeixo Renovação de Frota para o setor público. Brasília: MCid, 23 jun. 2024. 7 p. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/novo-pac-selecoes/arquivos/manual-de-renovacao-de-frota_vf_23_06_2024-1.pdf. Acesso em: 16 jun. 2026.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Comissão aprova regras para suporte de bicicletas em ônibus urbanos**. Brasília, DF: Agência Câmara de Notícias, 20 mar. 2026. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1256139-comissao-aprova-regras-para-suporte-de-bicicletas-em-onibus-urbanos/>. Acesso em: 3 jun. 2026.

CHILE. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. **Resolución Exenta nº 1247/2015**: Establece estándares técnicos para sistemas AVL. Santiago: MTT, 2015.

CHILE. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. **Decreto nº 145/2018**: Aprueba reglamento de homologación de vehículos eléctricos. Santiago: MTT, 2018a.

CHILE. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. **Resolución Exenta nº 2243/2018:** Aprueba protocolo para determinar consumo energético en buses eléctricos urbanos — ciclo TS-STGO. Santiago: MTT, 2018b.

CHILE. Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). **Pliego Técnico Normativo RIC nº 15:** Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos (Versión 2020). Santiago: SEC, 2020.

CHILE. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. **Resolución Exenta nº 5144:** Aprueba contrato de concesión de uso de vías para la unidad de servicios nº 14. Santiago: MTT, 2024.

CHILE. Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). **Nueva versión del RIC nº 15 fortalece seguridad en infraestructura de recarga para vehículos eléctricos.** Santiago: SEC, 2024.

CHILE. Ministerio de Energía. **Reglamento de Interoperabilidad para Sistemas de Carga de Vehículos Eléctricos.** Santiago: Ministerio de Energía, 2025.

CONTRAN. **Resolução nº 924, de 28 de março de 2022.** Consolida as normas sobre sistemas de visibilidade indireta para veículos em circulação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 abr. 2022. Seção 1, p. 130. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao9242022.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

CONVERGENCE ENERGY SERVICES LIMITED (CESL). **The Grand Challenge for Electric Bus Deployment:** Outcomes and Lessons for the Future. New Delhi: CESL, 2022. Disponível em: https://www.convergence.co.in/public/images/electric_bus/Grand-Challenge-Case-Study-Web-Version.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

COUNCIL ON ENERGY, ENVIRONMENT AND WATER (CEEW). **India's E-bus Initiatives:** Job Creation, Adoption Challenges, and Policy Pathways. New Delhi: CEEW, 2025. Disponível em: <https://www.ceew.in/sites/default/files/how-can-india-boost-electric-bus-market-jobs-and-sustainable-public-transport-initiatives.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2026.



FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Visível e invisível:** a vitimização de mulheres no Brasil. 4. ed. São Paulo: FBSP, 2023. 52 p. Disponível em: <https://publicacoes.forumseguranca.org.br/server/api/core/bitstreams/f485a782-01e7-447e-9768-6f29f124ac1a/content>. Acesso em: 19 jun. 2026.

GABARDO, Emerson. Competência para a prestação de serviços públicos e o transporte coletivo rodoviário no meio ambiente urbano. **A&C — Revista de Direito Administrativo & Constitucional**, Belo Horizonte, v. 9, n. 37, p. 143–174, 2009.

INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION (ICCT). **Electrifying India's buses:** insights from public deployment and case studies of private intercity operators. Washington, D.C.: ICCT, ago. 2025. Disponível em: https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/08/ID-431---India-intercity-buses_ZEBRA_final.pdf. Acesso em: 19 jun. 2026.

INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION (ICCT). **India intercity buses:** ZEBRA final report. Washington, D.C.: ICCT, ago. 2025. Disponível em: https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/08/ID-431---India-intercity-buses_ZEBRA_final.pdf. Acesso em: 14 jun. 2026.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **IEC 62196-3:** Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets — Conductive charging of electric vehicles — Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for DC and AC/DC pin and contact-tube vehicle couplers. Geneva: IEC, 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 15118-1:** Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 1: General information and use-case definition. Geneva: ISO, 2019.

ITDP BRASIL. **Acelerando a transição:** estratégia para eletrificar a frota brasileira de ônibus até 2030. Rio de Janeiro: ITDP Brasil, 2025. Disponível em: <https://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2025/02/ITDP-Acelerando-a-Transicao-Portugues.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

ITDP INDIA. An analysis of e-bus procurement in India. New Delhi: ITDP India, 2022. Disponível em: <https://itdp.in/an-analysis-of-e-bus-procurement-in-india/>. Acesso em: 7 jun. 2026.



Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

KPMG INDIA. **Electrifying India's bus industry**: the decade of transformation. New Delhi: KPMG in India, 2026. Disponível em: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmgsites/in/pdf/2026/05/electrifying-indias-bus-industry-the-decade-of-transformation.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2026.

