

AS CIDADES COMO LÍDERES DOS PROCESSOS DE TRANSIÇÃO PARA UMA MOBILIDADE DE BAIXO-CARBONO: O CASO DOS ONIBUS DE BAIXA-EMIÇÃO EM SÃO PAULO, BRASIL

TATIANA BERMUDEZ

UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FLÁVIA L. CONSONI

UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

AS CIDADES COMO LÍDERES DOS PROCESSOS DE TRANSIÇÃO PARA UMA MOBILIDADE DE BAIXO-CARBONO: O CASO DOS ONIBUS DE BAIXA-EMIÇÃO EM SÃO PAULO, BRASIL

Resumo

O crescimento acelerado das cidades tem consequências positivas associadas ao desenvolvimento econômico e ao acesso ao mercado de trabalho, mas se é feito de maneira desorganizada, também gera problemas meio-ambientais, de mobilidade urbana e de exclusão social. A importância das cidades foi manifestada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente no Objetivo 11: *“Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”*. Para alcançar este objetivo, é necessário realizar mudanças nos sistemas dominantes do transporte terrestre, os quais têm um grande impacto nas emissões de gases poluentes, e promover uma “transição para uma mobilidade de baixo-carbono”. Dentro do conjunto de alternativas que podem contribuir com esta transição, este artigo tem como objetivo principal: *“Analisar o papel das cidades para estimular a inserção do Nicho dos Ônibus de Baixa-Emissão e sua contribuição para uma transição para uma mobilidade de baixo-carbono no Brasil”*. Foi utilizado como marco analítico-conceitual as Transições para a Sustentabilidade e a Perspectiva Multi-Nível, e seus níveis de análise se caracterizaram para o caso Brasileiro. Identificou-se que as cidades são fundamentais para direcionar estes processos de transição, devido a que têm a autonomia para estabelecer políticas meio-ambientais e mecanismos para gerir e organizar a mobilidade urbana e o transporte público. Para o caso brasileiro, o processo da Licitação do Sistema de Transporte Público Coletivo de São Paulo, se constitui numa “janela de oportunidade” para incorporar ônibus de baixa-emissão em grande escala, devido ao estabelecimento de metas rígidas de redução de emissões e de poluentes locais. Assim, as cidades se constituem em agentes ativos que lideram intencionalmente processos de transição para uma mobilidade de baixo-carbono na escala local e que incluso podem impulsar transições na escala nacional ou internacional.

Palavras-chave

Transições para a Sustentabilidade; Perspectiva Multi-Nível; Mobilidade de Baixo-Carbono; Ônibus de Baixa-Emissão; Licitação de Sistemas de Transporte Público Coletivo.

1 Introdução

As cidades são importantes por ser locais de intensa atividade econômica e porque a maioria da população mundial habita em elas, o que tem um impacto negativo no consumo de energia, qualidade do ar, saúde pública, mobilidade e no aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). No ano 2018, o 55% das pessoas do mundo morava nas cidades e se espera que para o ano 2050, esta porcentagem aumente para o 68% (UN DESA, 2018). Esta situação tem como consequência que *“as cidades sejam responsáveis do 70% das emissões globais de CO₂”* (UN-Habitat, 2016).

A importância das cidades e seu potencial para enfrentar as mudanças climáticas e para transformar os sistemas locais de energia, transporte e mobilidade, tem sido contemplada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente no *“Objetivo 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”* (ONU, 2018). Para este objetivo foram estabelecidas metas específicas¹ para o ano 2030, que

¹ A Meta 11.2 estabelece a importância de *“proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos [...]”* e a Meta 11.6 estabelece a necessidade de *“reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros”* (ONU, 2018).

contemplam a priorização do transporte público e a necessidade de reduzir os problemas associados à qualidade do ar.

Um dos fatores que mais impacto têm sobre a qualidade do ar e no aumento das emissões de GEE são os veículos com Motor a Combustão Interna (MCI), que utilizam intensivamente combustíveis de origem fóssil. Segundo a IEA (2017), “o transporte é responsável por aproximadamente um quarto (24%) das emissões globais de CO₂ provenientes da queima de combustíveis”. Em América-Latina “o transporte é responsável de um 19% das emissões de CO₂” (WRI World Resources Institute, 2016).

Neste contexto, é necessário realizar modificações importantes nos sistemas dominantes do transporte terrestre e de mobilidade urbana, e promover uma “transição para uma mobilidade de baixo-carbono”. Dentro do conjunto de alternativas que podem contribuir com esta transição, este artigo tem como objetivo principal: “Analisar o papel das cidades para estimular a inserção do Nicho dos Ônibus de Baixa-Emissão e sua contribuição na transição para uma mobilidade de baixo-carbono no Brasil”.

Para cumprir este objetivo, é necessário um “enfoque multidisciplinar que permita entender a complexidade da mobilidade moderna” (Geels, 2012). Assim, este artigo utilizou como marco analítico-conceitual as Transições para a Sustentabilidade (*Sustainability Transitions*), especificamente o enfoque da Perspectiva Multi-Nível (MLP), cujas características apresentam-se na Seção 2.

A Seção 3 descreve as ferramentas metodológicas, que misturam a revisão exaustiva em fontes secundárias, a realização de entrevistas com os principais *stakeholders* do transporte público e da mobilidade no Brasil e a participação em trabalhos de campo para conhecer os projetos demonstrativos relacionados com os ônibus de baixa-emissão.

