



Mobilidade Urbana Sustentável e Emergência Climática: a Eletrificação do Setor de Transporte Público¹

Sustainable Urban Mobility and Climate Emergency: the Electrification of the Public Transport Sector

Evelyn Tânia Carniatto Silva ²

<https://orcid.org/0000-0001-8266-8511>

Barbara Simone Saatkamp ³

<https://orcid.org/0000-0003-1949-0065>

Delaney Vidal Di Maio Neto ⁴

<https://orcid.org/0000-0001-5085-4598>

Irene Carniatto ⁵

<https://orcid.org/0000-0003-1140-6260>

Reginaldo Ferreira Santos ⁶

<https://orcid.org/0000-0002-7745-9173>

GT 5 - INTERNACIONALIZAÇÃO E MOBILIDADES

Resumo: A crise climática vem impulsionando a pesquisas e potencializando a preocupação com práticas sustentáveis. Os governos, setores públicos e privados e a sociedade organizada têm se preocupado cada vez mais com a forma como o mundo vem aplicando e consumindo seus produtos, bem como as inter-relações destes com o meio ambiente. O presente artigo apresenta uma revisão de literatura aplicada a três casos internacionais de mobilidade sustentável com tecnologias de baixo

¹ Trabalho aprovado por pares e apresentado no V Workshop da Rede Internacional de Pesquisa Resiliência Climática - RIPERC, Modalidade Oral, realizado nos dias 10 a 13 de dezembro de 2023. Uniãoeste, Marechal Cândido Rondon, Paraná.

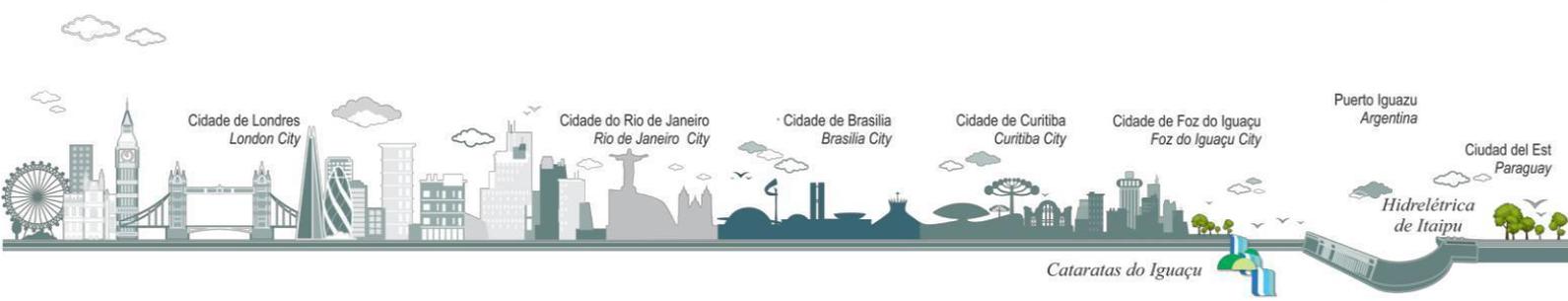
² Doutoranda no Programa de Engenharia de Energia - Mestrado e Doutorado, Centro de Ciências Exatas, Campus Cascavel. Participante da Rede Internacional de Pesquisa Resiliência Climática – RIPERC. E-Mail: carniattoarquitetura@gmail.com

³ Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável – Mestrado e Doutorado, Centro de Ciências Agrárias, Campus de Marechal Cândido Rondon. E-mail: barbara.saatkamp@unioeste.br.

⁴ Mestre em Gestão Pública e Cooperação Internacional. Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil. E-mail: ddimaio@usp.br

⁵ Professora doutora Bolsista de Produtividade Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável – Mestrado e Doutorado, Centro de Ciências Agrárias, Campus de Marechal Cândido Rondon. Coordenadora da Rede Internacional de Pesquisa Resiliência Climática – RIPERC. E-mail: irenecarniatto@gmail.com

⁶ Professor doutor do Programa de Engenharia de Energia - Mestrado e Doutorado, Centro de Ciências Exatas, Campus Cascavel. Participante da Rede Internacional de Pesquisa Resiliência Climática – RIPERC. E-mail: reginaldo.santos@unioeste.br





carbono, em especial, a eletrificação, buscando modelos que tenham potencial de transcrescerem ensinamentos para o contexto brasileiro. Longe de esgotar o assunto, apresenta-se um recorte, com uma visão generalista, a partir dos estudos de caso de mobilidade urbana, que mostram que há caminhos diferentes e convergentes a serem operacionalizados. O caso chileno tem um papel de destaque, apontando uma política pública viável posto que se trata de uma experiência em estágio avançado, num país com tantas similaridades em relação a desafios com o Brasil.

Palavras-Chave: mobilidade urbana; cidades sustentáveis; transição energética; tecnologia de baixo carbono; setor de transportes;

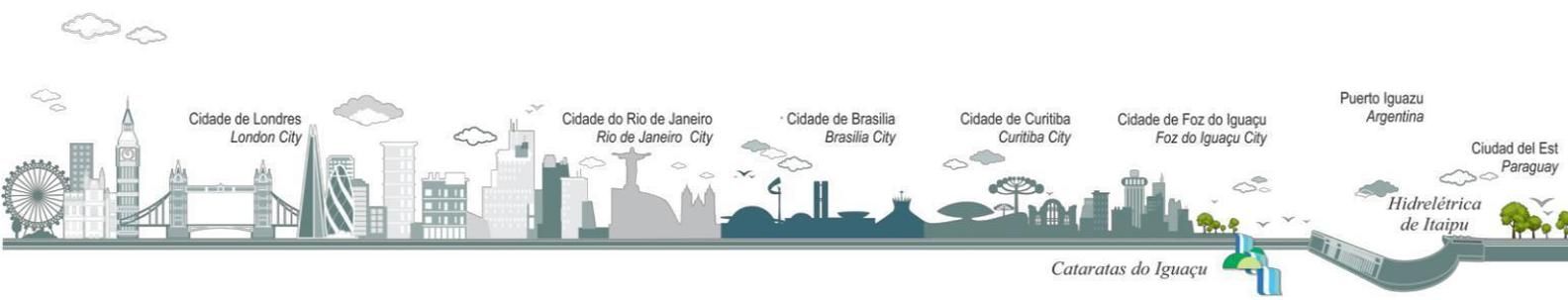
Abstract: The climate crisis has been driving research and enhancing concerns about sustainable practices. Governments, public and private sectors, and organized society have been increasingly concerned about how the world is applying and consuming its products, as well as the interrelationships of these with the environment. This article presents a literature review applied to three international cases of sustainable mobility with low-carbon technologies, especially electrification, seeking models that have the potential to provide insights for the Brazilian context. Far from exhausting the subject, it presents a snapshot, with a generalist view, based on case studies of urban mobility, showing that there are different and converging paths to be operationalized. The Chilean case plays a prominent role, indicating a viable public policy since it is an experience in an advanced stage, in a country with many similarities regarding challenges with Brazil.

Key Words: urban mobility; sustainable cities; energy transition; low carbon technology; transport sector;

INTRODUÇÃO

A emergência climática tornou-se pauta ingente da agenda global. Os governos e a sociedade têm se preocupado cada vez mais sobre a forma como concebem e consomem seus produtos e serviços, bem como as suas interrelações com o meio ambiente. Essa agenda possui uma forte correlação com um *modus vivendi* específico: a urbanização. A qual trouxe, para o palco, o debate sobre a constituição das cidades modernas. Atualmente, mais da metade da população mundial vive em conglomerados urbanos, logo o bem-estar dos habitantes do planeta está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento das cidades (Wilheim, 2015), que enfrentam desafios sem precedentes com a emergência climática.

Motivo pelo qual a Organização das Nações Unidas apresentou à Sociedade Internacional duas campanhas a partir da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável: *Race to Zero* (Corrida para o Zero) e *Race to Resilience* (Corrida para a Resiliência). Cujas metas objetivam a realização de ações para a neutralização de emissões de gases de efeito estufa até 2050 e a constituição da resiliência climática – uma abordagem que concebe cidades mais equitativas, sustentáveis e resilientes (Ramaswami *et al.*, 2023).





Dentro dessa dinâmica heterogênea dos indivíduos em busca de suprir suas necessidades, as tecnologias de transporte se entrelaçam com a evolução das cidades. Por isso, nos centros urbanos, a mobilidade é base do cotidiano das pessoas e pauta o problema público, principalmente, os sistemas de transporte públicos coletivos (Cresswell; Merriman, 2011; Moore-Cherry, 2013).

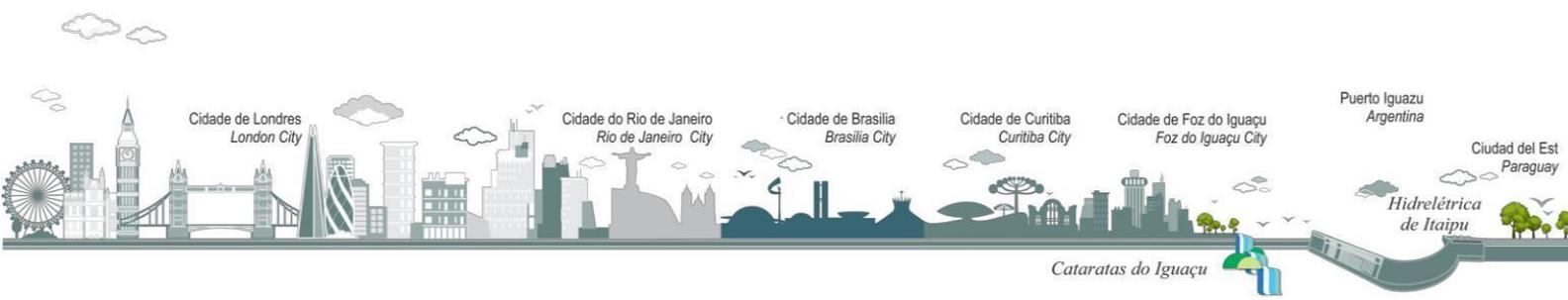
No século XXI, várias tendências e eventos significativos coincidiram para criar uma situação desafiadora e complexa para a mobilidade, como: a acelerada urbanização global, a emergência climática e a pandemia COVID-19, destacando a importância do debate sobre o planejamento do sistema e os usos energéticos, também, para os transportes. Essa convergência de eventos deu à questão da energia nos transportes um caráter relevante e urgente, dado o impacto na economia, no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas (Verlinghieri; Schwanen, 2020).

O Brasil, assim como parte expressiva do Sul Global, experimentou um rápido processo de urbanização, dependente tanto do transporte individual motorizado quanto de combustíveis fósseis para a mobilidade. E, atualmente, a maioria dos seus municípios sofre com a falta de um planejamento integrado, investimentos em transporte público de qualidade, infraestrutura para transportes alternativos, para ciclistas e pedestres (Andrade et al., 2023). O que demanda uma mudança cultural em relação à mobilidade urbana, de modo formar uma mobilidade sustentável, com tecnologias de baixo carbono, e justa para os cidadãos.

Então, para endereçar esse contexto desafiador e aplicar a busca por compreender esses conceitos, o presente estudo almeja encontrar características que reflitam a complexidade da mobilidade, analisando como está composta, quais são suas características, as tecnologias empregadas e se elas se enquadrariam dentro de uma mobilidade sustentável (econômica, social e ambiental), trazendo assim aprendizados para a realidade brasileira.

Um Enfoque Conceitual

Neste estudo, aporta-se um enfoque conceitual da interação entre as cidades, a mobilidade e a mudança de paradigma sobre a energia que, por fim, fornecerão um arcabouço relevante para a análise dos aprendizados que se pretende compreender.





