



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

Maurício Cavalcanti Sá de Abreu - RA: 174725
Curso: Eng. Elétrica Integral -11

Desafios da Mobilidade Elétrica: Análise da Viabilidade do Ônibus Elétrico no Âmbito Financeiro e Corporativo

Orientadora: Profa. Dra. Flavia L. Consoni

Campinas
Semestre 2/2020

RESUMO

O estudo analisa a viabilidade do ônibus elétrico no âmbito financeiro e corporativo, tomando por base a importância econômica, ambiental e social de meios transportes com baixa emissão de gases do efeito estufa. Para conduzir este estudo, foram adotadas duas estratégias complementares: primeiro, foram levantadas informações sobre as principais empresas produtoras de ônibus elétricos do mercado global e a forma como os investidores globais avaliam as principais empresas que produzem ônibus elétricos, com foco especial na BYD, principal referência no setor. Os resultados da pesquisa indicam que é possível produzir ônibus elétricos em larga escala e ao mesmo tempo gerar valor ao acionista. Na sequência, e sob uma ótica econômico-financeira, foi realizado um estudo com dados reais obtidos junto a uma empresa que atua no segmento de *E-Retrofit* de ônibus elétricos no estado de São Paulo, que alimentaram um modelo de *Total Cost of Ownership* (TCO). Os resultados mostram que o *E-Retrofit* do ônibus convencional é financeiramente viável no Brasil. Os valores calculados para o modelo TCO do *E-Retrofit* do ônibus convencional movido à diesel para o ônibus elétrico mostram que, apesar de um elevado investimento inicial, os custos com manutenção são menores considerando toda a vida útil do produto. Os resultados alcançados nesse estudo indicam a viabilidade do ônibus elétrico frente ao ônibus convencional movido a diesel. Portanto, o ônibus elétrico é um produto rentável e comercialmente viável, o qual alinha redução de custos com a sustentabilidade decorrente da baixa emissão de gases do efeito estufa e de poluentes locais. Considera-se que a presença de empresas especializadas neste setor e com o *know-how* adequado podem viabilizar a mobilidade urbana sustentável.

Palavras-chave: Ônibus Elétrico; E-Retrofit; Mobilidade Urbana; Análise Financeira

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.1	JUSTIFICATIVA.....	9
1.2	OBJETIVOS.....	11
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	11
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	11
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA MOBILIDADE URBANA NO BRASIL	13
2.2	INICIATIVAS DE MOBILIDADE ELÉTRICA: O CASO DO “VAMO” EM FORTALEZA	18
2.3	ENTENDENDO OS ASPECTOS TECNOLÓGICOS E OS DESAFIOS DA ELETROMOBILIDADE	20
2.4	VIABILIDADE FINANCEIRA DO ÔNIBUS ELÉTRICO	24
3	METODOLOGIA	29
3.1	CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS DE EMPRESAS GLOBAIS DE MOBILIDADE ELÉTRICA	29
3.1.1	<i>Seleção de Empresas Comparáveis</i>	29
3.1.2	<i>Avaliação da Governança Corporativa</i>	31
3.1.3	<i>Análise do Desempenho Financeiro</i>	31
3.1.4	<i>Análise de Múltiplos e Valor</i>	32
3.2	ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA COM BASE NO CÁLCULO DO CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE	33
3.2.1	<i>Base de Dados para o cálculo do TCO do Ônibus Convencional e do E-Retrofit</i>	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	ANÁLISE DE MERCADO, GOVERNANÇA E POSICIONAMENTO DE EMPRESAS GLOBAIS	37
4.1.1	<i>Momento de mercado</i>	38
4.1.2	<i>Avaliação da Governança Corporativa</i>	41
4.1.3	<i>Análise do Desempenho Financeiro</i>	44
4.2	VIABILIDADE FINANCEIRA DO ÔNIBUS CONVENCIONAL E O E-RETROFIT PARA ÔNIBUS ELÉTRICO	48
4.2.1	<i>Cálculo do Custo de Capital Próprio</i>	49
4.2.2	<i>Total Cost of Ownership do Ônibus Convencional Movido a Diesel</i>	50
4.2.3	<i>Total Cost of Ownership do E-Retrofit para Ônibus Elétrico</i>	53
4.2.4	<i>Comparativo entre os Dois Modelos de TCO</i>	55
4.2.5	<i>Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa</i>	57
5	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A descarbonização da economia pode limitar o aumento médio das temperaturas globais a 1,5°C, mas isso exige que as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) sejam reduzidas à metade a cada década consecutiva (WMO, 2019). Os aspectos sociais, econômicos, institucionais e tecnológicos da transição energética precisarão ser transformados de forma a permitir que a humanidade se ajuste harmoniosamente ao ambiente natural. O relatório da Organização Meteorológica Mundial para 2019 alerta que as mudanças climáticas estão sendo exacerbadas pelo aumento no consumo de energia baseada em combustíveis fósseis.

Internacionalmente, ações conjuntas como o Acordo de Paris estão sendo realizadas entre diversas entidades internacionais, envolvendo compromissos entre países para reduzir o impacto nas mudanças climáticas, decorrente das ações antrópicas no meio ambiente. Dentre os compromissos assumidos pelo Brasil, no acordo de Paris, de acordo com as Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC), destaca-se a redução de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025 e aumentar a participação da bioenergia sustentável na matriz energética para aproximadamente 18% em 2030. O país também se comprometeu a alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (BRASIL, 2019).

Existem problemas na promoção de inovações, especialmente quando os interesses dos indivíduos conflitam com as necessidades coletivas (GEELS, 2011). Os atores intervêm nos sistemas de transição energética, fazendo inovações em tecnologia, instituições e infraestrutura. Neste cenário, discute-se a adoção de uma série de medidas em larga escala que possam reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE). O transporte de baixo carbono é uma das alternativas, considerando que o problema das emissões de GEE dos ônibus a diesel é um grande problema dos centros urbanos.

A qualidade do ar é uma preocupação crescente em muitos ambientes urbanos e tem impactos diretos na saúde da população. Os veículos convencionais, movidos a combustíveis fósseis, são responsáveis por parte considerável da emissão de

poluentes, agravando o aquecimento global e afetando a qualidade de vida da população. As emissões do tubo de escape dos motores de combustão interna são uma das principais fontes de poluentes prejudiciais, como CO, CO₂, NO_x e particulados. Os motores a diesel, em particular, têm emissões material particulado muito mais altas na comparação com os veículos a gasolina e, ainda assim, constituem a maioria da frota de ônibus global (BERMÚDEZ-RODRÍGUEZ; CONSONI, 2020).