A Seção 4 apresenta os diferentes níveis de análise da Perspectiva Multi-Nível para o caso dos ônibus de baixa-emissão no Brasil e na Seção 5 se explica o caso do estudo da Licitação do Sistema de Transporte Público de São Paulo, como uma “janela de oportunidade” para a implementação de ônibus de baixa-emissão em grande escala no Brasil. Finalmente, na Seção 6 se discutem os principais resultados e o papel que cumprem as cidades nos processos de transição para sistemas de mobilidade de baixo-carbono.

2 Marco Analítico-Conceitual das Transições para a Sustentabilidade (*Sustainability Transitions*) e da Perspectiva Multi-Nível (*Multi-Level Perspective MLP*)

As Transições para a Sustentabilidade podem ser entendidas como processos de transformação de longo prazo, multidimensionais e fundamentais através dos quais os sistemas sócio-técnicos estabelecidos mudam a modos mais sustentáveis de produção e consumo (Markard, Raven, & Truffer, 2012). As Transições para a Sustentabilidade necessariamente implicam transformações nos atuais sistemas de transporte, mobilidade, agricultura, energia, entre outros, onde a participação de atores de diferentes setores, é chave para gerar este tipo de transformação.

Um dos enfoques das Transições para a Sustentabilidade é a Perspectiva Multi-Nível (MLP), que argumenta que as Transições acontecem através de interações em três níveis de análise: a) Nível Macro: Panorama Sócio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*); b) Nível Meso: Régime Sócio-Técnico (*Socio-Technical Regime*); e c) Nível Micro: Inovações de nicho (*Niche Innovation*) (Geels, 2002).

O **Panorama Sócio-Técnico**² é o contexto exógeno que abarca um conjunto de tendências estruturais profundas, as quais exercem pressão sobre os regimes sócio-técnicos e as inovações de nicho. No Panorama Sócio-Técnico há fatores heterogêneos de caráter político, regulatório, ambiental, tecnológico, social e cultural.

Driel; Schot (2005) identificaram três tipos de dinâmicas associadas com o Panorama Sócio-Técnico: i) Choques externos rápidos, que não são previsíveis com facilidade, como uma guerra; ii) Fatores que não mudam ou que mudam lentamente, como as características climáticas; iii) Mudanças a longo prazo, como mudanças demográficas. Estes fatores, se são o suficientemente fortes, podem desestabilizar o Régime Sócio-Técnico dominante e abrir janelas de oportunidade para estimular Inovações de Nicho radicais.

O **Régime Sócio-Técnico** corresponde à forma dominante e estabelecida em que se cumprem as funções sociais (*societal functions*) e são responsáveis da estabilidade das configurações sócio-técnicas, as quais são de caráter dinâmico, o que significa que as inovações que se produzem são incrementais (Geels, 2002).

Os Regimes Sócio-Técnicos definem a estabilidade do sistema atual ou “tradicional” e determinam como devem ser solucionados os problemas, o que gera um *lock-in*, o qual é reforçado pelos interesses particulares de atores heterogêneos e por um conjunto de regras predeterminadas que são difíceis de mudar.

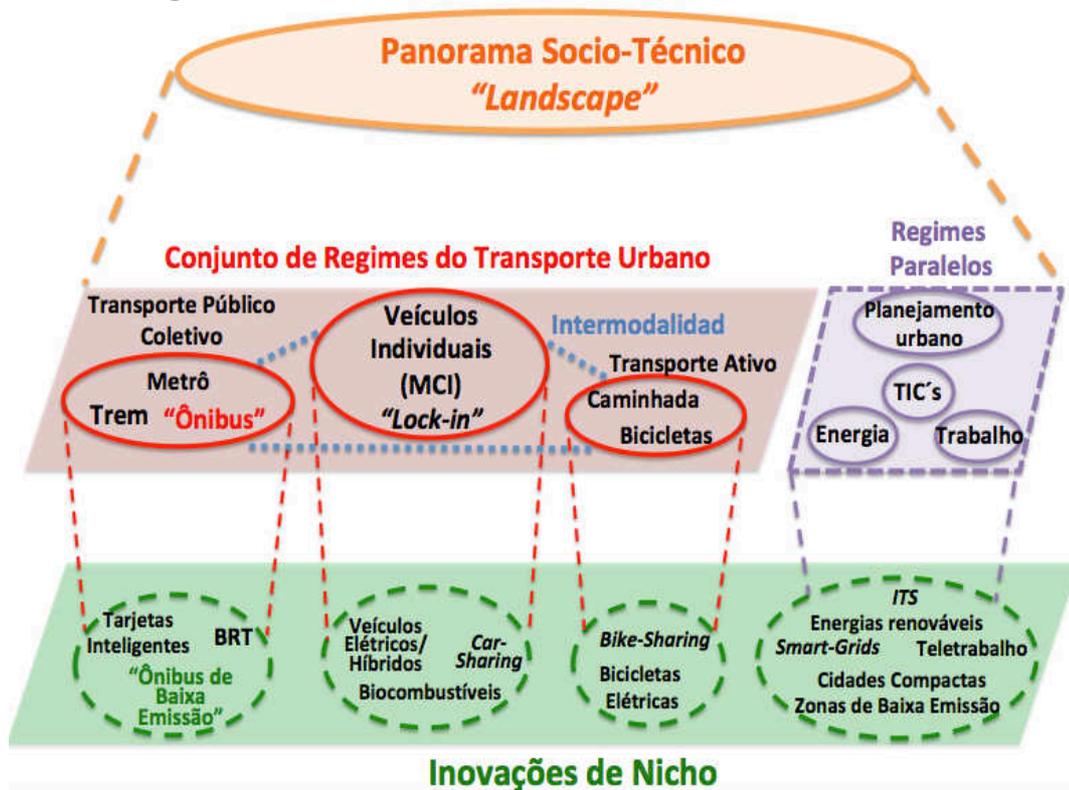
Finalmente, as **Inovações de Nicho** são consideradas como espaços de aprendizagem protegidos ou isolados e é onde se geram as inovações radicais, as quais são apoiadas por usuários com demandas especiais. Os processos de aprendizagem ao nível de nichos, podem ser tanto de caráter tecnológico como social, já que involucram novas formas de interação entre os atores e novas visões sobre como são entendidas as funções sociais.