As Cidades Modernas e a Mobilidade: a Eletrificação

As cidades modernas são sistemas complexos, nelas se desenrolam a vida de milhares ou milhões de habitantes do nosso planeta; são palco de diversas histórias, culturas e tecnologias (Cresswell; Merriman, 2011; Urry, 2016). A história das cidades se funde a história da humanidade e da ciência. É através do alcance dos cidadãos a bens de serviço, trabalho, lazer e moradia que ocorrem o desenvolvimento econômico nas cidades (Rode et al., 2017).

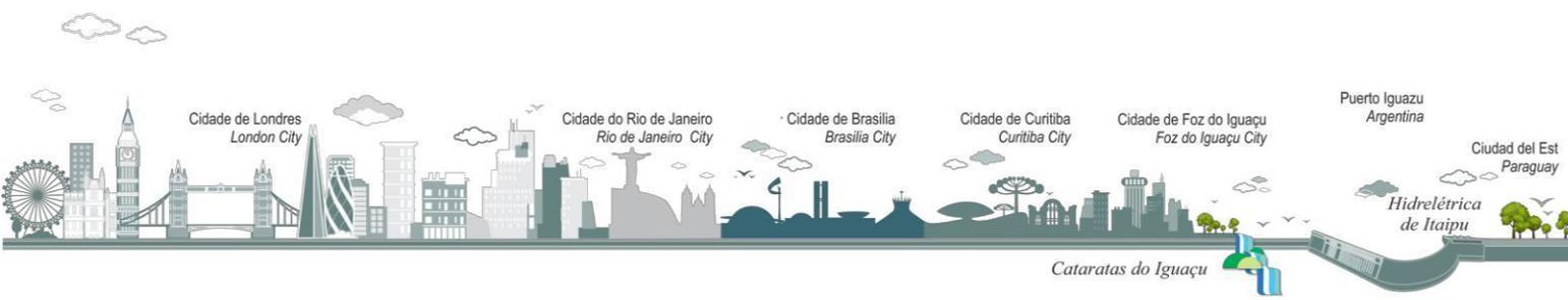
As cidades nunca foram igualitárias em sua essência. Com a expansão urbana acelerada, algumas regiões, notadamente, o Sul Global, possuem um desafio complexo: a gestão eficiente das grandes áreas metropolitanas –, com a mobilidade destacando-se como uma das questões mais intrincadas (Savastano et al., 2023).

Entretanto, quando explorados esse intrincado desafio, os pesquisadores têm associado os temas de transporte e mobilidade, explorando questões como a frequência e velocidade dos movimentos, onde ocorrem, quem está envolvido e como a identidade influencia esses aspectos (Shaw; Hesse, 2010; Cidell; Prytherch, 2015; Kwan; Schwanen, 2016).

Essa miscelânea conceitual sugere diferentes perspectivas para tratar o problema público. O que enseja numa oposição significativa na discussão da mobilidade, e não apenas um contraste que destaca as diferenças entre as partes da subdisciplina. A mobilidade é um tema de pluralismo fragmentado, como elucidaram Barnes e Sheppard (2010).

Com o imperativo do desenvolvimento de uma economia de baixo carbono, dado a emergência climática, a eletricidade é considerada uma forma crucial de energia primária, derivada de fontes como solar, eólica ou hidrelétrica, para a aplicação de força motriz no transporte. García-Olivares, Solé e Osychenko (2018) destacam a importância de buscar métodos eficientes e sustentáveis de produção de energia, mesmo em uma economia renovável, para otimizar o uso dos recursos e garantir uma transição eficaz e sustentável.

A eletrificação do transporte tem se mostrado uma das soluções mais promissoras e aceitas mundialmente para alcançar a sustentabilidade no setor. Autores como Comodi et al., (2016) investigaram a mobilidade pode levar a cidades mais resilientes ambientalmente ou como Noel et al, (2018) abordam a redução das adversidades ambientais, como a poluição.





Os veículos ligados à rede e os veículos elétricos à bateria podem aumentar a eficiência das redes de distribuição (Pirouzi et al., 2018), contribuir positivamente para a estabilização da rede e, ao mesmo tempo, substituir os combustíveis fósseis, inclusive o gás natural (Nunes; Brito, 2017), e atuam como modos descentralizados de armazenamento de energia (Weiller; Neely, 2014). Os veículos elétricos podem tornar-se componentes-chave de sistemas de energia renovável 100% inteligentes ou não emissores de carbono (Mathiesen et al., 2011; Mathiesen et al., 2015).

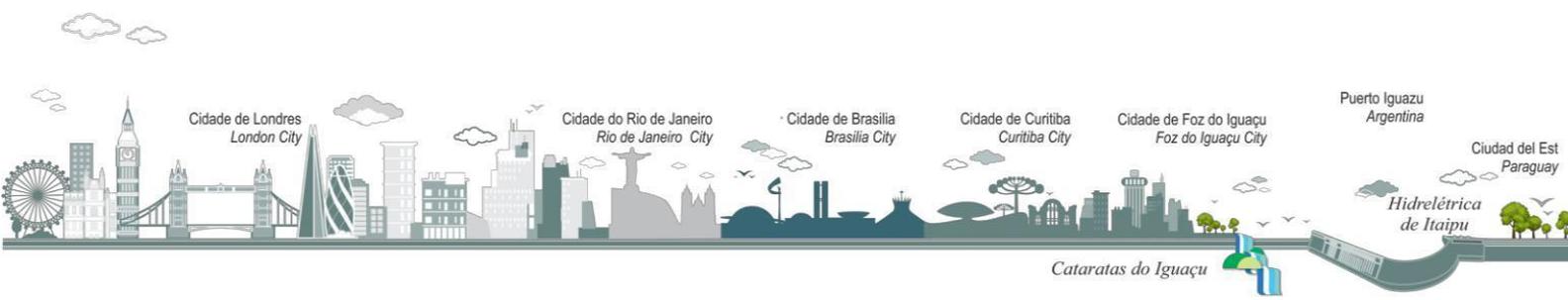
A Mobilidade Sustentável

Existem várias interpretações do que constitui a mobilidade sustentável e, embora, não exista uma definição universal, há uma pioneira e reconhecida com destaque: a definição da Comissão Brundtland⁷. De acordo com a definição de desenvolvimento sustentável da Comissão, o transporte sustentável pode ser descrito como "satisfazer as necessidades de transporte e mobilidade atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender a essas necessidades" (Black, 1996).

Em geral, as definições compartilham a ideia central de buscar um equilíbrio na mobilidade que integre objetivos econômicos, sociais e ambientais, atendendo aos interesses de todas as partes interessadas. E, embora as discussões sobre sustentabilidade, num contexto mais amplo, tenham tido início na década de 1970, com grupos e comissões organizadas principalmente pela Organização das Nações Unidas, em resposta à crescente preocupação com o impacto do consumo e desenvolvimento na biosfera do planeta (Carvalho, 2016); é somente, em 25 de setembro de 2015, quando as Nações Unidas aprovaram e ratificaram a Agenda de Desenvolvimento Sustentável 2030 – que foi assinada por diversos países, incluindo o Brasil (Organização das Nações Unidas, 2022) –, que a mobilidade sustentável tornou-se de fato um problema da agenda global, com foco na emergência climática.

Essa agenda é composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas interconectadas, formando uma estratégia abrangente para promover práticas e soluções sustentáveis que abordam os principais desafios enfrentados pela sociedade

⁷ Relatório proposto, em 1987, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida pela diplomata norueguesa, Gro Harlem Brundtland, intitulado *Our Common Future*.





(Organização das Nações Unidas, 2022) – dentro deste universo de desafios está a mobilidade.

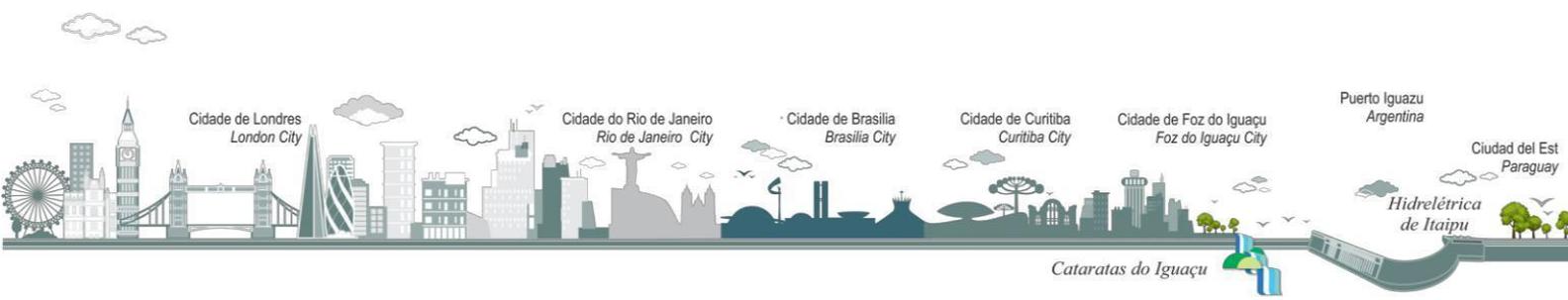
Nesse contexto, as cidades emergem como protagonistas essenciais na busca por soluções e enfrentamento dos desafios ambientais em escala global – por isso, as campanhas apresentadas pela Organização das Nações Unidas (Organização das Nações Unidas, 2022). As cidades desempenham um papel único na mitigação dos impactos ambientais e sociais adversos, uma vez que abrigam mais da metade da população mundial e consomem cerca de três quartos da energia global (Batty, 2008).

No contexto da busca por uma mobilidade sustentável, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico e o Centre for Sustainable Transportation identificaram três pilares para a concepção de um sistema de transporte que cumpra os critérios de sustentabilidade em suas dimensões ambiental, social e econômica (Figura 1) – concepção que será guia síntese para os casos (Ahvenharju et al., 2004).

Figura 1 - Planejamento da mobilidade urbana sustentável sob três pilares: econômica, social e ambiental.

Dimensão	Características
Ambiental	Minimiza as atividades que causam problemas de saúde pública e danos ao meio ambiente; Reduz a produção de ruídos; Minimiza o uso do solo; Limita os níveis de emissões e resíduos dentro daqueles que o planeta possa absorver; Utilize recursos renováveis; Potencializa fontes de energia renováveis; e Reutiliza e recicla seus componentes.
Social	Provê acesso a bens, recursos e serviços de forma a diminuir as necessidades de viagens; Opera com segurança; Assegura o movimento seguro de pessoas e bens; Promove equidade e justiça entre sociedade e grupos; Promove equidade intergerações.
Econômica	Possui tarifa acessível; Opera de forma eficiente para dar suporte à competitividade econômica; Assegura que todos paguem o total dos custos sociais e ambientais devido às suas opções pelo modo de transporte.

Fonte: Ahvenharju et al., 2004.