À medida que a população urbana mundial continua a crescer, a identificação de opções de transporte sustentáveis e econômicas está se tornando mais crítica. Veículos elétricos - incluindo seus vários modais como os levíssimos, leves e pesados - são uma das formas mais promissoras de reduzir as emissões e melhorar a qualidade do ar nas cidades. A introdução do conceito da mobilidade urbana sustentável é um avanço na maneira tradicional de tratar o trânsito, o planejamento e a regulação do transporte coletivo, a logística de distribuição das mercadorias e a construção da infraestrutura viária (COELHO; ABREU, 2020).

A mobilidade elétrica está relacionada à eletrificação do transporte, ou seja, visa possibilitar a locomoção via veículos elétricos, tais como ônibus, caminhões, scooters, bicicletas ou carros, com baixa emissão de GEE. Além dos veículos puramente elétricos, há os veículos elétricos híbridos, que utilizam sistemas de propulsão baseados em eletricidade e outro tipo de energia no motor. Os veículos elétricos vêm ganhando espaço como uma alternativa para uma mobilidade de baixa-emissão em oposição aos veículos movidos a combustíveis fósseis. Os primeiros veículos e trens elétricos, fabricados em meados do século XIX, utilizavam energia elétrica e eram considerados como uma opção limpa e silenciosa para substituir o transporte com cavalos.

Fatores de ordem econômica, tecnológica e social privilegiaram a expansão e domínio dos veículos convencionais movidos a combustíveis fósseis (BERMÚDEZ-RODRÍGUEZ; CONSONI, 2020). Contudo, a partir dos anos 2000, os veículos elétricos começam a acumular volumes de vendas crescentes. Até 2019, a quantidade de veículos elétricos em circulação no mundo girava em torno de sete milhões de unidades (IEA, 2020). No ano de 2019, por exemplo, foram comercializados mais de dois milhões de unidades, considerando apenas as versões a bateria e híbrido plug-in. Muitas cidades, com destaque para as cidades europeias,

estão constantemente em busca de alternativas de mobilidade urbana com menor emissão de GEE. De acordo com o Global EV Outlook 2020, em 2019 havia cerca de 513.000 ônibus elétricos a bateria em todo o mundo. Este montante representa um aumento de 17% em relação ao ano de 2018 (IEA, 2020). A China é o maior mercado de ônibus elétricos. A maior frota de ônibus em operação no mundo ocorre na cidade chinesa de Shenzhen, onde operam 16.000 ônibus elétricos a bateria. O destaque da China na mobilidade elétrica, e se deve, em grande parte, por um planejamento estratégico bem-sucedido, que teve início nos anos 2000, e a escassez de combustíveis fósseis para atender a demanda chinesa.

Neste plano, a China priorizou a eletrificação da sua malha urbana através, principalmente, de subsídios e regulamentações bem estruturadas (CONSONI et al., 2018; MARGOLIS, 2019). Além de ser o principal mercado, a China também se tornou no principal produtor de veículos elétricos, suportada por grandes metas de vendas nacionais, subsídios e metas de melhoria da qualidade de ar. Em 2017, aproximadamente 22% das vendas de ônibus foram de ônibus elétricos, com mais de 100 mil unidades produzidas.

Além de melhorar a qualidade de vida da população com menor emissão de poluentes, o governo chinês também busca se consolidar como um líder global no mercado de ônibus elétricos, tendo em vista a movimentação global para uma mobilidade urbana sustentável. Também, o país se beneficia por ainda estar em processo de urbanização, com algumas cidades construindo uma malha urbana, em vez de substituindo para uma malha urbana sustentável, como o caso da cidade de Shenzhen, que, em 2017, conseguiu que sua malha urbana fosse totalmente elétrica (DONOVAN et al., 2018), acumulando mais de 16 mil veículos elétricos.

Em 2019, a Europa registrou 1.900 ônibus elétricos, mais do que o dobro do ano anterior. Na América do Norte operam 2.255 ônibus elétricos, incluindo mais de 500 novos registros em 2019 (IEA, 2020). A América do Sul é um dos principais mercados em crescimento para ônibus elétricos. Até dezembro de 2020, Santiago do Chile mantinha a maior frota da região, com quase 455 ônibus elétricos na época (IEA, 2020b), porém com uma aquisição massiva de 1,485 ônibus elétricos na cidade de Bogotá no começo de 2021, a cidade passou a ter a maior frota de ônibus elétricos no Brasil (Portal Movilidad, 2021). O governo chileno tem uma meta de ter uma mobilidade totalmente elétrica até o final de 2040, o que deve ser um importante

fator no crescimento do mercado latino-americano nos próximos anos. Outras cidades onde operam ônibus elétricos estão localizadas na Argentina, Brasil, Colômbia e Equador (IEA, 2020). Em 2019, o mercado latino-americano atingiu uma frota de 1200 ônibus elétricos divididos em 10 países. Analistas estimam que este mercado deve atingir a compra anual de 5000 ônibus elétricos até 2025, dado o comprometimento de uma série de países em zerar sua emissão de GEE (GALUCCI, 2019)

Essa tendência de crescimento tem se mostrado contínua, e é reflexo dos avanços tecnológicos incorporados nos veículos elétricos (BERMÚDEZ-RODRÍGUEZ; CONSONI, 2020). Neste contexto, ganha destaque o desenvolvimento das baterias, que trazem diferentes composições químicas e capacidade de produção em grande escala (IEA, 2019). Segundo Donovan et al. (2018), a análise das curvas de custo da bateria indica que os ônibus elétricos devem alcançar a paridade de custo inicial não subsidiada com os ônibus a diesel por volta de 2030. O custo total da bateria lítio-íon corresponde ao pacote completo da bateria, ou seja, a sua célula e os seus custos de integração. A produção das células de baterias representa aproximadamente 70% do custo total da bateria lítio-íon (BCG, 2018).