A interação dos três níveis analíticos definidos pelo Geels (2002), conformam uma hierarquia aninhada denominada como Perspectiva Multi-Nível, a qual tem como premissa principal que não há um único *driver* nos processos de Transição Sócio-Técnica. As relações entre estes níveis de análise, indicam distintos graus de estruturação das práticas locais, onde cada grupo de atores participa de acordo a seus interesses e expectativas.

Para o caso específico da mobilidade urbana, o processo de transição para uma mobilidade de baixo carbono, ocorre a partir da interação dos três níveis de análise da MLP. Na Figura 1 se representam os diferentes conjuntos de Regimes do Transporte Urbano, os Regimes Paralelos e suas inovações de nicho associadas.

² Devido a que não há uma tradução literal de “*Socio-Technical Landscape*” para o idioma português, se utilizará “Panorama Sócio-Técnico” para expressar as características do nível macro da MLP.

Figura 1. Níveis de análise associados à Mobilidade Urbana



Fonte: Elaboração própria a partir de (Geels, 2002, 2012, 2018).

O Régime Sócio-Técnico da Mobilidade Urbana está composto por um conjunto de regimes associados ao transporte urbano: veículos individuais privados, transporte público coletivo (ônibus, metrô, trem) e transporte ativo (bicicleta, mobilidade a pé). O “régime dominante” da mobilidade urbana são os veículos individuais com MCI. O transporte público coletivo e o transporte ativo são considerados “regimes subalternos” a este régime dominante, já que ocupam uma parte da porcentagem total da mobilidade em termos de passageiros transportados por quilômetros (Geels, 2012).

O conjunto de regimes de transporte urbano é complementado por regimes paralelos (não associados diretamente ao transporte), como a energia, planejamento urbano, Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC’s) e o trabalho, os quais também podem afetar a demanda de mobilidade (Geels, 2018).

Para cada conjunto de regimes, há inovações de nicho, que podem ocorrer incluso dentro do régime através de viagens intermodais. Os Ônibus de Baixa-Emissão são uma das inovações de nicho associadas ao Régime do Transporte Público Coletivo. Os BRT (*Bus Rapid Transit*) são considerados como uma inovação complementar, cujo objetivo é priorizar o transporte público coletivo através de carris exclusivos para ônibus.

A principal característica dos ônibus de baixa-emissão, é que geram menos emissões de GEE e de poluentes locais em comparação aos ônibus movidos a diesel e têm uma melhor eficiência energética. Estes ônibus podem-se classificar em cinco categorias, de acordo aos combustíveis que utilizam e a seus sistemas de tração:

- Ônibus com combustíveis fósseis de baixa-emissão: Euro VI; Gás Natural Veicular.
- Ônibus movidos com biocombustíveis: Biodiesel; Biometano; Diesel de Cana de Açúcar.

- Ônibus híbridos: Híbridos convencionais; Híbridos Elétricos *plug-in*; Híbridos elétricos a etanol.
- Ônibus elétricos: Ônibus elétricos a bateria; Trólebus.
- Ônibus com células de hidrogênio.

3 Metodologia

A metodologia da presente pesquisa está centrada numa análise qualitativa que mistura as seguintes ferramentas metodológicas: i) Revisão Bibliográfica; ii) Entrevistas em Profundidade; iii) Trabalho de Campo.

As entrevistas e trabalhos de campo permitiram coletar informações de fontes primárias dos *stakeholders* associados ao transporte público e à mobilidade urbana no Brasil. Foram feitas vinte-cinco (25) entrevistas entre 2016-2018. O trabalho de campo consistiu em onze (11) visitas técnicas para conhecer os projetos demonstrativos no Brasil e na participação de eventos setoriais. Tanto as entrevistas como o trabalho de campo permitiram compreender as motivações dos diferentes atores na promoção e estímulo aos ônibus de baixa-emissão. No Quadro 1 apresenta-se a relação das Entrevistas e dos Trabalhos de Campo.