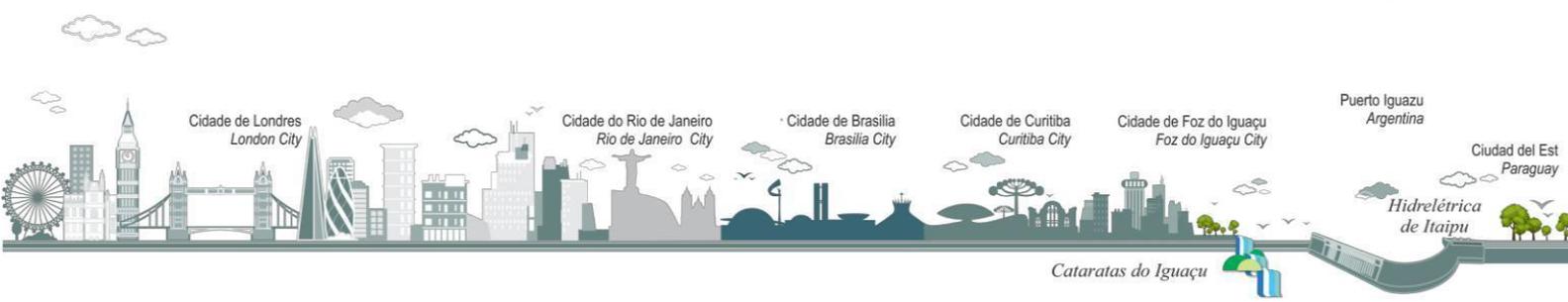
Os sistemas de transporte urbano sustentável buscam abordar, de maneira equilibrada, questões de caráter social, econômico e ambiental. Eles promovem o acesso, a acessibilidade, a segurança, a equidade, a eficiência e a viabilidade econômica, ao mesmo tempo em que buscam minimizar suas emissões e outros impactos ambientais (Karjalainen; Juhola, 2021; Sdoukopoulos et al., 2019).

Mobilidade Sustentável - Dimensão Ambiental

Dentro da esfera ambiental é necessário que o planejamento seja eficiente e eficaz, englobando a gestão, operação e planejamento. Na história existe uma correlação entre o crescimento de gases de efeito estufa e a energia final consumida pela população (Aymeric; François, 2017). Portanto, é imprescindível para o futuro conseguir um desacoplamento entre as duas variáveis, proporcionando um aumento da eficiência energética e fontes renováveis de energia, considerando um contexto em que as fontes de energia se tornarão cada vez mais escassas.

O incentivo para a utilização do transporte público coletivo e o transporte não motorizado na matriz modal de deslocamentos deve ser prioridade dos órgãos públicos. Porque o transporte coletivo apresenta índices de gasto de energia e emissões de poluente per capita menores. Assim, cidades que se preocupam com um transporte sustentável, a circulação de sua população em bicicletas e outros intermodais ou mesmo a pé contribuem muito mais para a redução da poluição atmosférica e sonora, além de serem mais operantes que cidades onde existe um alto uso do veículo motorizado individual (Umrigar; Pitroda, 2023).

A introdução de novas tecnologias nos automóveis e os limites mais rigorosos para as emissões ajudaram a reduzir significativamente as emissões de carbono e óxidos de nitrogênio. No entanto, o aumento do número de veículos individuais motorizados continua sendo um desafio. A eficiência dos veículos a combustão está se aproximando de seu limite, destacando a necessidade de mudanças nas tecnologias de mobilidade para alcançar níveis ainda mais baixos de emissões. Isso envolve a transição para fontes de energia renovável, como veículos elétricos, entre outros; ao mesmo tempo em que se promove ativamente o compartilhamento de viagens e o estímulo à mobilidade ativa, como caminhadas e ciclismo, como componentes essenciais de um futuro mais sustentável e inclusivo (Carvalho, 2016).





Mobilidade Sustentável - Dimensão Social

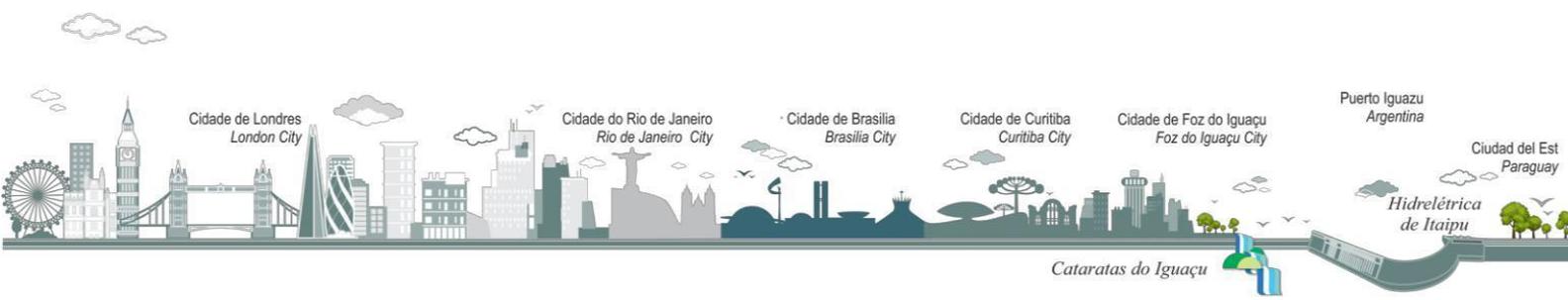
A qualidade de vida urbana depende intrinsecamente do gerenciamento da mobilidade que é requalificar os espaços públicos e promover a igualdade dos deslocamentos (Ahvenniemi et al., 2017). Portanto o sistema de transporte deve ser criado tendo como foco principal a abrangência universal da população, inclusive a faixa da população que necessita de transporte especial, como os que tem dificuldade de locomoção e os mais pobres (Silva et al., 2016).

A forma do planejamento urbano e forma como as cidades facilitam a acessibilidade através das suas formas urbanas e seus sistemas de transporte tem impacto direto no desenvolvimento humano (Rode, 2017). A equidade social para os sistemas de mobilidade prevê a acessibilidade e deslocamentos universais. Assim a população como um todo tem o direito de usufruir dos serviços de transporte e equipamentos das cidades (Carvalho, 2016).

Cresswell e Merriman (2011) apresentam a mobilidade como o movimento, no entanto, destacam a ideia fundamental de que a mobilidade é composta por duas partes distintas. A primeira parte é o movimento em si, que é objetivo e primário, representando o fenômeno bruto de deslocamento. A segunda parte aborda as qualidades subjetivas e elementos relacionados à experiência humana, como significado, sensações, percepções e emoções, que são acréscimos à realidade.

Ao que se acrescenta o conceito de sustentabilidade social, que pode contribuir para a justiça social e redução dos impactos ambientais devendo ser o fio condutor da mobilidade sustentável nas cidades, envolvendo a conexão entre pessoas e locais, bem como o impacto do movimento de pessoas e ideias (Moore-Cherry, 2013).

A mobilidade inteligente desempenha um papel crucial nesse contexto, dependendo fortemente das tecnologias da informação e comunicação. Elas não apenas facilitam a utilização do sistema, mas também apoiam a otimização dos fluxos. Além disso, são fundamentais para coletar as opiniões dos cidadãos sobre a qualidade e usabilidade desses





serviços (Benevolo et al., 2016; Osorio-Arjona; García-Palomares, 2019; Ahvenniemi et al., 2017).

Portanto, a integração contínua de tecnologias da informação e comunicação é crucial para aprimorar a mobilidade inteligente e enfrentar os desafios complexos das áreas metropolitanas. Mas, é preciso promover a acessibilidade universal, a eficiência energética, a sustentabilidade, e fomentar a inclusão social (Duca et al., 2022).

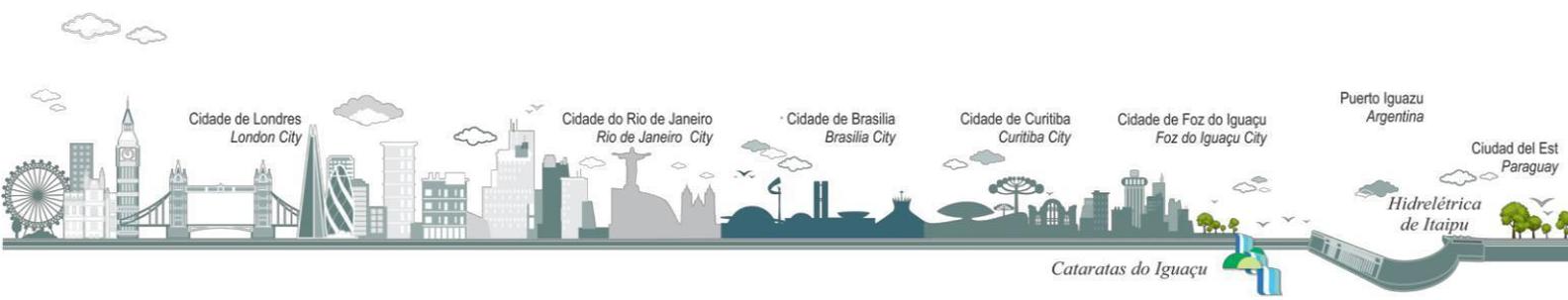
Mobilidade Sustentável - Dimensão Econômica

O sistema de mobilidade do transporte deve buscar o equilíbrio dos custos e balanceamento entre oferta e demanda para atingir a sustentabilidade econômica. Os serviços públicos de mobilidade oferecidos pelo Estado dependem da infraestrutura urbana, condição econômica e disponibilidade de recursos. São esses pré-requisitos que qualificarão os serviços prestados. Em contrapartida o desenvolvimento da economia local depende da mobilidade, no que se refere a acessibilidade dos moradores aos locais de bens e serviços. Podemos identificar uma interrelação de necessidade e benefício (Meira, 2013; Pereira; Schwanen, 2013).

Ao se analisar os gastos com transporte e a renda dos usuários do transporte público, Carvalho (2016) aponta para a disparidade na proporção entre a classe mais pobre (recebem aproximadamente 0,5 salários-mínimos e gastam em torno de 15%) e a classe mais abastada (recebem aproximadamente 10 salários-mínimos e gastam em torno de 20%), que utilizam e contribuem muito pouco com o transporte coletivo urbano, mesmo se beneficiando indiretamente com ele. O que indica também que o transporte público, muitas vezes, tem características de tarifa regressiva.

APLICAÇÃO CONCEITUAL: OS TRÊS CASOS DE ESTUDOS

Nesta seção, aplica-se os três pilares para o planejamento da mobilidade urbana sustentável: econômico, social e ambiental. Como referência de conhecimento e prática de política pública, foram contemplados três casos: (i) o caso chinês, (ii) o caso europeu e (iii) o caso chileno.





A China é o grande player da eletrificação, no mundo, com ações que ultrapassam suas fronteiras, como será possível identificar. A Europa, com boas infraestruturas, é um mercado pujante, mas muito distante do caso brasileiro. Já o Chile, enquanto país latino-americano, é similar ao Brasil em diversos aspectos, ao passo que também tem apostado na diversificação de sua matriz energética para conseguir a segurança energética e a não-dependência fundamentada em energias renováveis, solar e eólica e na eletrificação de sua frota.

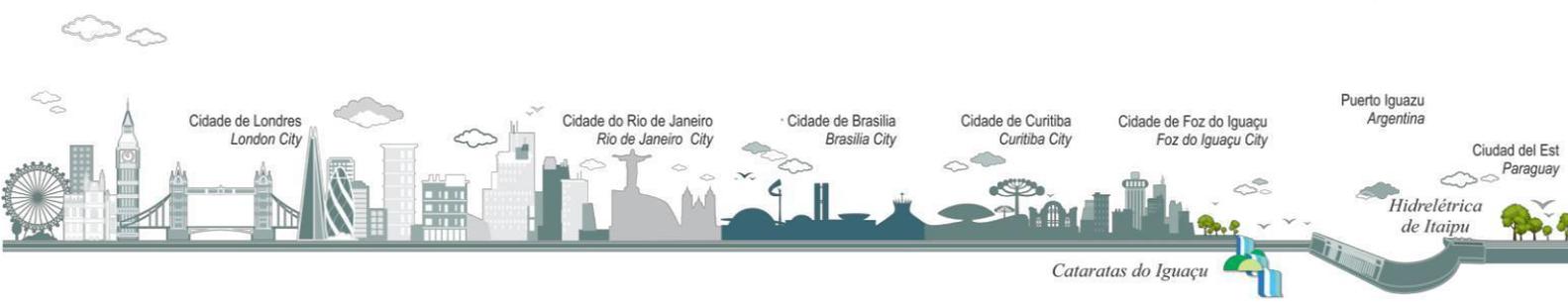
O Caso Chinês

Assim como o Brasil, a China enfrenta desafios para ordenar o ambiente urbano. Sua ascensão deu-se por inúmeras políticas iniciadas, na década de 1970, que culminaram, em 2001, na sua adesão à Organização Mundial do Comércio, inserindo-a de vez nas cadeias produtivas regionais e globais capitalistas.