Bermúdez-Rodriguez e Consoni (2020) ressaltam que a queda contínua dos custos das baterias lítio-íon tem relação com a melhoria da química da bateria, especificamente dos cátodos, que permite reduzir a quantidade de materiais de alto custo como o cobalto. Também envolvem novos desenhos da célula da bateria para alcançar uma maior densidade energética; melhoria nos processos de montagem dos pacotes das baterias; e economias de escala na produção (LUTSEY; NICHOLAS, 2019). Outros desenvolvimentos tecnológicos, tais como a adaptação do tamanho da bateria segundo as necessidades de viagem, e o redesenho das plantas de fabricação para uma arquitetura mais simples, aproveitando que os veículos elétricos têm uma quantidade menor de peças quando comparadas com os veículos convencionais movidos a combustíveis fósseis (IEA, 2019). No entanto, o aumento da demanda poderia reduzir, mais rapidamente, os preços das baterias para os ônibus elétricos.

Algumas empresas já se tornaram referência em mobilidade elétrica, como a BYD (China), NFI Group (Canadá), Proterra (US), VDL Groep (Holanda), AB Volvo (Suécia). Essas companhias possuem uma forte rede de distribuição a nível global e possuem um amplo portfólio de produtos para o mercado de veículos elétricos. Elas

têm implementado uma estratégia de longo-prazo, trazendo constantemente novos produtos, projetos de colaborações e acordos que sustentam seu crescimento de mercado de mobilidade elétrica (MARKETS AND MARKETS, 2019).

Além de companhias com forte presença na produção de veículos elétricos, outro movimento com forte alcance global é o E-Retrofit de ônibus elétricos, em que consiste na adaptação de ônibus movidos a diesel para um modelo mais sustentável, como (i) híbrido, em que o veículo se movimenta por meio de um motor elétrico com duas fontes de energia através de um conjunto motor-gerador a combustível, como álcool, gás ou gasolina, que irá realizar a partida do motor, e um grupo de baterias que irão propulsionar o movimento de inércia; (ii) trólebus, alimentado por uma catenária de dois cabos superiores, a partir da qual recebe a energia elétrica mediante duas hastes (alavancas ou varas); (iii) elétrico puro, movido 100% a bateria, semelhante ao trólebus, mas sem a necessidade de uma rede externa. Estas alternativas viabilizam a comercialização dos ônibus elétricos, aproveitando a estrutura das malhas de ônibus elétricos.

No entanto, existe uma série de dificuldades para se implementar uma mobilidade elétrica no Brasil. Dentre elas, destacam-se: (i) o investimento de um ônibus elétrico é aproximadamente três vezes maior que de um ônibus convencional (CONSONI et al., 2019); (ii) a produção local de alguns componentes dos veículos elétricos nas indústrias automotivas brasileiras ainda é relativamente embrionária quando comparada ao restante do mundo, como o caso dos acumuladores (CONSONI, 2019); (iii) não há total clareza para o poder legislativo e executivo sobre quais seriam as principais políticas públicas que devem ser seguidas (CONSONI et al., 2018); (iv) ainda há poucos pontos de recargas nas regiões metropolitanas e seria necessária uma readaptação para atender a demanda crescente por veículos elétrico.

Assim, faz-se necessário entender a viabilidade dos ônibus elétricos frente aos ônibus convencionais. Neste sentido, o estudo parte da seguinte pergunta de pesquisa: *O ônibus elétrico-tem potencial para gerar valor aos seus acionistas no longo prazo?* Para buscar responder a este questionamento, ou seja, que busca investigar a viabilidade de implementação do ônibus elétrico sob uma ótica corporativa e financeira, este estudo aplica duas estratégias complementares de pesquisa: primeiro, levanta o perfil de empresas globais que desenvolvem tecnologias e componentes voltados à mobilidade elétrica abordando a governança, análise

financeira e perspectiva de mercado dessas empresas, comparando-as através de práticas comuns de mercado¹. E segundo, realiza um estudo comparativo do *Total Cost of Ownership* (TCO) do ônibus convencional movido a diesel para o E-retrofit utilizando dados reais fornecidas por uma empresa renomada do setor e com operações nesta área.

1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo da mobilidade urbana é um tópico de interesse de gestores do setor público e privado. Trata-se da propriedade de deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano para a realização das atividades cotidianas. Netto e Ramos (2017) ressaltam a abrangência do conceito de mobilidade urbana por incluir não apenas características isoladas como trânsito, poluição ou transporte de cargas, e incluir os sistemas, que interagem entre si, de circulação de bens e passageiros, habitação, transporte de cargas e infraestrutura viária.

Segundo Silva (2013), os desafios da mobilidade urbana envolvem a ampliação da diversidade e da articulação dos transportes públicos entre si; o equilíbrio da repartição modal, favorecendo o transporte coletivo; a melhoria das condições de segurança e fluidez do tráfego; e, finalmente, o adequado uso do solo, contemplando as necessidades de deslocamento. O setor de transporte gera impactos negativos para o meio ambiente, como a elevada emissão de gases do efeito estufa, principalmente, CO₂ e CO, resultantes da queima dos combustíveis fósseis (MORADI; VAGNONI, 2018).

Os órgãos públicos, entidades sem fins lucrativos, empresas privadas e academia se debruçam sobre esta problemática, para propor soluções que ampliem a presença do transporte coletivo em substituição ao transporte motorizado individual. Embora o setor de transportes seja considerado o cerne do progresso socioeconômico do século XX (MORADI; VAGNONI, 2018), as grandes metrópoles ainda não conseguiram colocar em prática de forma efetiva seus planos e programas de acessibilidade e mobilidade urbana, com o objetivo de integrar os diferentes modos de transporte em seus territórios (COELHO; ABREU, 2020).

¹ Para a análise das empresas foram utilizadas as informações disponíveis nas bases de dados da FactSet e Bloomberg, bem como as informações do RI das companhias.

Empresas ao redor do mundo buscam comercializar ônibus elétricos nas principais capitais do planeta, impulsionadas por preocupações crescentes com a qualidade do ar urbano, as emissões de GEE e a economia potencial de custos operacionais. O relatório da Bloomberg New Energy Finance em nome do C40 Cities Climate Leadership Group, fornece uma visão geral do setor de ônibus elétrico, incluindo uma descrição de modelos de negócios, uma visão geral dos fabricantes e uma análise detalhada dos custos associados com o funcionamento dos ônibus elétricos.