Quadro 1. Relação de Entrevistas e Trabalhos de Campo

Categorias	Stakeholders
Fabricantes de Ônibus	BYD; Eletra; Volvo; Mercedes Benz; Scania.
Operadores de Frota	Pádova Coletivos (Campinas); Piracicabana (Brasília).
Associações de Classe e Sindicatos	ABVE (<i>Associação Brasileira do Veículo Elétrico</i>); NTU (<i>Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos</i>); SPUrbanuss (<i>Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros de São Paulo</i>).
ONG's ambientais	Greenpeace; IEMA (<i>Instituto de Energia e Meio Ambiente</i>); L'Avis Eco-Service.
Empresas de Energia	Itaipu Binacional; Eletropaulo (ENEL Brasil)
Empresas de autopeças	Baterias Moura; WEG (Motores Elétricos)
Empresas Gestoras de Transporte Público	SPTrans (<i>São Paulo Transportes S.A</i>); EMDEC (<i>Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas</i>); EMTU (<i>Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos</i>).
Entidades governamentais	<i>Secretaria de Estado de Mobilidade do Distrito Federal; Secretaria de Transporte e Mobilidade de São Paulo; Secretaria do Verde e Meio Ambiente.</i>
Trabalhos de Campo	Audiências Públicas da Licitação de São Paulo; Conferencias com Vereadores de São Paulo; Audiência Pública sobre os Padrões de Qualidade do Ar do CONAMA (<i>Conselho Nacional do Meio Ambiente</i>); <i>Salão Latino-Americano do Veículo Elétrico.</i>
Projetos de demonstração	<i>“Ônibus a Célula de Combustível a Hidrogênio” EMTU “Ônibus Elétrico Híbrido a etanol” Itaipu Binacional “Ônibus Elétrico a Bateria” Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) “Ônibus com Tração Elétrica” Eletrobrás Furnas; FINEP; Universidade Federal de Rio de Janeiro (UFRJ)-COPPE</i>

Fonte: Elaboração própria.

4 Níveis de análise da Perspectiva Multi-Nível para o caso Brasileiro

4.1 Panorama Sócio-Técnico

Para o caso do Brasil, foram definidas sete (7) temáticas principais associadas ao Panorama Sócio-Técnico, as quais foram agrupadas em fatores sociais, culturais ambientais, económicos, industriais e tecnológicos. Para cada temática foram identificadas as políticas e programas tanto ao nível internacional como no Brasil, que pressionam mudanças tanto no nível de regime como de nicho. As principais características destas temáticas se resumem no Quadro 2.

Quadro 2. Fatores, políticas e programas associados ao Panorama Sócio-Técnico

Fatores e temáticas	Descrição	Políticas e programas identificados
Fatores sociais e culturais: Urbanização	A pressão da urbanização sobre os regimes da mobilidade urbana, pode ser positiva se é realizada um adequado planeamento urbano e se prioriza o transporte público.	<i>Estatuto da Cidade</i> (2011) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Objetivo 11) (2015)
Fatores ambientais: Mudanças Climáticas Impacto na saúde pública pela qualidade do ar.	Mudanças Climáticas: Os efeitos derivados das mudanças climáticas, que em parte estão associados às emissões de GEE geradas pelos sistemas de transporte terrestre, planteiam a urgência de descarbonizar o transporte e mudar assim o regime dominante dos veículos com MCI. Impacto na saúde pública pela qualidade do ar: Os níveis de qualidade do ar nas cidades geram um aumento das mortes prematuras e doenças crónicas, principalmente respiratórias e cardiovasculares, o que gera altos custos nos sistemas de saúde pública. Segundo a (OMS, 2018a), no 2016 a exposição mundial ao Material Particulado MP (PM _{2,5}) contribuiu a 4,2 milhões de mortes prematuras no mundo.	Acordo de Paris (COP-21) (2015) <i>Política Nacional sobre Mudança do Clima</i> (PNMC) (2009) Contribuições Nacionalmente Determinadas NDC (2016) <i>Fundo Clima</i> (2009) <i>Plano Nacional de Adaptação</i> (PNA) (2016) <i>Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança Climática</i> (PSTM) (2010) Padrões de Qualidade do Ar OMS (2005) Guias de Qualidade do Ar CONAMA (1990) (2018, atualização) Normas EURO (1992) (Euro VI, 2014) <i>Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores PROCONVE</i> (1986) (2018, atualização Fase P-8)
Fatores económicos: Segurança Energética e Biocombustíveis	A segurança energética está relacionada com diminuir a dependência de combustíveis fósseis, o qual pressiona o sistema sócio-técnico dominante da mobilidade urbana e impulsa inovações de nicho associadas a veículos de baixa-emissão. No Brasil, o estímulo à produção biocombustíveis tem sido uma resposta para diminuir a dependência do petróleo.	<i>Programa Nacional de Alcool "Proálcool"</i> (1975) Motores Flex-Fuel (2003) <i>Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel</i> (2005) RenovaBio (2017) <i>Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis</i> (2018-2022)
Fatores industriais (indústria automobilística): Eficiência energética Redirecionamento estratégico da indústria automobilística <i>Diesel Gate</i>	A Eficiência Energética (EE) na indústria automobilística, tem como objetivo reduzir o consumo de combustível e em consequência, diminuir as emissões de CO ₂ . A necessidade de melhorar a EE, tem gerado um redirecionamento estratégico na Indústria Automobilística, que contempla o desenvolvimento de tecnologias de motorização mais eficientes e de modelos híbridos e/ou	Normas CAFE (1975) Motores Flex-Fuel (2003) Diretiva Europeia (2009) <i>Programa Inovar-Auto</i> (2012-2017) <i>Paris Declaration on Electromobility and Climate Change & Call to Action</i> (2015) <i>Diesel Gate</i> (2015) <i>C40 Fossil-Fuel-Free Street Declaration</i> (2017)

	elétricos. O escândalo conhecido como <i>Diesel Gate</i> , acelerou este processo de transição para tecnologias mais eficientes, principalmente em empresas alemãs.	<i>Programa Rota 2030-Mobilidade e Logística (2018-2030)</i>
Fatores tecnológicos: Diminuição do preço das baterias para VE	As baterias são o componente mais custoso dos Veículos Elétricos (VE), razão pela qual, a diminuição de seu preço, pode estimular a produção a grande escala dos VE, que inclui aos ônibus de baixa-emissão.	Políticas internacionais: <i>Advanced Technology Manufacturing Loan Program</i> (EE.UU); <i>New Sunshine Program</i> (Japão); <i>863 Program</i> (China); <i>Lithium-Ion Battery</i> (Alemanha); entre outros.