Desde a década de 1970, o país passou por uma intensa urbanização e experimentou o desenvolvimento industrial de diferentes segmentos, dentre eles o automobilístico. O que contribuiu, por sua vez, na universalização dos veículos e demonstrou desafios na qualidade do ar, saúde pública, segurança energética e, também, na emergência climática (Li et al., 2019).

De fato, a China tem experimentado a alguns anos um modelo de desenvolvimento promovendo o aumento da demanda por transporte (Li et al., 2019), avanço da urbanização e a integração efetiva da industrialização e da tecnologia da informação. Uma vez que parte importante desse desenvolvimento foi a construção de infraestrutura, o que resultou em um grande consumo de combustíveis fósseis nos últimos anos (Xu; Xu, 2021) e emissões de carbono crescente, inclusive, da indústria chinesa de transportes (Li, 2022; Fisch-Romito; Guivarch, 2019).

A China tem como compromisso chegar ao pico de suas emissões até 2030 e zero emissão até 2060. Porém, o país é o maior consumidor de energia, bem como o maior emissor de carbono, na atmosfera, sendo responsável por um terço das emissões globais. Por isso, o mundo observa a China, com grande importância, já que é impossível lidar com a emergência





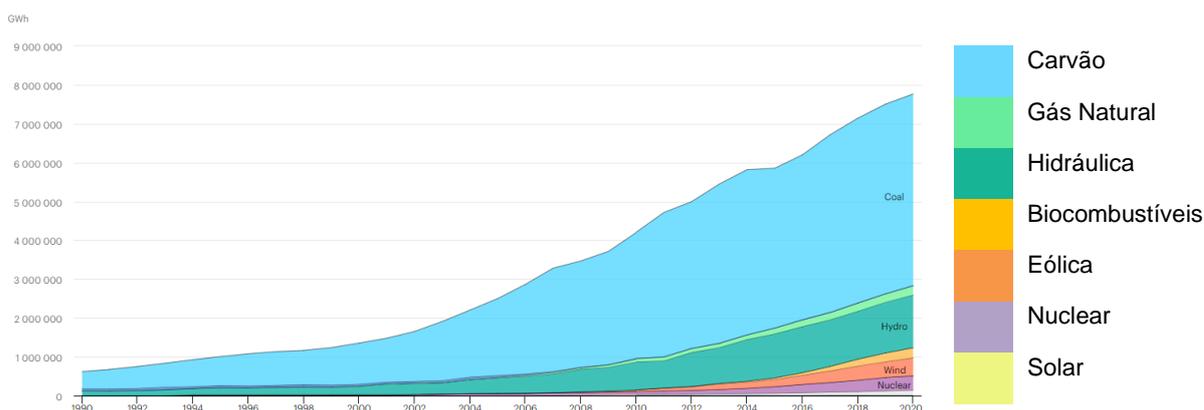
climática sem a participação do país nesse processo (Agência Internacional de Energia, 2023; Wen; Wang, 2022).

Em contrapartida, a China emerge como o principal mercado global para veículos elétricos, segundo a Agência Internacional de Energia (2022). Essa posição de destaque formou-se através de políticas públicas robustas de incentivo e subsídio para a eletrificação, que desempenharam um papel crucial, impulsionando o desenvolvimento de novas tecnologias (Du et al., 2019).

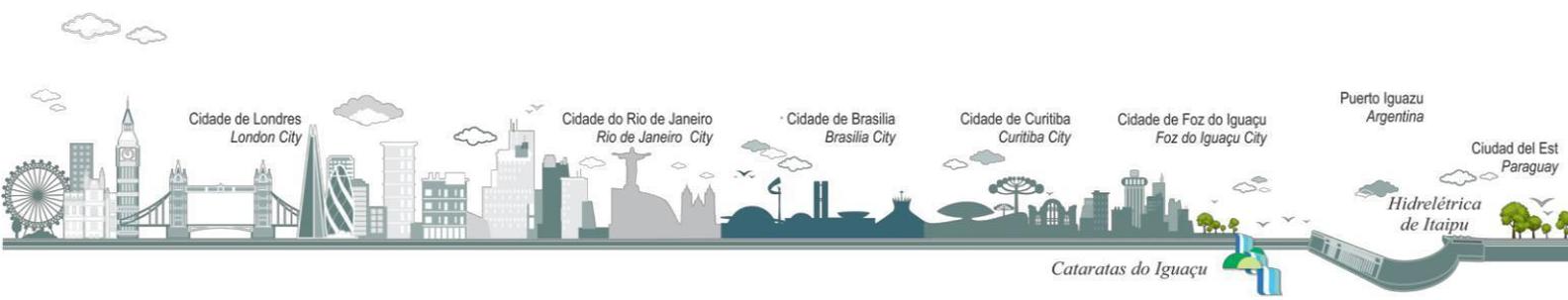
Megacidades como Pequim, Xangai, Shenzhen e Chengdu tiveram um papel crucial no desenvolvimento do mercado chinês de veículos elétricos, apresentando medidas de controle de emissões. Foram utilizadas políticas públicas como: sistema integrado de controle de tráfego de veículos à combustão, eletrificação de frotas públicas, sistema inteligente baseado em dados para gerenciar as emissões, promoção do transporte público e diversificação da energia (An et al., 2019).

Entretanto, o carvão é responsável por mais de 60% da produção de energia elétrica na China (Agência Internacional de Energia, 2023). Cenário que tende a sofrer alterações, porque a participação de fontes de energia renovável tem aumentado consistentemente como a energia solar e eólica (Figura 2).

Figura 2- Fontes de energia para geração de eletricidade na China.



Fonte: Agência Internacional de Energia, 2023.





Apesar de seus investimentos em tecnologia de veículo baixo carbono, atualmente a China, ainda não conseguiu fazer a transição para uma matriz elétrica de baixo carbono. Por isso, a demanda por priorizar o controle centralizado e a reciclagem de poluentes e resíduos, acelerando a transição para práticas sustentáveis, como as energias solar e eólica, e continuando os investimentos em tecnologias de baixo carbono (Cheng; Hu, 2022; Banerjee et al., 2020).

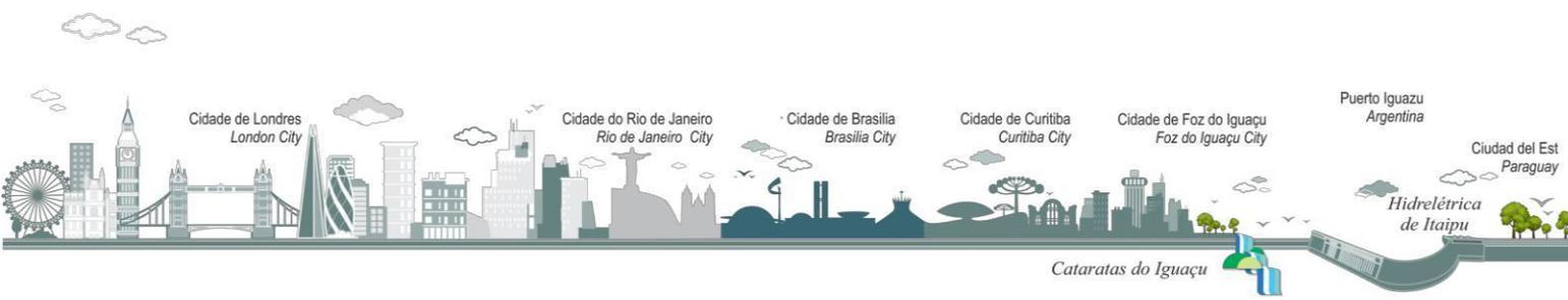
Ademais, a China deve aprimorar a gestão do espaço urbano, com governos locais direcionando de maneira racional recursos de terra e população para desenvolver padrões urbanos intensivos e de alta densidade. Isso inclui melhorias na infraestrutura, alocação eficiente de habitação urbana e recursos viários para otimizar o uso da terra e dos recursos de transporte (Cheng; Hu, 2022).

Porque o país ainda tem um desafio importante diante da emergência climática e o planejamento da mobilidade urbana sustentável tem um papel estratégico nessa agenda. Se por um lado o país está investindo em potencializar as fontes de energias renováveis e minimizar as atividades que causam problemas de saúde pública e danos ao meio ambiente, os combustíveis fósseis, como o carvão seguem sendo relevantes na matriz energética chinesa. Ao passo que a integração entre tecnologia e mobilidade tem reforçado o acesso a bens, recursos e serviços assegurando uma operação com segurança equidade e justiça operando de forma eficiente para dar suporte à competitividade econômica.

O Caso Europeu

As emissões da Europa vêm decaindo progressivamente desde início do século XXI e está a caminho de cumprir as metas de redução dos gases de efeito estufa. Através do Pacto Ecológico Europeu, assinado em 2019, pretende ser o primeiro continente neutro em emissões até 2050 (União Europeia, 2019).

O setor de transportes tem grande função na redução de emissões europeias de carbono. Em 2018 o setor foi responsável por 15% das emissões líquidas, desse 11% são provenientes do transporte rodoviário, incluindo caminhões e ônibus. No ano de 2019, por sua vez, as emissões de carbono diminuíram em 24% em comparação com os níveis de 1990, na



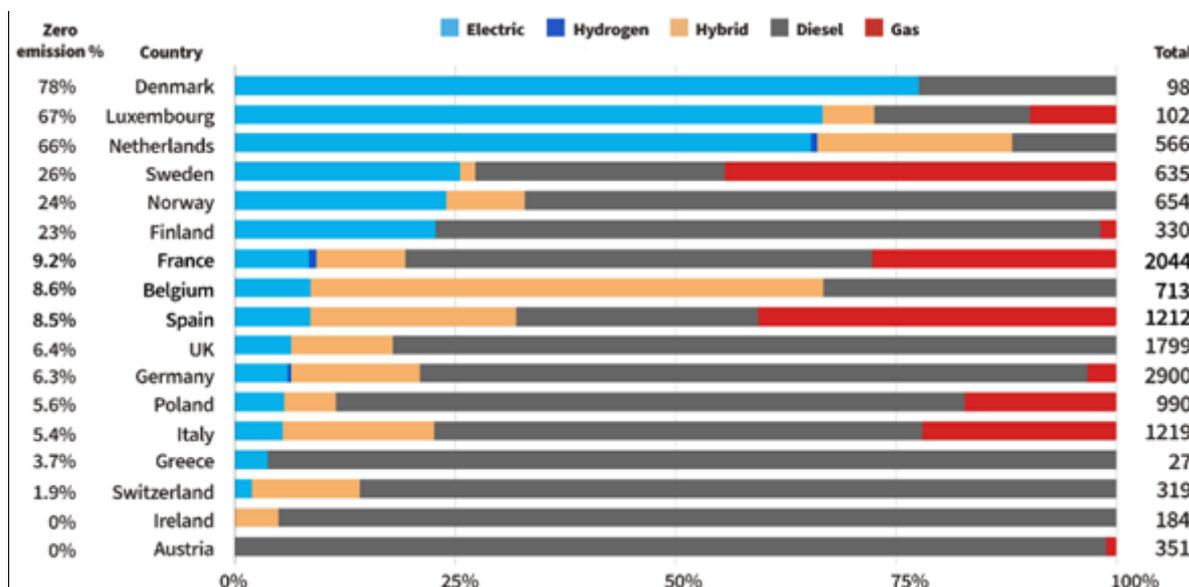


União Europeia, como fruto das políticas do pacote clima-energia, adotadas em 2008 (Agência Europeia do Ambiente, 2020).