Porém, estas soluções se esbarram no alto custo inicial do ônibus elétrico em comparação com ônibus a diesel, o que dificulta a comercialização do ônibus elétrico como um produto viável e de larga escala. Para ajustar a questão do custo inicial, novos modelos de negócios estão surgindo, envolvendo leasing de baterias, compras conjuntas, compartilhamento de ônibus e retrofit de ônibus convencionais para ônibus elétricos.

Este estudo busca entender a viabilidade do ônibus elétrico como um produto a ser comercializado em larga escala, já fazendo total substituição ao ônibus convencional, a fim de se promover um futuro sustentável que preze por produtos menos agressivos ao meio-ambiente. Para se entender a viabilidade comercial do ônibus elétrico, foi analisada sobre duas óticas:

- I. **Corporativa**, a fim de entender quem são as empresas que produzem ônibus elétrico e como elas se comparam com as principais empresas do setor automobilístico. Dessa forma, busca-se analisar se as empresas conseguiram tornar o ônibus elétrico comercialmente viável quando comparados ao setor automobilístico como um todo, geram valor aos seus acionistas e se contam com uma perspectiva otimista de crescimento e geração de retorno pelo mercado financeiro para o longo prazo.
- II. **Econômico-Financeiro**, estruturado por meio de um modelo de *Total Cost of Ownership* com dados reais da operação de uma empresa especializada em retrofit de ônibus elétrico. O TCO apoia o entendimento do custo da vida útil de um ativo de longo prazo, com base em todas as etapas da vida útil do ativo, partindo da sua aquisição até o seu descarte. O TCO avalia o custo total de propriedade e representa uma visão mais ampla do que é o produto e qual é seu valor ao longo do tempo. Ao escolher entre as alternativas em uma decisão

de compra, os compradores devem observar não apenas o preço de curto prazo de um item, conhecido como preço de compra, mas também o preço de longo prazo, que é o custo total de propriedade. O item com o menor custo total de propriedade é o melhor valor a longo prazo (TWIN, 2020).

Assim, este estudo se faz necessário para discutir a viabilidade comercial do ônibus elétrico, partindo desde a discussão da importância de transportes com baixa emissão de GEE, para uma análise de mercado das principais empresas produtoras de ônibus elétricos e finalizando com um estudo desenvolvido a partir de dados reais fornecidos por uma empresa que oferece uma alternativa de ônibus com baixa emissão no Brasil, utilizando um modelo de TCO. Portanto, este estudo analisa a viabilidade comercial do ônibus elétrico sob uma ótica corporativa e econômico-financeira, e possibilita uma visão ampla da sua viabilidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade de implementação do ônibus elétrico sob uma ótica corporativa e financeira.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Explorar a formação histórica da mobilidade urbana brasileira e destacar alguns desafios e oportunidades na transição para uma mobilidade elétrica;
- Avaliar o perfil das empresas globais que desenvolvem tecnologias voltadas a mobilidade urbana elétrica;
- Estruturar um modelo de TCO (*Total Cost of Ownership*) do E-Retrofit do ônibus convencional movido a diesel para o ônibus elétrico.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho de fim de curso está dividida em cinco capítulos. Neste capítulo introdutório foram apresentadas questões centrais sobre os desafios da implementação do ônibus elétrico. Neste sentido, foi evidenciado o problema de pesquisa, os objetivos do estudo, a justificativa acerca da relevância do trabalho e sua estrutura. O próximo capítulo apresenta uma revisão histórica da formação da mobilidade urbana e destaca algumas iniciativas de mobilidade elétrica no Brasil. Discute-se os desafios para implementar a mobilidade elétrica, bem como são analisados casos de sucesso, em que os principais desafios de implementação foram superados. Em seguida, analisa-se o custo de implementação de um ônibus elétrico, através de um modelo de TCO.

O capítulo três apresenta como o estudo foi desenhado metodologicamente para atingir os objetivos propostos. São evidenciados os processos de coleta e análise dos dados de empresas globais responsáveis pelo desenvolvimento de tecnologia e componentes para mobilidade elétrica. Neste capítulo é, ainda, apresentado o processo de coleta e análise de dados com base nos preceitos da modelagem por TCO.

Os resultados da pesquisa são apresentados no capítulo quatro, divididos em duas subseções. A primeira subseção apresenta uma análise de mercado, da governança e o posicionamento de empresas globais especializadas no desenvolvimento de tecnologia para produção de ônibus elétrico e seus componentes. Na segunda subseção é apresentado o estudo do E-retrofit do ônibus convencional movido a diesel para ônibus elétrico, tomado por base os dados fornecidos por uma empresa paulista de transporte coletivo.

O capítulo cinco apresenta a conclusão do estudo articulada com os objetivos propostos, além de reconhecer as limitações do trabalho de fim de curso e apresentar propostas para estudos futuros. Por fim, são apresentadas as referências utilizadas para o desenvolvimento do estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA MOBILIDADE URBANA NO BRASIL

O deslocamento urbano envolve uma infraestrutura que possibilita o ir e vir das pessoas, através de veículos, vias e calçadas (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005; VACCARI; FANINI, 2011). O problema da mobilidade urbana envolve a melhoria da qualidade dos serviços de transporte coletivo e bem-estar social. Martins et al. (2017) ressaltam que a grande maioria das cidades brasileiras surgiram de forma espontânea e crescem sem a formalização de um processo de planejamento. O desafio, portanto, consiste em otimizar o tráfego urbano e desenvolver políticas públicas eficientes que contemplem o crescimento demográfico e o planejamento das necessárias em termos de infraestrutura e tecnologia, e possibilite adequada condições de vida urbana. (MACIEL et al., 2017).

A mobilidade urbana engloba a multiplicidade de serviços de deslocamento oferecidos à população, de forma que possam se locomover com segurança e conforto. Há diversas formas de deslocamento, como caminhar, bicicletas, automóveis pessoais e transportes públicos. A mobilidade urbana sustentável consiste em um conjunto de políticas de transporte e circulação, que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, por meio da priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizado de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005). Em sua essência, a mobilidade urbana sustentável consiste em melhorar a acessibilidade e qualidade de vida da população por meio de soluções inteligentes no planejamento urbano, aliando tecnologia e sustentabilidade para planejar as rotas urbanas de modo a deixá-las mais funcionais (ONMOBIH, 2019).