Fonte: Elaboração própria.

4.2 Régime Sócio-Técnico

O Régime Sócio-Técnico da mobilidade urbana no Brasil, se caracteriza pelo domínio dos veículos individuais com MCI, o que gera um *lock-in* baseado em combustíveis fósseis e em tecnologias com alta intensidade de carbono (Unruh, 2000). Este regime é reforçado pela existência de um conjunto de políticas que privilegiam a indústria automobilística brasileira, a qual é uma das mais importantes do país em termos económicos, de geração de emprego, capacidade produtiva e P&D (Pesquisa e Desenvolvimento).

A indústria automobilística tem um parque industrial consolidado para a fabricação de carrocerias, chassis e autopeças para ônibus com MCI movidos a diesel. Estas empresas exercem um lobby muito forte para manter seu poder no mercado e contam com diferentes associações de classe que representam seus interesses³. Contudo, há algumas iniciativas das empresas do regime em torno ao desenvolvimento de protótipos e projetos de demonstração em ônibus de baixa-emissão, o que evidencia que a indústria está tentando incorporar inovações de caráter incremental, mas sem deixar a fabricação de ônibus a diesel⁴.

Em relação ao regime subalterno do transporte público, no Brasil tem destaque a participação dos ônibus urbanos, como o modo coletivo mais utilizado ao nível nacional. Os ônibus urbanos representam o 86,3% da participação no total do transporte público coletivo, com uma frota aproximada de 107.000 ônibus e um total de 39.585.078 passageiros transportados por dia (NTU, 2018). Contudo, a participação dos ônibus no total da frota circulante do Brasil, é de só 1% em contraste com a dos veículos individuais que é de 64% (SindiPeças-Abipeças, 2018). Isto sinaliza a necessidade de realizar uma mudança de modal, que priorize o transporte público frente ao transporte individual.

Com o objetivo de mitigar as disputas entre os regimes dos veículos individuais e do transporte público coletivo, tem se formulado diferentes políticas de mobilidade urbana, dentro das que tem destaque a Política Nacional de Mobilidade Urbana e os *PAC-Mobilidade*, que têm como objetivo priorizar o transporte público através da implementação dos BRT. Os BRT são uma inovação brasileira, que surgiu como um experimento de nicho e tem conseguido consolidar-se até fazer parte do regime da mobilidade urbana em muitos países latino-americanos.

4.3 Inovações de nicho dos ônibus de baixa-emissão

No nível internacional o número de ônibus de baixa-emissão é pequeno em comparação ao número de ônibus urbanos movidos a diesel. Segundo dados da (IEA, 2019), China é o maior

³ Tem destaque as seguintes associações de classe: ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores); SINDIPEÇAS (Sindicato Nacional da Indústria de Componentes de Veículos Automotores); e ABIPEÇAS (Associação Brasileira da Indústria de Autopeças).

⁴ No Brasil, ainda não está regulamentada a Normativa Euro VI para ônibus urbanos. O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores PROCONVE do CONAMA, estabeleceu que esta normativa só começará a partir do ano 2023.

mercado de ônibus elétricos a bateria do mundo com 460.000 unidades (99% do mercado mundial). Tem destaque a cidade de Shenzhen com 16.000 ônibus elétricos a bateria, a maior frota elétrica do mundo.

Europa é o segundo maior mercado com 2.163 ônibus elétricos, que incluem ônibus elétricos a bateria e ônibus elétricos *plug-in* que correspondem aproximadamente ao 1,6% do mercado total de ônibus. Por sua parte, Estados Unidos ocupa a terceira posição com 360 unidades (sem incluir os trólebus), que correspondem a 0,5% do total da frota de ônibus urbanos (BNEF (Bloomberg New Energy Finance), 2018).

Na Europa tem destaque o Projeto ZeEUS (*Zero Emission Urban Bus System*) que tem como objetivo fomentar a incorporação de ônibus elétricos e avaliar sua viabilidade econômica, ambiental e social através de projetos de demonstração em frotas urbanas (ZEEUS, 2017). Participaram deste projeto, 40 membros, entre os que se destacam autoridades locais, empresas gestoras do transporte público, empresas de ônibus de baixa-emissão, operadores de frota, empresas de energia elétrica, fornecedores de sistemas de recarga para VE, centros de P&D, universidades e ONG especializadas em transporte limpo. Foram selecionadas 10 cidades europeias como projetos de demonstração, onde se testaram cerca de 107 ônibus elétricos a bateria, *plug-in* e trólebus, diferentes sistemas de recarga (pantógrafo, recarga de oportunidade, indutiva, *plug-in*), se calcularam os custos de operação e a redução de emissões de gases poluentes.

Além do projeto ZeEUS, a iniciativa *Fossil-Fuel-Free Street Declaration* do grupo de cidades C40 *Cities Climate Leadership Group*, estabeleceu os seguintes compromissos: i) Adquirir ônibus com zero emissões a partir do ano 2025; ii) Assegurar que os centros das cidades sejam de zero emissões para o ano 2030. Este compromisso foi assinado pelos governos locais de 26 cidades, das quais três são latino-americanas: Cidade de México, Medellín e Quito (C40 Cities, 2017).