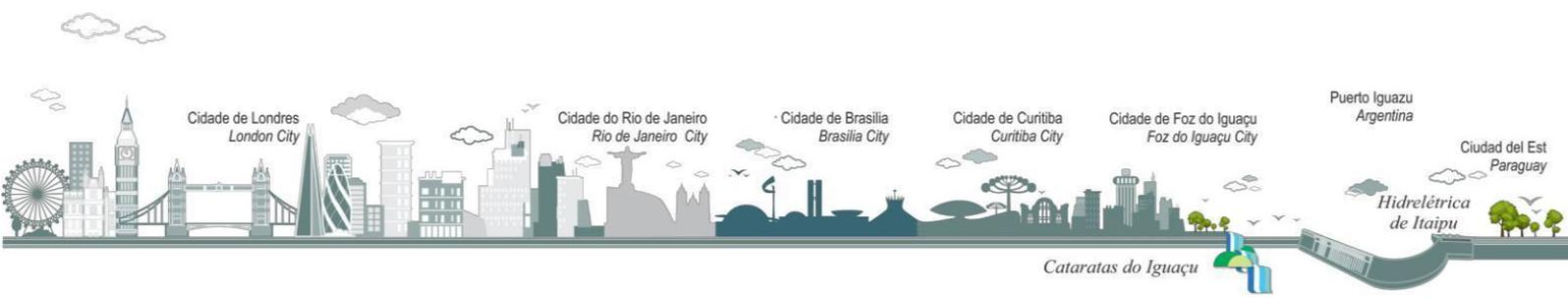
O ano de 2019 é marcado pelo crescimento exponencial da frota de ônibus elétrico na Europa (Bloombergnef, 2020; Chatrou, 2019), contribuindo de forma eficaz para a redução de emissões. Como resultado desta política, formou-se no continente europeu um contingente de aproximadamente 4.000 ônibus elétricos em funcionamento, incluindo ônibus elétricos a bateria, híbridos plug-in, trólebus e ônibus com células de combustível.

A título de exemplo, em 2019, a Holanda tornou-se o país europeu com a frota maior do continente, com 726 ônibus elétrico; já a França ficou, em segundo lugar, com 368 e a Inglaterra em terceiro com 322 ônibus elétricos. E, no caso inglês, essa frota foi impulsionada, principalmente, graças aos esforços que a Transport for London, que fez uma intermediação de colaboração entre a Alexander Dennis Limited e a BYD. (Figura 3). Destaque também para a Bélgica com 78 unidades elétricas e para Luxemburg que sempre esteve na vanguarda do transporte por ônibus elétricos, e tem 84 ônibus elétricos registrados (Chatrou, 2019).

Figura 3 - Mercado europeu de ônibus.



Fonte: Chatrou, 2019.

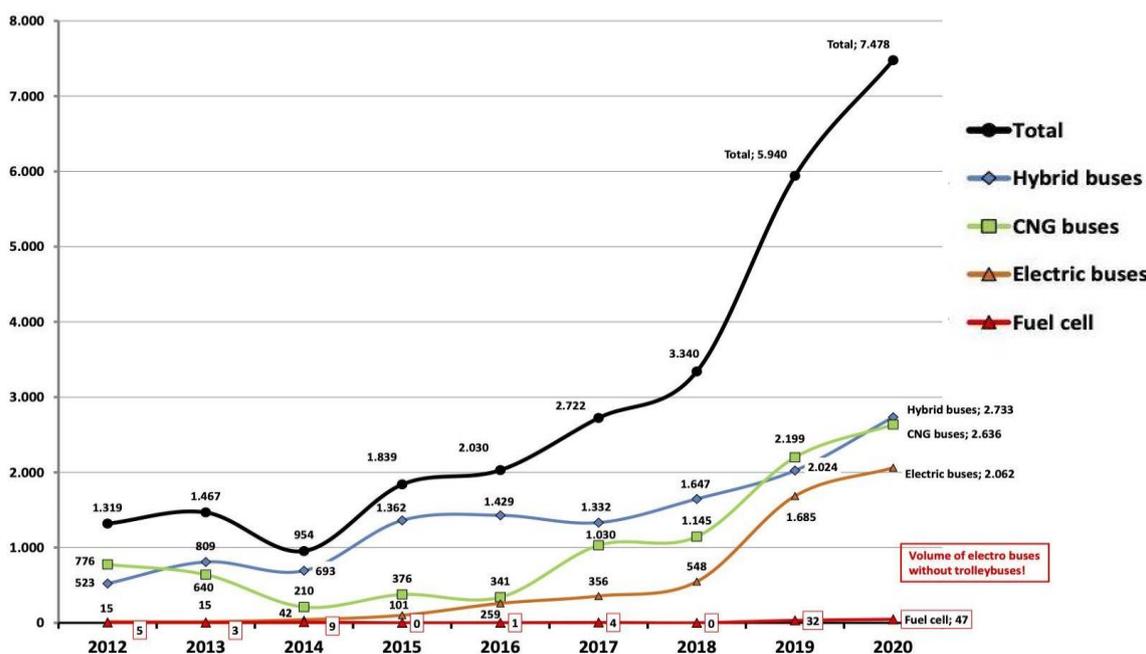




Trata-se de uma infraestrutura vigorosa e um política pública ambiciosa que não se mostra apenas como fruto de acordos internacionais, mas estratégia para o crescimento da União Europeia, especialmente, sobre as premissas de uma sociedade equitativa e próspera (Comissão Europeia, 2019)

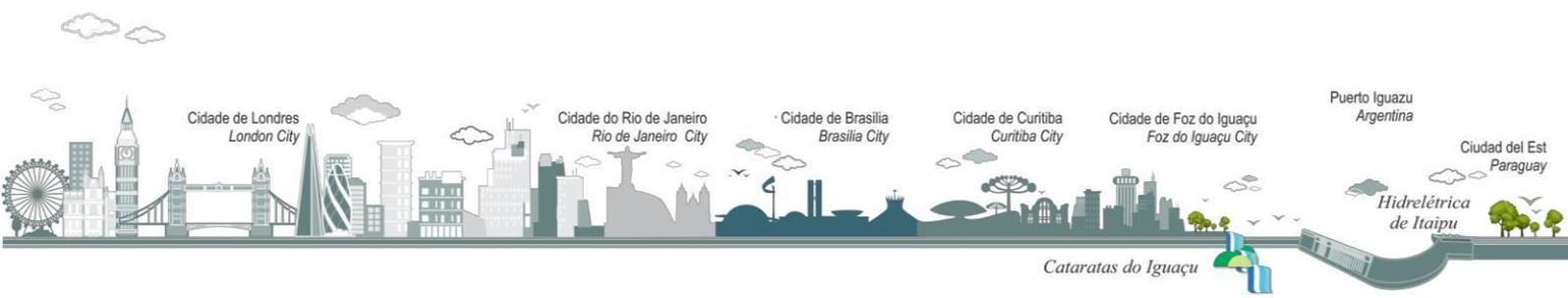
Alíás, diversos fabricantes de ônibus competem pela liderança do mercado elétrico europeu, a VDL Bus & Coach foi líder de mercado em 2019, com 386 unidades. A fabricante de ônibus chinesa BYD ocupa o segundo lugar com 236 ônibus elétricos – incluindo os 79 chassis entregue à Alexander Dennis Limited o número de registros é 315. Curiosamente, a Volvo, pioneira da eletrificação, está ficando para trás com 135 registros, logo atrás do Solaris com 145 unidades (Chatrou, 2019).

Figura 4 -.Evolução mercado de ônibus na Europa.



Fonte: Chatrou, 2019.

Portanto, a Europa possui um número mais heterogêneo de modelos de ônibus – ainda assim, as montadoras chinesas mantêm destaque – de modo que o mercado europeu busca a interoperabilidade de diferentes marcas através da padronização na infraestrutura de carregamento. Segundo Chatrou (2019), os ônibus que mais possuem representação no





mercado Europeu são os movidos a gás natural, seguido dos ônibus híbridos e elétricos a bateria (Figura 4).

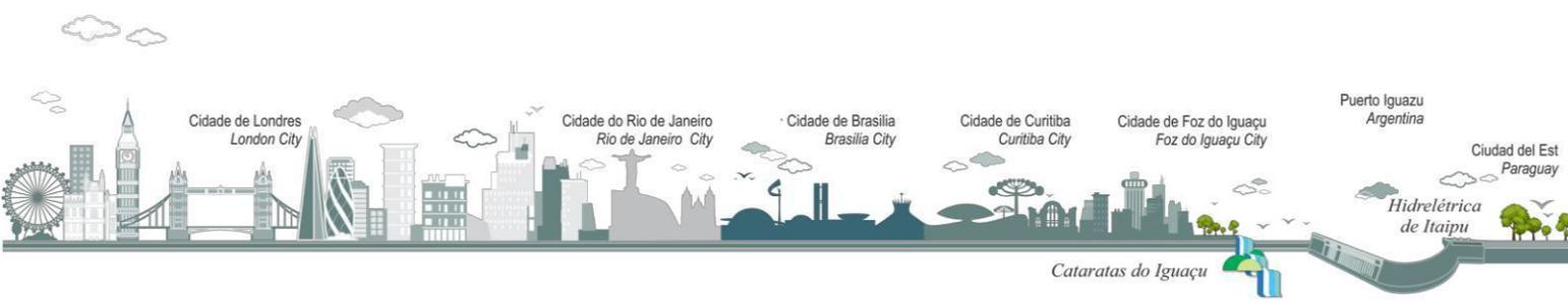
As tecnologias de carregamento wireless e o sistema de troca de baterias ou estão em teste ou não tem mercado; ou seja, a preocupação do mercado se concentra em diferentes métodos de carregamento indutivo através de plug-in, conexão ou dispositivos de conexão automatizada.