Neste sentido, destaca-se a importância da Lei nº 13.755/ 2012, que dispõe sobre o Plano Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), um conjunto de diretrizes e instrumentos para a orientar a ação dos governos municipais, estaduais e federal na gestão da mobilidade urbana, onde cidades com mais de 20 mil habitantes devem elaborar seus Planos Municipais de Mobilidade Urbana. Os municípios que não elaborarem o PMMU deixam de receber recursos financeiros do Governo Federal

para criar infraestrutura de mobilidade urbana do município.

O Ministério das Cidades também coordena a difusão do conceito de mobilidade sustentável, através da Secretaria Nacional de Transportes e de Mobilidade Urbana (SOARES et al., 2017). Conforme a referida secretaria, mobilidade sustentável é o conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transporte coletivo e não-motorizado de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005).

No Brasil, o deslocamento urbano é prioritariamente realizado por automóveis individuais (SOARES et al., 2017). O volume expressivo de automóveis no Brasil levou a uma saturação crescente do tráfego em cidades de grande e médio porte (SOARES et al., 2017). O setor de transporte gera impactos negativos para o meio ambiente, como a elevada emissão de gases do efeito estufa, principalmente, CO₂ e CO, resultantes da queima dos combustíveis fósseis (MORADI; VAGNONI, 2018). Em relação às emissões de poluentes locais, a Região Metropolitana de São Paulo é a mais poluída do Brasil. Automóveis são responsáveis por 73% das emissões de GEE, ônibus urbanos (23,8%), motocicletas (3,1%) e ônibus intermunicipais (0,5%). Porém, na análise dos poluentes locais, os ônibus urbanos são responsáveis pelo maior percentual tanto de material particulado (PM) causado pela combustão (PMcomb) com 80,1%, e Óxido de Nitrogênio (NO_x) com 77,8% (IEMA, 2017).

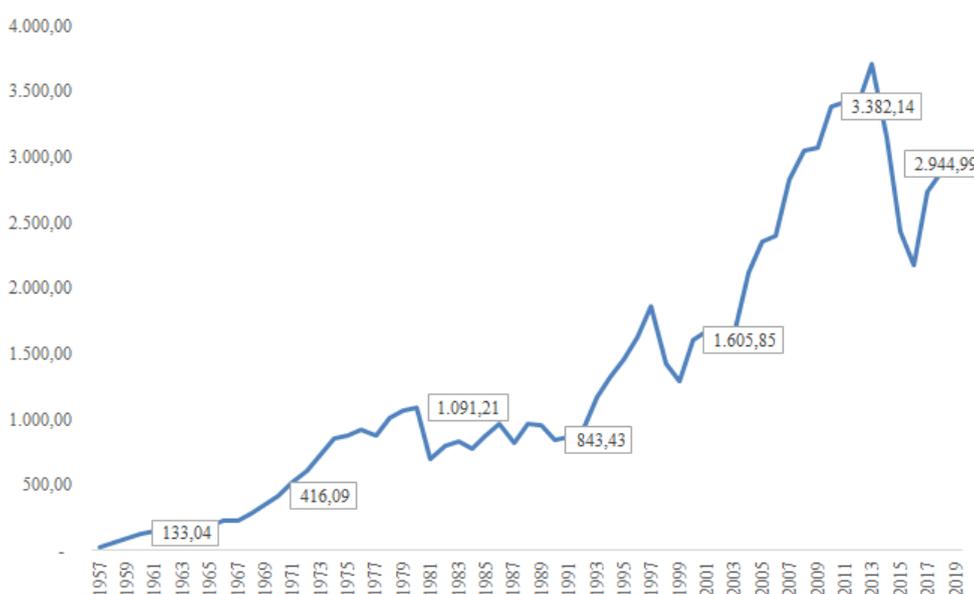
Iniciando na década de 1950 até os anos 1990, grande parte dos deslocamentos nos centros urbanos eram feitos via transporte sobre trilhos, em especial os bondes elétricos e transporte não motorizado, dado as menores dimensões das cidades e por ter grande parte das atividades econômicas localizados nos centros urbanos. Soma-se, também, a escassez de crédito para pessoa física, que impedia o financiamento de veículos pessoais, e a incipiente indústria automobilística no país, que obrigava a importação de veículos como forma de suprir o consumo. Neste sentido, os veículos pessoais eram restringidos a uma pequena parcela da população com elevado poder aquisitivo (IPEA, 2011).

A partir dos anos 1990, a abertura econômica e a queda da inflação com o Plano Real abriram espaço para o acesso ao consumo de uma parte considerável da população. Um cenário macroeconômico estável, maior acesso a crédito e câmbio flutuante

possibilitou o surgimento de uma classe média com capacidade de consumir bens duráveis. Com a formação deste novo mercado, muitas empresas instaladas no Brasil, como a Fiat, Volkswagen, Mercedes Benz e Toyota, passaram a investir em novas plantas e a aumentar sua produção. Por parte do Poder Público, houve redução da carga tributária para a aquisição de carros leves de uso pessoal, estimulando a produção e o consumo de veículos (NASCIMENTO, 2016).

De acordo com a ANFAVEA, em 1997, o Brasil produziu 1,86 milhões de veículos, um aumento de 120% da produção em apenas 7 anos. Nos anos 2000, houve um incremento deste consumo, conforme apresentado na figura 1. Este aumento ocorre em virtude da ampliação dos programas sociais, de isenções fiscais, e a manutenção das medidas do tripé econômico. Soma-se a estes fatores, o fortalecimento global dos mercados emergentes, impulsionados pelo processo de urbanização e industrialização da China, período que ficou conhecido como Boom das Commodities, o qual ampliou o poder de consumo da classe média no país durante aquele período.

Figura 1 - Produção de Autoveículos em milhares de unidades (1957-2019)



Fonte: ANFAVEA (Séries mensais, a partir de janeiro/1957, de automóveis por segmento (automóveis, comerciais leves, caminhões, ônibus, total) de produção; licenciamento de nacionais, importados e total; exportações em unidades).