No caso de América Latina, tem destaque os países de Chile, Costa Rica e Colômbia os quais têm definido políticas e estratégias nacionais de estímulo à mobilidade elétrica, onde o transporte público é uma das principais portas de entrada para estas tecnologias. O governo do Chile formulou no 2018 a “*Estrategia Nacional de Electromovilidad. Un camino para los vehículos eléctricos*”, a qual estabeleceu como meta para o ano 2050 que o 100% do transporte público urbano deveria ser elétrico. Uma das estratégias é que nas bases da licitação para o transporte público coletivo de Santiago, Transantiago, deveria incorporar obrigatoriamente ônibus elétricos a bateria (Ministerio de Energía; Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2018).

Entre 2018 e 2019 se incorporaram 200 ônibus elétricos a bateria no BRT Transantiago, constituindo-se na segunda cidade do mundo, depois de Shenzhen com a frota mais importante de ônibus elétricos a bateria. A implementação dos ônibus elétricos em Transantiago, foi facilitada graças a uma Aliança Público-Privada entre Empresas de Energia Elétrica (ENEL, ENGIE) que financiaram os ônibus e alugam os sistemas de recarga, empresas de ônibus elétricos (BYD, YUTONG), operadores de frota de Transantiago e o Ministério de Transportes de Chile. Além disso, em agosto de 2019 a Ministra de Transportes do Chile, anunciou a chegada de mais 200 novos ônibus elétricos até o final do 2019.

Na Colômbia, cidades como Medellín e Cali têm realizado compras de ônibus elétricos para incorporá-los nos seus sistemas de transporte massivo BRT. No 2019, Medellín incorporou 64 ônibus elétricos a bateria no BRT Metroplús, convertendo-se na segunda cidade de América Latina com mais ônibus elétricos. Por sua vez, Cali adquiriu 23 ônibus elétricos a bateria para o BRT Mio. Finalmente, a Prefeitura de Bogotá anunciou a licitação de 594 ônibus elétricos a bateria, que serão incorporados no sistema de transporte público SITP, que é complementar

ao Transmilênio. Estas ações estão alinhadas à nova lei de estímulo à eletromobilidade (Lei 1.964/2019) que foi lançada em Julho de 2019.

Para o caso do Brasil, se estima que o número de ônibus de baixa-emissão no 2018 foi de 404 unidades distribuídas assim: Trólebus: 293, que são a tecnologia de ônibus de baixa-emissão mais utilizada no Brasil; Ônibus Híbridos: 55; Ônibus Elétricos a Bateria: 52; Ônibus com células de hidrogênio: 4, os quais correspondem a projetos demonstrativos.

A inserção dos ônibus de baixa-emissão no Brasil tem estado associada a projetos piloto e demonstrativos. Estes projetos funcionam como experimentos ou “lôcus de aprendizagem”, para os diferentes atores que participam como governos locais, empresas de energia, universidades, centros de P&D, empresas de ônibus e de componentes, operadores de frota, entre outros e são financiados por entidades do governo nacional. Similarmente ao caso Europeio, a maioria destes projetos são realizados no âmbito local, e permitem experimentar as diferentes alternativas de ônibus de baixa-emissão em ambientes controlados para identificar os benefícios destas tecnologias, as ganancias ambientais associadas à redução de emissões, a eficiência energética, os custos de operação e manutenção, em comparação aos ônibus movidos a diesel e os principais aspectos a melhorar.

Tem destaque dentro dos projetos piloto, a liderança das empresas de ônibus de baixa-emissão como Volvo, Eletra e BYD e o apoio das empresas gestoras de transporte como URBS, SPTrans, EMTU-EMDEC, com o objetivo de posicionar as cidades de Curitiba (Ônibus híbridos), São Paulo (Trólebus) e Campinas (Ônibus elétricos a bateria), como líderes na mobilidade de baixo-carbono.

Os projetos demonstrativos também tem sido importantes na medida que permitiram a participação de empresas de componentes locais, como chassi, carrocerias, motores elétricos e baterias. Além disso, há projetos com novas configurações como os ônibus híbridos elétricos a etanol, com o alvo de aproveitar as capacidades criadas no Brasil em torno ao uso de biocombustíveis.

5 Licitação do Sistema de Transporte Público Coletivo em São Paulo

O caso da cidade de São Paulo foi selecionado dada a importância da cidade em termos económicos, de população e às características do sistema do transporte público coletivo da cidade. São Paulo tem uma população estimada de 12,1 milhões de habitantes (IBGE, 2016) e um PIB de R\$ 650.544 bilhões, o mais alto do país e representa o 11% do PIB nacional (IBGE, 2015). Por ser a cidade com a maior população do Brasil e considerada como uma megacidade, apresenta graves problemas de poluição ambiental e de mobilidade urbana⁵.

Em relação às emissões de poluentes locais, a Área Metropolitana de São Paulo é a mais contaminada do Brasil. Os automóveis são responsáveis pelo 73% das emissões de GEE⁶, ônibus urbanos (23,8%), motocicletas (3,1%) e ônibus rodoviários (0,5%). Contudo, quando se analisam os poluentes locais, que são os que mais impactam na qualidade do ar e na saúde pública, os ônibus urbanos são responsáveis pela maior parcela tanto de Material Particulado originado pela combustão (MPcomb)⁷ (80,1%), como de Óxido de Nitrogênio NOx (77,8%), principalmente pela combustão dos motores de ciclo diesel (IEMA, 2017).

⁵ Segundo a Companhia de Engenharia de Tráfego - CET, (2017), na cidade de São Paulo, o 11% do tempo de viagem dos automóveis é perdido em congestionamentos, um 8% na manhã e um 14% no horário da tarde

⁶ Medidos em quilo-toneladas (kt de CO_{2e}) por dia.