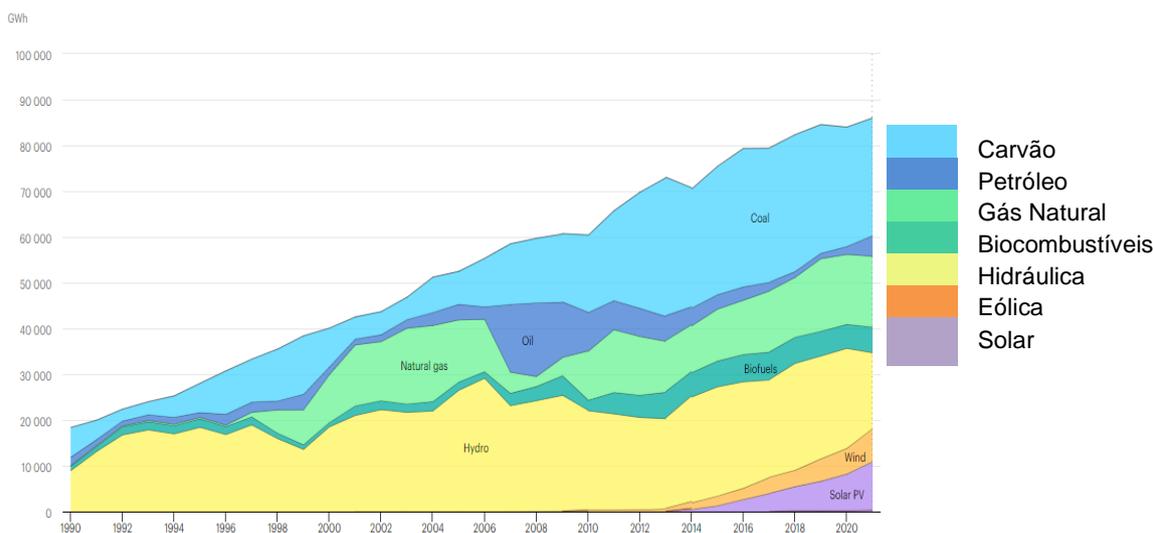
O Caso Chileno

Assim como Brasil, os demais países latino-americanos, ainda, possuem uma baixa participação no mercado de carros e ônibus elétricos (Stopfer et al., 2021). Contudo, o Chile tem se destacado, como uma exceção, por possuir a maior frota de ônibus urbanos elétricos fora da China. O foi originado pela política pública de incentivo à descarbonização dos transportes com um programa ousado de zero carbono até 2050: o Programa de Movilidad Cero Emisiones (Chile, 2021).

Em 2021, o Chile promulgou a primeira lei, na América Latina, de eficiência energética (Lei 21.305) em busca de reduzir tanto a intensidade energética, quanto a redução de emissões de gases de efeito estufa – o que é um passo importante para reduzir as emissões de carbono do transporte público. Em seguida, no mesmo ano, publicou a Estratégia Nacional de Eletromobilidade, que aposta no avanço gradual da eletrificação, com um avanço mais ousado em relação aos veículos de transporte público que deverão ser todos elétricos a partir de 2035 (Chile, 2021).

Figura 5 - Geração de eletricidade por fonte no Chile.





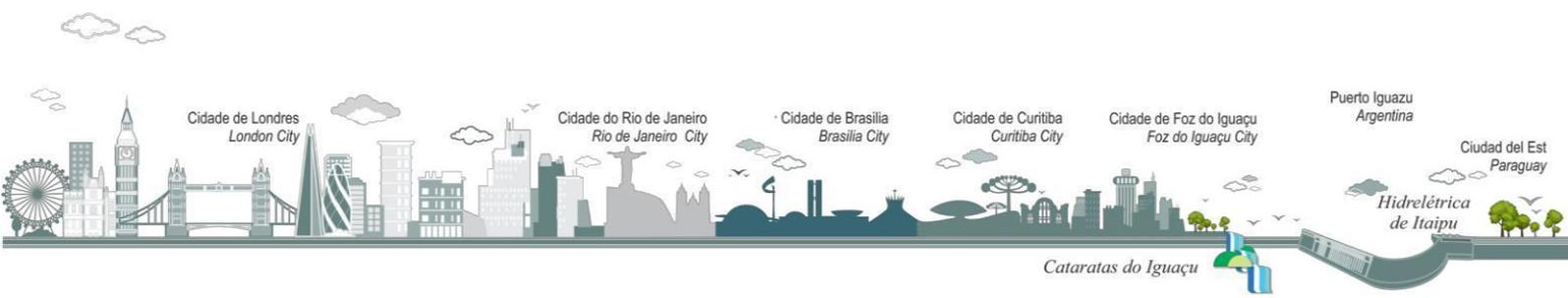
Fonte: Agência Internacional de Energia, 2023.

Entretanto, o setor de transportes no país segue sendo o segundo maior consumidor de energia, tendo o petróleo ainda como fonte primária. O que torna também o setor como o segundo maior emissor de gases de efeito estufa (Agência Internacional de Energia, 2023). E a produção de energia elétrica está baseada em um mix de fontes: as centrais termoelétricas, as hidrelétricas e as energias renováveis não convencionais (Figura 5).

Em geral, as termoelétricas utilizam diferentes tecnologias e são abastecidas com óleo combustível, diesel, gás natural ou um misto de combustíveis – respondendo a mais da metade da eletricidade gerada. As hidrelétricas são convencionais e respondem a um terço da produção. As energias renováveis juntas respondem a uma quinta parte da geração elétrica (Deramond, 2018).

O Chile apresenta um potencial limitado em termos de combustíveis fósseis, como o petróleo, porém, demonstra um elevado potencial em energia renovável, estimado em 2.250 GW (Palma-Behnke et al., 2021). Por isso, nos últimos anos, o país teve êxito ao impulsionar as energias renováveis. Ainda assim, é crucial desenvolver fontes como solar e eólica antes de 2030 para alcançar a meta de 70% de eletricidade renovável até 2050 (Simsek et al., 2019), que segue dependente de combustíveis fósseis para geração de sua energia.

Por isso, país tem apostado na diversificação de sua matriz energética para conseguir a segurança energética e a não-dependência fundamentada em energias renováveis





(Aymeric; François, 2017). Cinco fatores fundamentais para o desenvolvimento sustentável incluem influências internacionais, legados institucionais, uma oportunidade proporcionada por movimentos ambientalistas, empreendedorismo político e influência empresarial (Madariaga; Rivera, 2017).

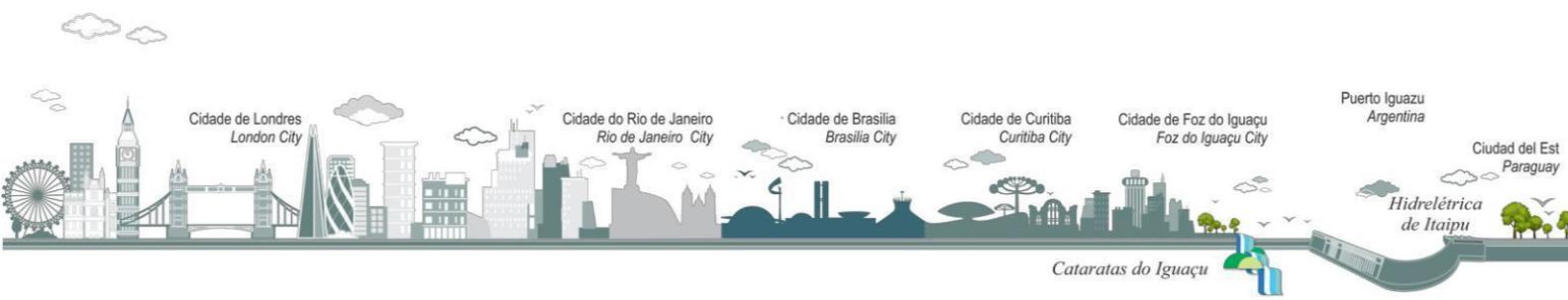
O sistema de transporte de ônibus Red Metropolitana de Movilidad, por exemplo, é composto por 7427 ônibus operados por seis empresas diferentes, inclusive o Metrô de Santiago e ao MetrôTren, onde todo o sistema de mobilidade é integrado e pode ser utilizado com um único cartão chamado bip!, com diversos pontos de cobrança espalhados na cidade. O sistema de ônibus é usado por cerca de 6,2 milhões de pessoas nas 32 comunidades de Santiago e cobre uma área geográfica de cerca de 680 km² (RED, 2021).

O sistema de transporte público metropolitano está mudando progressivamente o padrão de seus ônibus, desde o ano de 2016 vêm implantando ônibus elétricos e em 2023 conta com 2.043 ônibus elétricos, aproximadamente 30% de sua frota de diversas marcas como BYD, Foton, KingLong e Youtong, fazendo do Chile a segunda maior frota de ônibus elétricos do mundo (E-bus Radar, 2023).

Esses números representam uma melhora na mobilidade da cidade e qualidade de vida para a sociedade com a redução dos níveis de poluição ambiental e sonora através deste processo e a inserção de tecnologias da informação

O Chile está fazendo progressos significativos em direção a uma matriz energética mais renovável e de baixo carbono, com destaque para a parceria com as montadoras chinesas, com destaque para a BYD. A redução da dependência de combustíveis fósseis, seja com as políticas de eficiência, seja com o investimento em energias renováveis, como solar e eólica, pode diminuir as emissões de gases de efeito estufa e melhorar a qualidade do ar nas cidades. Além disso, a mobilidade urbana tem destaques importantes para ser considerada sustentável, já que os três pilares estão sendo contemplados com amplitude.

O investimento em transporte público eficiente e acessível demonstra a capacidade de melhorar a mobilidade para todos, independentemente de sua renda ou localização. Além disso, a eletrificação da frota de ônibus traz consigo benefícios como a redução da poluição sonora e melhorar a saúde pública. A integração do sistema de transporte, permitindo o uso





de um único cartão, também facilita o acesso ao transporte público – configurando um importante atributo.

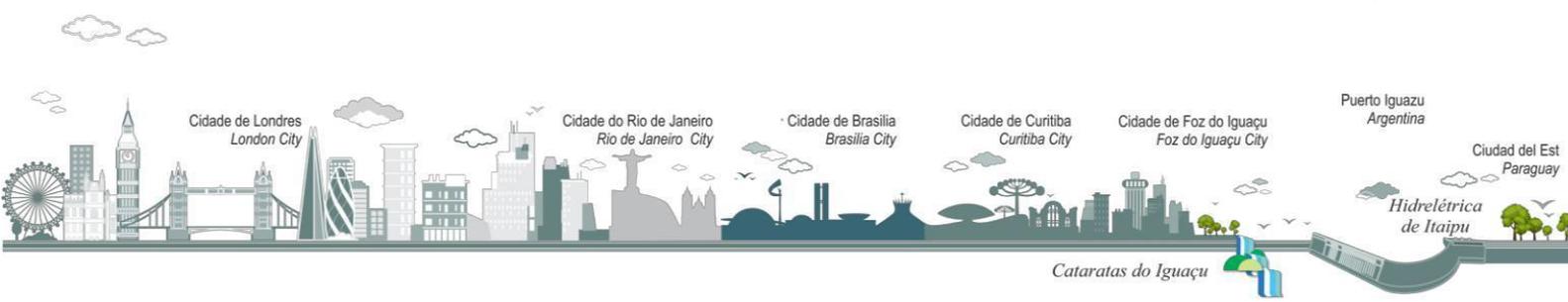
A Mudança de Paradigma: Mobilidade e Energia

O consumo de energia no século XX teve um comportamento exponencial e só pode ser satisfeito por causa dos atributos do petróleo e de seus derivados (Gonçalves, 2020). Motivo pelo qual este fora a energia por *excellence* do século XX e segue sendo a fonte energética primária da matriz mundial, representando um terço do consumo mundial, mesmo diante da emergência climática e das preocupações com as emissões de carbono, na atmosfera (Delannoy et al., 2021).

Nesse contexto, o petróleo assume um papel crucial nas interseções dos desafios geopolíticos, econômicos, sociais e climáticos, em um mundo globalizado. No entanto, essa importância vital também apresenta um paradoxo preocupante, pois, ao mesmo tempo em que é essencial para a sociedade moderna, coloca em risco as funções de suporte à vida do planeta (Yu et al., 2023).

O setor de transportes, globalmente, ainda é dependente do petróleo, 90% da procura total de energia para os transportes é fornecida pelo petróleo, 5% pelo gás natural e outros combustíveis, 3,5% pelos biocombustíveis e 1,5% pela eletricidade. O transporte rodoviário é responsável por 16% das emissões globais e corresponde a 74% de toda emissão do setor (Agência Internacional de Energia, 2022). O que contextualiza a corrida por novas fontes e tecnologias, pensamentos ou conceitos apresentados, em favor de uma transição energética de baixo carbono.