Mesmo com a crise financeira global de 2008, o Brasil conseguiu manter o crescimento da sua indústria automobilística. Através de ampliação de acesso a

crédito para pessoa física e isenção fiscal, com isenção de IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) em carros com motor 1.0 e redução de alíquota de 13% para 6,5% em motores 1.1 a 2.0, o Brasil manteve o crescimento da indústria automobilística (ANFAVEA, 2020). O aumento do consumo de veículos individuais consolida a mobilidade urbana no Brasil com a predominância de veículos motorizados de uso individual.

Destaca-se a importância econômica e social do maior consumo de veículos pessoais por parte da população com menor renda. O maior acesso a veículos pessoais permitiu que uma parcela da população tivesse maior integração ao cotidiano dos centros urbanos, aumentando a oferta de empregos, produção e relevância dos centros urbanos na economia. Entre 2000 e 2011, a economia brasileira alcançou um crescimento médio anual próximo a 4% a.a., com uma substancial melhoria na renda, queda no desemprego e forte expansão do crédito. Durante este período, o setor de automóveis foi um dos principais beneficiados, com aumento de 6,6% a.a. da produtividade, influenciados por dois fatores: (i) Expansão de crédito e (ii) Aumento da renda da população (BNDES, 2012).

No entanto, este modelo trouxe sérias consequências ambientais para as cidades brasileiras. Em 2019, as emissões dos transportes (196,5 milhões de toneladas de CO₂ e) mantiveram-se praticamente estáveis, tendo uma elevação de apenas 1% quando comparadas às de 2018. Essas emissões são geradas devido ao uso de combustíveis em veículos de carga ou de passageiros, como caminhões, automóveis, ônibus ou aeronaves. Caminhões e automóveis são as duas principais fontes emissoras nos transportes, responsáveis por, respectivamente, 40% e 31% de GEE emitidos nessa atividade em 2019. O ligeiro aumento se deve, principalmente, a um incremento no consumo de diesel no transporte de carga (caminhões) (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2020).

Historicamente, o transporte público coletivo no Brasil é relegado a um segundo plano e não é contemplado como atividade estratégica por parte da União, Estados ou Municípios. Embora os sistemas de ônibus urbanos e metropolitanos sejam a modalidade de transporte público predominante no Brasil, operando em torno de 85% dos municípios, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2011), as cidades têm sido moldadas para atender unicamente ao automóvel, arrastando o transporte público para uma crise de atratividade (GOMIDE, 2006).

A divisão modal das viagens é a maior causa dos problemas de transporte e trânsito na região metropolitana de São Paulo e das dificuldades de circulação existentes. Em 1967, a relação era de 31,9% para o individual e 68,1% para o coletivo; em 2002, de 53% e 47%, respectivamente, situação inversa à verificada em 1967, agora com predomínio das viagens individuais. As deficiências do sistema viário do município e região metropolitana de São Paulo tornam-se desafiadoras em função da demanda de viagens atendida por esse sistema, assim como pelo papel que ele desempenha na economia do país (ORNELLAS, 2013). De acordo com o IPEA, nos anos de 1950, 59,4% dos deslocamentos na cidade do Rio de Janeiro eram feitos via bondes elétricos, enquanto, apenas 21,6% eram feitos via motorizados. A situação foi gradualmente se revertendo, até que em 2005, aproximadamente 92,4% dos deslocamentos urbanos na cidade do Rio de Janeiro foram feitos via motorizados (IPEA, 2016).

Netto e Ramos (2017) alertam que a precariedade dos serviços de transportes urbanos e metropolitanos e as falhas na implementação das políticas públicas de mobilidade urbana comprometem a coesão social e a qualidade de vida nas cidades. Em um estudo realizado em 1997, Siqueira apresentou o ônibus como uma das opções mais viáveis para o transporte público, por suas características de flexibilidade e custo, e por ter incorporado tecnologias eficientes de operação e gestão. A realidade apontada, na década de 90, por Siqueira (1997) ainda está presente na atualidade, como os desafios de superlotação, das condições de conservação dos ônibus, o ruído e a poluição atmosférica, os congestionamentos, do tempo gasto para a locomoção. Neste sentido, o ônibus continua sendo o veículo mais utilizado para o transporte coletivo de passageiros no país e de suma importância para a locomoção e a mobilidade em cidades brasileiras.

Pode-se destacar significativas iniciativas de mobilidade urbana (PARKHURST et al., 2011; DIJK; ORSATO; KEMP, 2013): (i) mobilidade elétrica, com veículo motorizados a energia elétrica ou híbrida; (ii) *Carsharing*, ou seja, um esquema de compartilhamento de automóveis, via aplicativos como BlaBlaBla Car e Waze Carpool; (iii) Transporte intermodal, em que se gerencia diferentes transportes em uma única viagem; (iv) Inovação em transportes públicos, através de iniciativas que priorizem a melhoria no fluxo de trânsito e conforto para usuário, conforme estabelece a PNMU.

A mobilidade urbana sustentável deve ser abordada sob duas óticas: (i) sustentabilidade ambiental dos sistemas de transportes; (ii) viabilidade econômica e financeira dos sistemas de transportes. Para o primeiro ponto, é importante abordar a malha energética e outras matrizes ecologicamente corretas, além do próprio uso de transportes públicos no país. Para o segundo, é importante entender como estas malhas podem ser implementadas diante da realidade econômica e financeira dos municípios e da população, além da própria capacidade industrial de produção de veículos que operam com fontes renováveis de energia. Manter o padrão do serviço de transporte público exige que as companhias de transporte coletivo, com grandes frotas de ônibus, desenvolvam mecanismos adequados de alocação de recursos para a compra, operação e manutenção (MISHRA et al., 2013). Assim, estenderam-se as discussões quanto à mobilidade urbana, promovendo planejamentos em forma de leis que promovessem a mobilidade elétrica, o compartilhamento de carros e ciclovias nos centros urbanos.

2.2 INICIATIVAS DE MOBILIDADE ELÉTRICA: O CASO DO “VAMO” EM FORTALEZA

No Brasil, a mobilidade elétrica ainda é bastante embrionária. Em 2019, existiam 11.858 veículos elétricos e híbridos licenciados, o que representa apenas 0,4% do total de veículos licenciados naquele ano (ANFAVEA, 2020). Uma medida que visa a mobilidade elétrica é o *carsharing*, sistema que permite o aluguel de carros por um curto espaço de tempo. Devido ao alto investimento para aquisição e manutenção de um carro elétrico e à falta de uma infraestrutura urbana adequada, os carros elétricos enfrentam uma dificuldade comercial para se tornarem disponíveis ao grande público. Através do *carsharing*, as prefeituras implementam uma infraestrutura de carregamento, fortalecem a indústria de veículos elétricos e oferecem à população soluções de mobilidade ecologicamente corretas (OLIVEIRA, 2019).