⁷ O Mpcomb é originado diretamente da combustão e está constituído por partículas mais finas (MP_{2,5}), que tem um impacto maior na saúde.

O município de São Paulo, tem a maior frota de ônibus urbanos do Brasil, aproximadamente 14.000 veículos, e se constitui na terceira frota mais grande do mundo, depois da China e Índia. No ano 2017, os ônibus urbanos, foram o meio de transporte mais usado na cidade, com uma porcentagem de 47%, os automóveis com 24%, Metrô 12% e Trem 3%.

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

Uma das políticas meio-ambientais que tinham como objetivo incorporar ônibus de baixa-emissão em São Paulo, foi a Lei do Clima (*Lei 14.933/2009*). Especificamente, o Artigo 50⁸, estabelecia que para o ano 2018, toda a frota de ônibus da cidade deveria utilizar combustíveis renováveis não fósseis. Contudo, devido a condições associadas ao regime dominante baseado no *lock-in* do diesel e aos incipientes desenvolvimentos de tecnologias de nicho de ônibus de baixa-emissão, não se conseguiu implementar esta lei.

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

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

Contudo, devido ao incumprimento do Artigo 50 da Lei do Clima, foi necessário modificá-lo para que a Licitação conseguira ser lançada. Assim, logo de um difícil processo de concertação entre autoridades municipais, empresas automobilísticas, ONG e Centros de P&D, foi modificado este artigo na *Lei No. 16.802* de 17 de janeiro de 2018. Esta Lei determina que os operadores do Sistema de Transporte Urbano de Passageiros de São Paulo, devem promover a redução progressiva de CO₂, MP e NO_x, em prazos de 10 e 20 anos. Estas metas se apresentam na Tabela 1.

Tabela 1. Metas de redução de emissões para o Transporte Urbano de Passageiros do Município de São Paulo (2018)

Parâmetro	Ao final de 10 anos	Ao final de 20 anos
CO ₂ (Dióxido de Carbono de origem fóssil)	50%	100%
MP (Material Particulado)	90%	95%
NO _x (Óxido de Nitrogênio)	80%	95%

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

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

As metas de redução de emissões estabelecidas são ambiciosas para uma cidade latino-americana como São Paulo, e necessariamente implicam a incorporação de ônibus de baixa-emissão. Este processo se constitui numa “janela de oportunidade” tanto para incorporar inovações de caráter incremental como ônibus híbridos e Euro VI, como inovações radicais associadas ao nicho de ônibus elétricos. Além disso, a licitação considera a incorporação de biocombustíveis, com o alvo de aproveitar as capacidades de produção nacional e à existência de uma clara e forte agenda política de estímulo aos mesmos.

A licitação também incorpora uma visão de longo prazo, já que o tempo da concessão será por 20 anos, tempo em que se espera que as inovações de nicho de ônibus de baixa-emissão evoluam rapidamente e consigam solucionar os questionamentos atuais em relação à autonomia, preço e desempenho na operação urbana. Incluso este prazo pode ser importante para que as empresas nacionais, aproveitando suas capacidades de produção, possam dar uma resposta tecnológica de ônibus de baixa-emissão, que consigam cumprir com as metas de emissão definidas.

Este processo não foi simples, e não se deu de maneira imediata. Pelo contrario, encontrou uma serie de obstáculos e resistências (que ainda existem), principalmente por parte dos operadores de frota e as empresas de ônibus do regime, que querem continuar num modelo de negocio que privilegia o uso de ônibus a diesel. Além disso, o processo da licitação foi suspenso varias vezes pelo *Tribunal de Contas do Município TCM*, devido a questionamentos relacionados com a viabilidade económica, à remuneração para os operadores e o tempo da concessão.

Finalmente, a licitação foi lançada em dezembro de 2018 e se espera que durante o 2019 sejam adjudicados os novos contratos. A partir deste momento, o processo está nas mãos dos operadores quem são os que devem determinar quais são as alternativas de ônibus de baixa-emissão que cumprem com as metas estabelecidas.

6 Conclusões

Uma vez caracterizado o processo de transição sócio-técnica para uma mobilidade de baixo carbono e a relevância do papel de políticas de baixa emissão de caráter local, se evidencia que as cidades e particularmente os governos locais, são fundamentais para direcionar e estimular este tipo de processos de transição. Os governos locais são os encarregados de planejar e executar a política de mobilidade urbana e organizar e prestar os serviços de transporte público coletivo, adoptando padrões para o controle da poluição ambiental e sonora, pelo qual têm toda a governança para promover uma transição para uma mobilidade de baixo-carbono.

As cidades se convertem numa espécie de laboratório para o fomento deste tipo de tecnologias, onde é necessário levar em conta as características específicas de cada tecnologia e os benefícios associados com sua implementação, especialmente no meio ambiente, saúde e mobilidade. As cidades já não se analisam como elementos estáticos, mas sim como elementos dinâmicos que estimulam as transições para a sustentabilidade.

O papel das cidades toma maior relevância quando as transições acontecem numa cidade como São Paulo, a qual tem uma grande representatividade, não só no Brasil, mas também no mundo todo. Um processo de licitação da magnitude da cidade de São Paulo, que implica a renovação de uma frota de aproximadamente 14.000 ônibus, é uma oportunidade clara e específica para que as iniciativas associadas aos nichos de baixa-emissão, deixem de ser só projetos e se constituam numa verdadeira “janela de oportunidade” para promover processos de transição para uma mobilidade de baixo carbono no Brasil.