Os recentes avanços nas tecnologias digitais e de combustíveis têm o potencial de impulsionar a transição para uma economia sustentável, transformando a mobilidade urbana com novas tecnologias de propulsão – como eletrificação, utilização de células de hidrogênio, biocombustíveis, utilização de gás natural e biometano, entre outras em menor escala –, controle de veículos, mudança nos modelos de negócios de propriedade e uso dos transportes, tecnologias móveis que equipam e capacitam os indivíduos e oportunidades para realizar atividades.





A interconexão desses conceitos na mobilidade envolve uma sinergia entre a coleta de dados, o processamento e a disseminação de tecnologias. Esse conjunto de inovações visa aprimorar a qualidade de vida nas cidades, abrangendo áreas como serviços públicos, saúde e transporte.

E, embora, a China tenha um enorme destaque na mobilidade elétrica, e Europa tenha avançado a longos passos na temática, é o Chile o modelo mais próximo de aplicação para a realidade brasileira; por causa dos significativos progressos em direção a uma mobilidade urbana mais sustentável. Mas, há desafios a serem superados em todas as três dimensões - ambiental, social e econômica. A superação desses desafios exigirá políticas públicas eficazes, investimentos estratégicos e a participação ativa de todos os setores da sociedade.

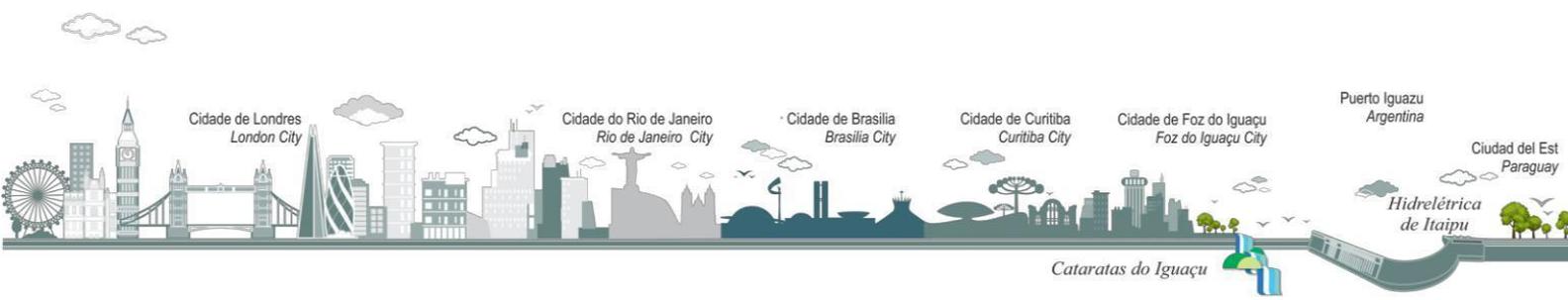
Afinal, por décadas, as políticas de transporte se concentraram em promover a mobilidade baseada em veículos motorizados e na melhoria da velocidade do tráfego. A palavra acesso no contexto de transportes significava a construção de novas infraestruturas que priorizassem o uso de carros particulares. O foco estava no acesso aos meios de transporte. O que está em mudança diante dos imperativos da emergência climática.

CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

Este artigo, através da revisão de literatura e dos estudos de caso, explorou a questão da mobilidade sustentável baseada em tecnologias de baixo carbono, com um foco na eletrificação, para trazer aprendizados para o contexto nacional. Os estudos de caso demonstraram que existem múltiplos caminhos viáveis para a transição energética, cada um com suas próprias nuances e desafios.

A emergência climática, que se tornou uma pauta urgente na agenda global, exige uma mudança significativa na forma como se produz e se consome produtos e serviços. Isso é particularmente verdadeiro no contexto das cidades, onde a infraestrutura e os sistemas de transporte têm um impacto direto no bem-estar dos habitantes e no meio ambiente.

A urbanização acelerada concentrou mais da metade da população mundial em cidades, logo o bem-estar dos habitantes do planeta tornou-se intrinsecamente ligado ao desenvolvimento das cidades. Diante dos desafios sem precedentes, o planejamento urbano





precisa encontrar novas formas de abordagem concebendo cidades mais equitativas, sustentáveis e resilientes. Para tanto, é necessário um novo *modus operandi* para investimentos em infraestrutura urbana, que priorize a redução de desigualdades sociais e regionais, a mitigação dos impactos climáticos e o aumento da resiliência às mudanças climáticas.

Destaca-se a importância de buscar métodos mais eficientes, sustentáveis e simultâneos de produção de energia e tecnologias de propulsão, mesmo em uma economia renovável, para otimizar o uso dos recursos e garantir uma transição eficaz, mais sustentável e baixo carbono.

A transição para uma mobilidade mais sustentável não é apenas desejável, mas essencial para o futuro das cidades e do planeta. A jornada pode ser complexa e desafiadora, mas os benefícios potenciais tornam essa transição uma necessidade. A transição para uma economia de baixo carbono pode trazer benefícios econômicos significativos. O investimento em tecnologias de energia de baixo carbono pode estimular a inovação e criar empregos.

Além disso, a diversificação da matriz energética pode aumentar a segurança energética das nações e reduzir a dependência de combustíveis fósseis. A mobilidade urbana eficiente também pode apoiar a competitividade econômica, satisfazendo as necessidades de transporte e mobilidade atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender a essas necessidades.

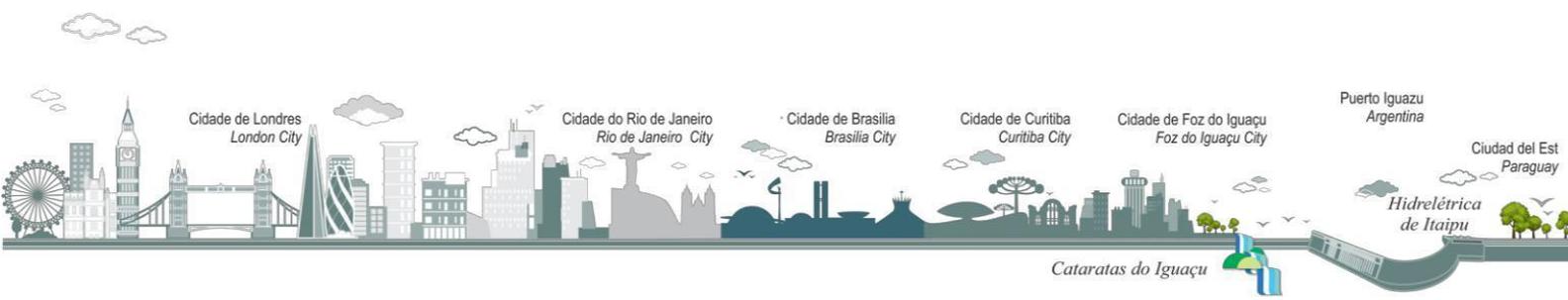
AGRADECIMENTO: Agradecemos a CAPES e a Fundação Araucária do Paraná, pelas bolsas concedidas aos programas de pós graduação da Unioeste, esse trabalho é parte do que é desenvolvido por meio desse apoio e incentivo. Agradecemos também ao LABTES – Laboratório de Tecnologias Renováveis pelo apoio material e intelectual.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EUROPEIA DO AMBIENTE. **O progresso da UE ao nível das metas climáticas para 2020.** Estrasburgo, 2020.

<https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2018/7/story/20180706STO07407/20180706STO07407_pt.pdf> Acesso em: 02 dez. 2023.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Global EV Outlook 2022.** International Energy Agency: Paris, 2022. Disponível em: <<https://www.iea.org/data->





[andstatistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource](#)> Acesso em: 10 nov. 2023.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Global Energy-related CO2 Emissions by Sector**. International Energy Agency: Paris, 2022. Disponível em: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-energy-related-co2-emissions-by-sector>> Acesso em: 10 nov. 2023.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Building a Unified National Power Market System in China Pathways for spot power markets**. International Energy Agency: Paris, 2023. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/666f55e2-83a8-470d-b8e4-f48618aeeec1e/BuildingaUnifiedNationalPowerMarketSysteminChina.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2023.

AN, F. *et al.* **A study on China's timetable for phasing-out traditional ICE-vehicles**. New York: NRDC, 2019.

AHVENNIEMI, H.; HUOVILA, A.; PINTO-SEPPÄ, I.; AIRAKSINEN, M. What are the differences between sustainable and smart cities? **Cities**, v. 60, p. 234-245, 2017.

ANDRADE, N. *et al.* Mobilidade Urbana: Uma Revisão dos Desafios e Inovações. **Revista De Gestão Social e Ambiental**, v. 17, n. 3, 2023.

AYMERIC, G.; FRANÇOIS, S. Case study for Chile: the electric vehicle penetration in Chile. **Electric Vehicles: Prospects and Challenges**, p. 245-285, 2017.

BANERJEE, A.; DUFLO, E.; QIAN, N. On the road: access to transportation infrastructure and economic growth in china. **Journal of Development Economics**, v. 145, jun. 2020.

BARNES, T.; SHEPPARD, E. 'Nothing includes everything': towards engaged pluralism in Anglophone economic geography. **Progress in Human Geography**, v. 34, n. 2, p. 193-214, 2010.

BATTY, M. The Size, Scale, and Shape of Cities. **Science**, v. 319, p. 769-771, 8 fev. 2008.

BENEVOLO, C.; DAMERI, R.; D'AURIA, B. Smart mobility in smart city: Action taxonomy, ICT intensity and public benefits. *In: Empowering organizations: Enabling platforms and artefacts*. Springer International Publishing, 2016. p. 13-28.

BLACK, W. Sustainable transportation. **Journal of Transport Geography**, v. 4, n. 3, p. 151-159, set. 1996.

BLOOMBERGNEF. **Electric Vehicle: outlook 2019**. 2020. Disponível em: <<https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/?sf122680186=1>> Acesso em: 7 dez. 2023.

CARVALHO, C. **Mobilidade Urbana Sustentável: Conceitos, Tendências e Reflexões**. Brasília: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2194).

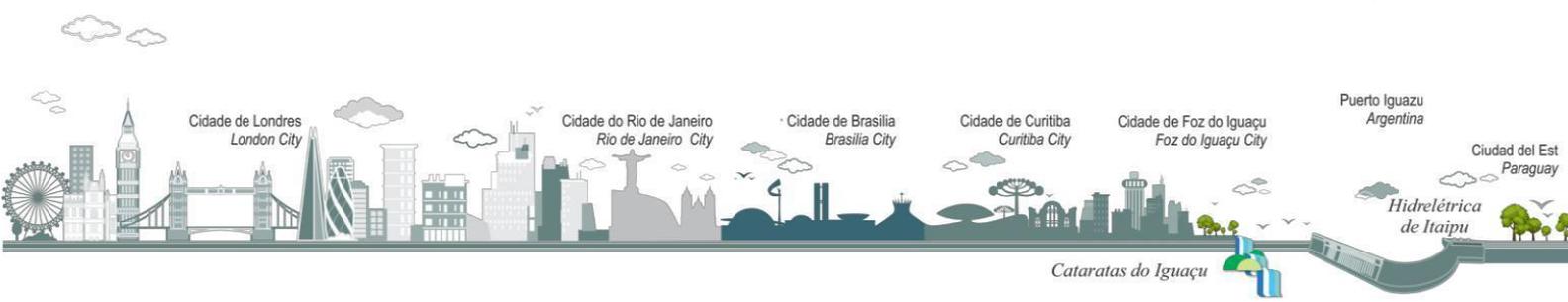
CHATROU - CME Solutions. Record year 2019. The big leap forward of e-bus market in Western Europe. 2019. **Sustainable Bus Magazine**.