MINISTERIO DE ENERGÍA. **Las 4 interacciones de una red interoperable** — Claves para la interoperabilidad en electromovilidad. Santiago: Gobierno de Chile, 2025.

OLIVO, A.; MATERNINI, G.; BARABINO, B. "Empirical study on the accuracy and precision of automatic passenger counting in European bus services." **The Open Transportation Journal**, v. 13, p. 250-261, 2019.

OPEN CHARGE ALLIANCE. **OCPP 2.0.1 Specification**. [s.l.]: Open Charge Alliance, 2022.

CHOWDHURY, Anumita Roy; ROY, Sayan. **Procurement and Financing of Electric Buses in India**: Lessons for Africa. New Delhi: Centre for Science and Environment, 2024. 34 p. Disponível em: <https://www.cseindia.org/content/downloadreports/12558>. Acesso em: 17 jun. 2026.

TRANSPORTE MODERNO. **Refrota prevê financiar dez mil ônibus no país**. 2017. Disponível em: [Transporte Moderno](#). Acesso em: 13 maio 2026

SÃO PAULO (Município). SPTrans. **Manual dos Padrões Técnicos de Veículos com Tração Elétrica (MT-0.002)**. São Paulo: SPTrans, maio de 2024.

SCOT. Workforce Mobility Project: Bikes on Buses: Performance Review and Recommendations. **Final Report**. Nov. 2023. Disponível em: <https://helix.scot/wp-content/uploads/BikesonBusesPerformanceReviewRecommendationsWorkforceMobilityProjectCaseStudy.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2026.

STANDARDIZATION ADMINISTRATION OF CHINA (SAC). **GB/T 44345-2024**: Smart community infrastructures — Directives for smart transportation using battery-powered buses for passenger services. Beijing: SAC, 2024.

STANDARDIZATION ADMINISTRATION OF CHINA (SAC). **GB/T 40425.2-2025**: Electric buses overhead contact charging system — Part 2: Charging connection set. Beijing: SAC, 2025.

WORLD BANK. **Contracting Urban Transport Services**: A Guide to Good Practice. Washington, D.C.: World Bank Group, 2024.



ITDP

Instituto de Políticas de Transporte
& Desenvolvimento

WORLD BANK. **Aggregation in Procurement:** Fact Sheet. Washington, D.C.: World Bank Group, 19 ago. 2025. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/099228308192560599>. Acesso em: 18 jun. 2026.



ANEXO 1

Tabela 24 — Síntese do Arcabouço Normativo Aplicável as Recomendações

Bloco	Normas Principais	Aplicação Estratégica
Infraestrutura Elétrica	ABNT NBR 5410/2008; ABNT NBR 14039; NR 10; ANEEL Res. 1.000/2021; EN 50178/97	Implantação segura de sistemas elétricos e conexão à rede.
Recarga de Veículos Elétricos	ABNT NBR IEC 61851 (2013 a 2021); IEC 61851/2020; ABNT NBR IEC 62196/2022; IEC 62196/2022; IEC 60349/2010; IEC 60146/2009; ABNT NBR 15646/2016	Padronização e segurança da recarga (AC/DC).
Comunicação e <i>Smart Charging</i>	ISO/IEC 15118; DIN 70121	Integração veículo–rede e carregamento inteligente.
Compatibilidade Eletromagnética	ABNT NBR IEC-CISPR 11/2020; IEC 62153/2021	Controle de interferências eletromagnéticas.
RFID / Bilhetagem Eletrônica	ISO/IEC 14443; ISO/IEC 15393	Sistemas de identificação e pagamento por aproximação.
Segurança de Baterias	UL 2580/2020; UL 1642/2022; UL 94/2023 ed.7	Segurança e desempenho de baterias de lítio.
Segurança Veicular e Operacional	ABNT NBR 15570/2021; ISO 17409; ISO 2631/1997; ISO 16844/2022	Segurança em ônibus e operação de recarga.
Acessibilidade	ABNT NBR 14022/2025; Lei Federal nº 13.146/2015	Inclusão e acessibilidade no transporte.
Regulação Veicular	CTB (Lei nº 9.503/1997); Res. CONTRAN nº 749/2018	Requisitos legais para circulação e operação.
Ambiental e Emissões	Lei nº 8.723/1993; CONAMA; Portaria IBAMA nº 1.937/90	Controle ambiental e emissões.
Certificação e Conformidade	INMETRO Portaria nº 444	Certificação de equipamentos e sistemas.
Proteção de Ingresso (IP)	ABNT NBR IEC 60529/2017	Padronização dos graus de proteção IP.
Estruturas e Materiais	ABNT NBR 10966-1 a 8/2019; ABNT NBR 7337/2014; ABNT NBR 7190/2022; ABNT NBR 6066/2022; ABNT NBR 6056/1990	Normas aplicáveis a projetos estruturais, materiais e componentes de fixação.
Segurança do Trabalho	NR 10; NR 35	Segurança dos profissionais na manutenção, operação e instalação.