Um dos grandes destaques de *carsharing* é o VAMO Fortaleza (Veículos Alternativos para Mobilidade), em que, espelhando-se no modelo de compartilhamento de veículos de Paris, a Prefeitura de Fortaleza firmou uma parceria com a Serttel, e o seu patrocinador, a Hapvida (VAMO FORTALEZA, 2020), refletindo o comprometimento do poder público e do setor privado com um futuro sustentável.

Medidas como o VAMO Fortaleza tendem a ter um impacto de longo-prazo e costumam ser mais atrativas a investidores privados do que, por exemplo, incentivos fiscais, pois alteram a dinâmica competitiva do mercado e favorecem a livre concorrência.

O VAMO Fortaleza conta com 15 veículos elétricos, dos quais 5 são da marca BYD e 10 da marca Renault Doi, além de 10 pontos de estacionamento. O projeto está alinhado com a PNMU, especificamente o artigo 4, que define o *carsharing* como um transporte público. Em 2016, a Prefeitura de Fortaleza abriu um chamamento público para encontrar um parceiro que implementasse uma estrutura de veículos elétricos compartilhados no município. Nele, os vencedores do chamamento público se tornaram responsáveis por todos os custos do projeto, além da sua gestão. A prefeitura, por outro lado, seria responsável pela fiscalização, garantindo que os veículos se mantivessem em ótimo estado durante a operação, além da própria prestação do serviço. Diante desta parceria público-privada, a Prefeitura municipal de Fortaleza também não tem responsabilidade nem controle sobre o fluxo de caixa do VAMO, focando-se na fiscalização de relatórios de manutenção e prestação de serviços enviados mensalmente pelo operador (VAMO FORTALEZA, 2020).

No chamamento público, visavam-se pelo menos 15 veículos elétricos e 10 estações de carregamento. O número de estações deveria ser sempre equivalente a 67% do número de veículos elétricos. Ou seja, caso fossem implementados 18 veículos elétricos, seriam necessárias 12 estações de carregamento. Previa-se inicialmente uma taxa máxima de uso de R\$30,00 para 30 minutos de uso e, caso o usuário tivesse um bilhete único, modelo de integração do transporte público de Fortaleza (Prefeitura de Fortaleza, 2020), teria direito a um desconto de 25% sobre o valor fixado da taxa. A localização das estações de carregamento foi estruturada de forma que ficassem espalhadas pela cidade em locais estratégicos e com grande fluxo, evitando gastos com estacionamento por parte do consumidor e promovendo a inclusão da iniciativa para toda a população.

O vencedor do chamamento foi a parceria Serttel, empresa especializada em implementação de mobilidade sustentável com atuação em diversos municípios do Brasil, e a Hapvida, um dos principais operadores de plano de saúde do Norte-Nordeste. Motivado pela concorrência do Bicletar, que tem a Unimed como principal patrocinador, uma das principais concorrentes da Hapvida no mercado de operadores

de planos de saúde, a Hapvida viu no projeto um potencial de conectar sua imagem à mobilidade sustentável e fortalecer sua presença na cidade de Fortaleza.

A parceria permitiu que, além de implementar os 15 veículos elétricos e as 10 estações de carregamento conforme estabelecido no chamamento, a taxa por uso dos veículos pode ser reduzida para R\$20,00, uma redução de 33% sobre o inicialmente previsto (Secretaria de Transportes, 2020). Isto permitiu que o programa se tornasse mais acessível à população. O programa foi estruturado da seguinte forma: (i) Prefeitura de Fortaleza é responsável pelo chamamento público e fiscalização da prestação de serviço, podendo trocar de operador caso o serviço não esteja sendo prestado; (ii) A Serttel tem o papel de operadora do projeto, fornecendo os carros elétricos, sua manutenção, infraestrutura de carregamentos e eventuais trocas de veículos, sendo responsável por todo o custo de manutenção; (iii) Hapvida é a patrocinadora do programa. A operadora realiza repasses mensais para viabilizar a operação dos carros. De acordo com a prefeitura, o próprio repasse da Hapvida é mais relevante para a operação do que a taxa de serviço (VAMO FORTALEZA, 2020).

Casos como o VAMO Fortaleza mostram a importância da parceria público-privada como modelo para se implementar a mobilidade elétrica nos municípios. Dado o alto investimento de veículos elétricos, a prefeitura pode catalisar a transição para o elétrico através de parceiros privados, que consigam levantar capital estimulando boas práticas de ESG (sigla para *environmental, social and governance*). Na maioria dos municípios brasileiros, assim como em Fortaleza, existem restrições orçamentárias, e as soluções de mercado possuem um papel significativo na promoção da mobilidade elétrica.

2.3 ENTENDENDO OS ASPECTOS TECNOLÓGICOS E OS DESAFIOS DA ELETROMOBILIDADE

Segundo Silva (2011), os veículos elétricos adotam diferentes tipos de tecnologia. Os híbridos ou *Híbrid. Electric Vehicle* (HEV) combinam a energia de um motor elétrico com a de um motor convencional de combustão interna (MCI), a gasolina, biocombustível, ou flex. Percorrem curtas distâncias iniciais (10 a 15 km) exclusivamente com eletricidade e, quando a bateria se esgota ou quando o veículo atinge uma determinada velocidade, entra em funcionamento o motor de combustão

interna, acionando as rodas e também recarregando o conjunto de baterias.

Os híbridos plug-in ou *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV) também combinam motor a combustão interna e motor elétrico, sendo esse, porém, recarregável na rede elétrica. Nos veículos elétricos puros ou *Electric Vehicle* (EV) a bateria deve ser recarregada na rede elétrica (fonte primária de energia), uma vez que um veículo elétrico não tem capacidade a bordo para recarregar o conjunto de células de baterias. Os modelos atuais usam baterias de lítio-íon, que proporcionam entre 120 e 150 km de autonomia.