CHENG, Z.; HU, X. The effects of urbanization and urban sprawl on CO2 emissions in China. **Environment, Development and Sustainability**, v. 25, n. 2, p. 1792-1808, 12 jan. 2022.

CHILE. Ministerio de Energía. **Plan Nacional de Eficiencia Energética**. Santiago, 2021. Disponível em: <<https://energia.gob.cl/ley-y-plan-de-eficiencia-energetica>> Acesso em: 5 de dez. 2023

CIDELL, J.; PRYTHERCH, D. **Transport, mobility, and the production of urban space**. Routledge, 2015.

COMODI, G *et al.* Local promotion of electric mobility in cities. **Energy**, v. 95, p. 494-503, jan. 2016.





COMISSÃO EUROPEIA. **Pacto Ecológico Europeu**. 2019. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=SL>> Acesso em: 30 nov 2023.

CRESSWELL, T.; MERRIMAN, P. **Geographies of mobilities: Practices, spaces, subjects**. Ashgate Publishing, Ltd., 2011.

DERAMOND, B. **Conversión de la matriz automotriz chilena a vehículos eléctricos**. Tesis. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso: Valparaíso. 2018.

DU, J. *et al.* Evaluating the technological evolution of battery electric buses: china as a case. **Energy**, v. 176, p. 309-319, jun. 2019.

DUCA, G. *et al.* Passenger Dimensions in Sustainable Multimodal Mobility Services. **Sustainability**, v. 14, n. 19, p. 12254, 27 set. 2022.

E-BUS RADAR. **Ônibus Elétrico América Latina**. Chile. 2023. Disponível em: <<https://www.ebusradar.org/>> Acesso em: 30 nov. 2023.

GARCÍA-OLIVARES, A.; SOLÉ, J.; OSYCHENKO, O. Transportation in a 100% renewable energy system. **Energy Conversion And Management**, v. 158, p. 266-285, fev. 2018.

GONÇALVES, O. **O mercado brasileiro de diesel, gasolina e GLP**. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 146p. 2020.

DELANNOY, L.; LONGARETTI, P.; MURPHY, D.; PRADOS, E. Peak oil and the low-carbon energy transition. **Applied Energy**, v. 304, dez. 2021.

FISCH-ROMITO, V.; GUIVARCH, C. Transportation infrastructures in a low carbon world: An evaluation of investment needs and their determinants. **Transportation Research Part D**, v. 72, p. 203-219, 2019.

KARJALAINEN, L. E.; JUHOLA, S. Urban transportation sustainability assessments. **Transport Reviews**, v. 41, n. 5, p. 659-684, fev. 2021.

KWAN, M.; SCHWANEN, T. Geographies of mobility. **Annals of the American Association of Geographers**, v. 106, n. 2, p. 243-256, 2016.

LI, Y. *et al.* Relationship between the development and CO2 emissions of transport sector in China. **Transportation Research Part D**, v. 74, p. 1-14, set. 2019.

LI, R.; LI, L.; WANG, Q. The impact of energy efficiency on carbon emissions: evidence from the transportation sector in Chinese 30 provinces. **Sustainable Cities and Society**, v. 82, 2022.

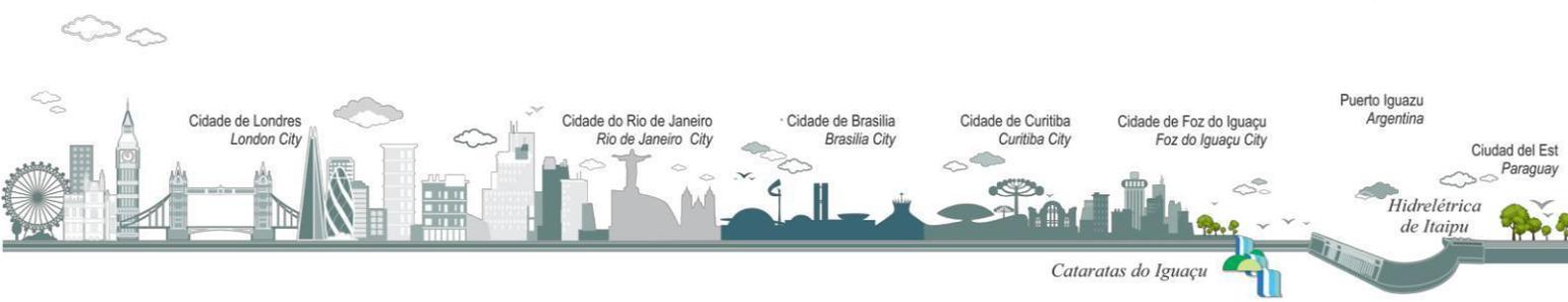
MATHIESEN, B.; LUND, H; KARLSSON, K. 100% Renewable energy systems, climate mitigation and economic growth. **Applied Energy**, v. 88, n. 2, p. 488-501, fev. 2011.

MATHIESEN, B. *et al.* Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions. **Applied Energy**, v. 145, p. 139-154, maio 2015.

MADARIAGA J.; RIVERA, F. Corporate social responsibility, customer satisfaction, corporate reputation, and firms market value. **Revista Espanhola de Marketing-ESIC**, v. 21, p. 39-53, 2017.

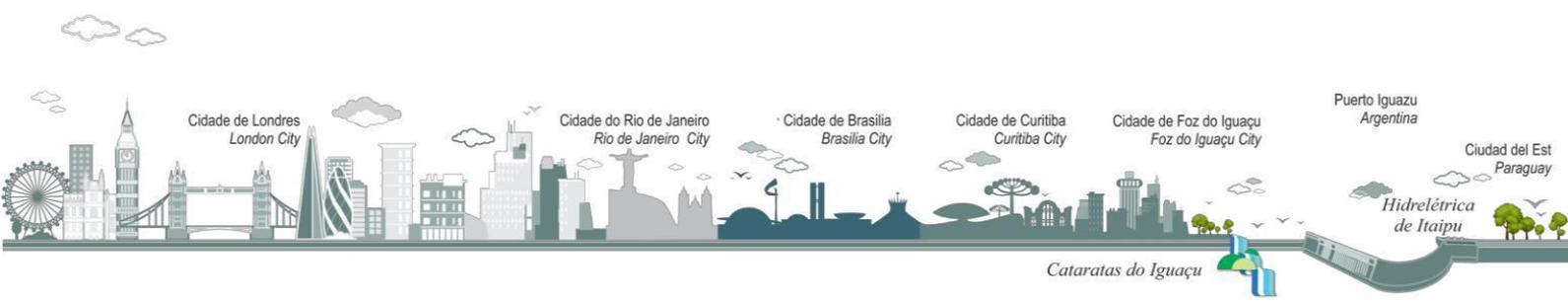
MEIRA, L. **Políticas de Mobilidade Sustentável no Brasil: Barreiras e Desafios**. 2013. 253 f. Tese. Universidade Federal de Pernambuco: Recife, 2013.

MOORE-CHERRY, N. Mobilities: new perspectives on transport and society. **International Planning Studies**, v. 19, n. 2, p. 210-212, 16 maio 2013.





- NOEL, L.; RUBENS, G.; KESTER, J.; SOVACOOOL, B. Beyond emissions and economics. **Transport Policy**, v. 71, p. 130-137, nov. 2018.
- NUNES, P.; BRITO, M. Displacing natural gas with electric vehicles for grid stabilization. **Energy**, v. 141, p. 87-96, dez. 2017.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: ODS. 2022**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>> Acesso em 12 dez. 2023.
- OSORIO-ARJONA, J.; GARCÍA-PALOMARES, J. Social media and urban mobility: Using twitter to calculate home-work travel matrices. **Cities**, v. 89, p. 268-280, 2019.
- PALMA-BEHNKE, R. *et al.* The Chilean Potential for Exporting Renewable Energy. **Mitigation and Energy Working Group Report**, 2021.
- PEREIRA, R.; SCHWANEN, T. **Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil: diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo**. Brasília: Ipea, 2013.
- PIROUZI, S. *et al.* Exploring prospective benefits of electric vehicles for optimal energy conditioning in distribution networks. **Energy**, v. 157, p. 679-689, ago. 2018.
- RAMASWAMI, A. *et al.* Toward Zero-Carbon Urban Transitions with Health, Climate Resilience, and Equity Co-Benefits: Assessing Nexus Linkages. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 48, p. 81-121, 2023.
- RED (Chile). **RED Metropolitana de Movilidad**. 2021. Disponível em: <<https://www.red.cl/>> Acesso em: 5 dez. 2023
- RODE, P. *et al.* Accessibility in Cities: transport and urban form. **Disrupting Mobility**, p. 239-273, 2017.
- SAVASTANO, M.; SUCIU, M.; GORELOVA, I.; STATIVĂ, G. How smart is mobility in smart cities? An analysis of citizens' value perceptions through ICT applications. **Cities**, v. 132, p. 104071, jan. 2023.
- SDOUKOPOULOS, A.; PITSIAVA-LATINOPOULOU, M.; BASBAS, S.; PAPAIOANNOU, P. Measuring progress towards transport sustainability through indicators. **Transportation Research Part D**, v. 67, p. 316-333, fev. 2019.
- SHAW, J.; HESSE, M. Transport, geography and the 'new' mobilities. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 35, n. 3, p. 305-312, 2010.
- SILVA, R.; MARCHI NETO, I.; SEIFERT, S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328-341, jun. 2016.
- SIMSEK, Y., *et al.* Review and assessment of energy policy developments in Chile. **Energy Policy**, 127, 87-101.
- STOPFER, N. *et al.* **A Mobilidade Elétrica na América Latina**. Rio de Janeiro: e-papers, 2021.
- AHVENHARJU, S. *et al.* Operationalising Sustainable Transport and Mobility. **SUMMA Deliberable**, v. 3, 2004.
- VERLINGHIERI, E.; SCHWANEN, T. Transport and mobility justice: evolving discussions. **Journal of Transport Geography**, v. 87, jul. 2020.
- UMRIGAR, N., PITRODA, J. Multimodal Urban Transportation System for Medium Size Cities. **Journal of The Institution of Engineers**, p. 1-17, 2023.
- União Europeia. **Pacto Ecológico Europeu**. Estrasburgo, 2019. Disponível em: <<https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/green-deal/>> Acesso em: 1 dez. 2023.





URRY, J. **Mobilities: new perspectives on transport and society**. Routledge, 2016.

XU, X.; XU, H. The driving factors of carbon emissions in China's transportation sector: a spatial analysis. **Frontiers in Energy Research**, v. 9, p. 664046, 2021.

WEILLER, C.; NEELY, A. Using electric vehicles for energy services: industry perspectives. **Energy**, v. 77, p. 194-200, dez. 2014.

WEN, L.; WANG, A. System dynamics model of Beijing urban public transport carbon emissions based on carbon neutrality target. **Environment, Development and Sustainability**, v. 25, n. 11, p. 12681-12706, 23 ago. 2022.

WILHEIM, Jorge. **Cidades para tempos novos: Urbanismo e Planejamento no século XXI**. 2015. Disponível em: <http://www.jorgewilheim.com.br/app/webroot/files/uploads/ckfinder/files/JorgeWilheim_CidadeParaTemposNovos.pdf> Acesso em 30 nov. 2023.

YU, Z.; RIDWAN, I.; IRSHAD, A.; TANVEER, M.; KHAN, S. Investigating the nexuses between transportation Infrastructure, renewable energy Sources, and economic Growth. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 14, n. 2, p. 101843, mar. 2023.