O processo da licitação de São Paulo, está sendo observado e analisado de perto por outras cidades de Brasil como Campinas, Belo Horizonte, Niterói, entre outras, que já estão contemplando propor metas de redução de emissões nas próximas licitações do sistema de transporte público coletivo. O caso da licitação de São Paulo, também é representativo no nível internacional e incluso está sendo acompanhado pelas empresas de ônibus, tanto de nicho como do regime, as quais estão trabalhando em projetos de desenho de ônibus de baixa-emissão, que consigam atender as características da operação de São Paulo e as metas de redução de emissões estabelecidas.

É importante salientar que o processo de transição para uma mobilidade de baixo-carbono, não se soluciona simplesmente com a compra de um “artefato tecnológico”, neste caso os ônibus de baixa-emissão. Pelo contrario, implica uma serie de acordos e consensos relacionados com a governança dos atores, e que no caso particular do sistema de transporte, vão desde os operadores de frota, tomadores de decisão política, bancos de financiamento, empresas de ônibus (tanto de regime como de nicho), empresas distribuidoras de energia e especialmente os usuários que são os que vão se beneficiar diretamente de um transporte público de baixa-emissão e de qualidade.

Assim, não é suficiente com a implementação de “inovações tecnológicas” como os ônibus de baixa-emissão para promover a transição para uma mobilidade de baixo carbono. Estas inovações se devem complementar com “inovações não tecnológicas”, como os *BRT* para priorizar o transporte público sobre o transporte individual. Isto, contribuirá para que os usuários deixem o carro particular em casa e optem por um transporte público de baixa-emissão, maior velocidade e melhor qualidade de serviço.

Referências Bibliográficas

- BNEF (Bloomberg New Energy Finance). (2018). *Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO2*. Retrieved from <https://about.bnef.com/blog/electric-buses-cities-driving-towards-cleaner-air-lower-co2/>
- C40 Cities. (2017). C40: Fossil-Fuel-Free Streets Declaration. Retrieved October 21, 2018, from <https://www.c40.org/other/fossil-fuel-free-streets-declaration>
- Cidade de São Paulo. Diário oficial Cidade de São Paulo. Lei No. 16.802 de 17 de Janeiro de 2018 (2018).
- Companhia de Engenharia de Tráfego - CET. (2017). *Pesquisa de monitoramento da mobilidade: mobilidade no sistema viário principal: volume e velocidade - 2016*.
- Diário do Transporte. (2015). HISTÓRIA: São Paulo já teve lei que obrigava frota de ônibus movidos a Gás Natural. Retrieved November 24, 2018, from <https://diariodotransporte.com.br/2015/11/02/historia-sao-paulo-ja-teve-lei-que-obrigava-frota-de-onibus-movidos-a-gas-natural/>
- Driel, H. van (Hugo), & Schot, J. (2005). Radical Innovation as a Multilevel Process: Introducing Floating Grain Elevators in the Port of Rotterdam. *Technology and Culture*, 46(1), 51–76. <https://doi.org/10.1353/tech.2005.0011>
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- Geels, F. W. (2012). A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the

- multi-level perspective into transport studies. *Journal of Transport Geography*, 24, 471–482. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.021>
- Geels, F. W. (2018). Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016). *Energy Research and Social Science*. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.07.008>
- IBGE. (2016). Áreas dos Municípios | Geociências | IBGE :: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Retrieved January 31, 2018, from <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=destaques&c=35>
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2015). Produto Interno Bruto dos Municípios | Estatísticas |. Retrieved November 15, 2018, from <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>
- IEA International Energy Agency. (2017). *CO2 emissions from fuel combustion. Overview 2017*.
- IEA International Energy Agency. (2019). *Global EV Outlook 2019. Scaling-up the transitions to electric mobility*. <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2019>
- IEMA (Instituto de Energia e Meio Ambiente). (2017). Inventário de Emissões Atmosféricas do Transporte Rodoviário de Passageiros no Município de São Paulo. Retrieved October 29, 2018, from <http://emissoes.energiaeambiente.org.br/>
- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955–967. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>
- Ministerio de Energía, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, & Ministerio del Medio Ambiente. (2017). Estrategia Nacional de Electromovilidad. Un camino para los vehículos eléctricos. Santiago de Chile. Retrieved from http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2018/electromovilidad/estrategia_electromovilidad-27dic.pdf
- NTU. (2018). Dados do Transporte Público por Ônibus. Retrieved July 25, 2018, from <https://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2018). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Retrieved October 23, 2018, from [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2018). Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles. Retrieved May 3, 2019, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Prefeitura da Cidade de São Paulo. Secretaria do Verde e Meio Ambiente. Lei 14.933 de 5 de Junho de 2009 (2009). Retrieved from http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/comite_do_clima/legislacao/leis/index.php?p=15115
- Sindipeças-Abipeças. (2018). *Relatório da Frota Circulante 2018*. São Paulo.
- UN-Habitat. (2016). From Habitat II to Habitat III: Twenty years of Urban Development. In *World Cities Report 2016. Urbanization and Development Emerging Futures* (pp. 1–26).
- UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). (2018). *World*

Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Retrieved from <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>

Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28, 817–830. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00098-2](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00098-2)

WRI World Resources Institute. (2016). CAIT Climate Data Explorer. Retrieved November 21, 2017, from <http://cait.wri.org/>

ZeEUS (Zero Emission Urban Bus System). (2017). ZeEUS eBus Report # 2. An updated overview of electric buses in Europe. Retrieved from <http://zeeus.eu/uploads/publications/documents/zeeus-ebus-report-2.pdf>