O maior desafio para ônibus elétricos ainda é seu alto custo inicial em comparação com ônibus a diesel. Para ajustar a questão do custo inicial, novos modelos de negócios estão surgindo, como o retrofit de ônibus convencional para o ônibus elétrico, com empresas já estabelecidas no setor. A maioria destas soluções estão implementadas na América do Norte e na Europa, onde os preços de compra de ônibus elétricos são normalmente muito mais altos do que na China. Outro desafio envolve a incerteza em torno do valor residual do ônibus, que por sua vez é impulsionado pela incerteza sobre a vida útil da bateria e as opções de fim do ciclo de vida. Uma solução para ajudar a resolver esse problema é introduzir políticas que regulam os requisitos de fim de vida das baterias e definam responsabilidades claras às diferentes partes envolvidas. Conforme o mercado de ônibus eletrônicos e baterias de íon-lítio amadurece, algumas dessas preocupações serão reduzidas (DONOVAN et al., 2018).

Cadeias de suprimentos subdesenvolvidas foram outro problema identificados por Donovan et al. (2018), no relatório da Bloomberg New Energy Finance, que apontam uma limitada quantidade de modelos de ônibus elétricos. Definir metas e compromissos anuais de eletrificação da frota pode ajudar os fabricantes de ônibus a aumentarem a oferta de ônibus elétricos. Ainda resta o problema de financiamento, nos EUA e na Europa, a maioria dos ônibus elétricos em circulação foi paga à vista, seja pelo município ou pelas operadoras de ônibus (DONOVAN et al., 2018). Na Europa, o método mais popular de financiamento de projetos de ônibus elétricos consiste em uma combinação de autofinanciamento e vários níveis de subsídios, incluindo subsídios da UE, nacionais, regionais ou municipais (DONOVAN et al., 2018). O financiamento da concessão cobre grande parte dos custos, com o restante vindo dos governos estaduais e locais e da própria operadora de ônibus.

As principais barreiras ao uso de veículos elétricos no meio rural e urbano estão relacionadas à eficiência da bateria. Segundo Tan e Tie (2013), a bateria mais comum e barata disponível no mercado é a chumbo-ácido. Sua principal característica é a durabilidade, mas possui uma densidade de energia 100-300 vezes menor quando se comparada à gasolina. Isso dificulta sua utilização em tratores veículos que requerem grande quantidade de energia em pouco tempo.

Os sistemas baseados em Trólebus têm se mostrado como um sofisticado, não poluente, silencioso, rápido e popular meio de transporte urbano. Basicamente, o sistema Trólebus é um ônibus movido a eletricidade e, similarmente aos ônibus convencionais, roda por meio de pneus e não sobre trilhos, como na maioria dos veículos elétricos (trens/bondes). Normalmente, a alimentação é realizada em corrente contínua (CC), onde a energia elétrica chega através de hastes, denominadas tecnicamente como alavancas, as quais ficam sobre a carroceria e em contato com a fiação específica (MELO, et al., 2012).

O avanço da tecnologia de acumulação de energia (supercapacitores), vislumbra-se a substituição das linhas aéreas por pontos de conexão de energia elétrica (postos de abastecimento), para alimentação desses acumuladores nos momentos de parada do veículo, para embarque e desembarque de passageiros, associando-se ao sistema a regeneração da energia dos processos de frenagem, para a redução do volume e melhoria da performance dos acumuladores (MELO, et al., 2012).

É importante destacar que ainda há muitas incertezas nos ônibus elétricos, dado que existem poucos casos de implementação em larga escala em países além da China e dos países da América Latina, o Chile e Bogotá. Há questionamentos quanto ao fornecimento e desempenho de uma frota em um local com uma indústria ainda embrionária, com casos isolados de implementação e pouco conhecimento da tecnologia na indústria local. Outro ponto é a falta de um mercado secundário que viabilize o descarte dos ônibus (World Bank, 2019).

O poder público deve ser capaz de viabilizar a infraestrutura necessária para se implementar os ônibus elétricos. A distância que um ônibus elétrico percorre antes de precisar ser carregado pode demandar alguns ajustes em rotas mais longas, o que exige uma adaptação dos trechos durante a implementação de um ônibus elétrico. O ônibus elétrico também pode ser menos resistente que o ônibus movido a diesel em

estradas esburacadas, dado o menor peso do alumínio e de outros componentes do veículo (GALUCCI, 2019). Também, é preciso olhar para a matriz energética da região, garantindo que seja ecologicamente correta para que haja de fato um benefício ambiental. Neste caso, o Brasil se destaca com mais 80% da sua matriz energética de fontes com baixo teor de emissão de carbono.

Para o terceiro desafio, é preciso considerar que o investimento inicial necessário de um ônibus elétrico é por volta de 3 vezes maior que o de um ônibus convencional, considerando que, mesmo para veículos convencionais, os municípios têm dificuldade para obter crédito durante a aquisição. No caso do Brasil, os principais programas de financiamento exigem que os veículos sejam feitos na indústria local, o que inviabiliza a importação. Também, a instabilidade da moeda local gera um desafio adicional na importação dos veículos. Outro ponto são os subsídios, que são importantes ferramentas para viabilizar a tecnologia durante a implementação inicial. Estes desafios atingem em diferentes escalas aos países da América Latina, dado as especificidades regionais, a disponibilidade combustível, os subsídios já fornecidos aos modelos convencionais e a própria política de incentivos se tornam barreiras durante a implementação do ônibus elétrico na malha urbana.

Pupo (2012) realizou uma análise de possibilidades para a introdução de veículos elétricos no tráfego urbano na cidade de São Paulo. Os resultados do estudo indicam que os veículos elétricos são uma opção promissora para o futuro do transporte em cidades com as características de São Paulo. Contudo, as iniciativas ainda são incipientes e a tendência é de que a introdução dos veículos elétricos no tráfego das cidades ocorra lentamente e de forma pontual e em velocidade, apesar do tamanho do setor automotivo e da matriz energética favorável. Para tornar viável a adoção dos veículos elétricos no Brasil, cabe ao governo ações semelhantes aquelas tomadas no período do Proálcool em termos de incentivos e as partes interessadas, seja sob a perspectiva ambiental ou econômica, devem pressionar o setor automobilístico para ampliar a produção e a oferta de veículos elétricos.

Pupo (2012) reforça ainda que do ponto de vista tecnológico, um dos aspectos mais importantes dos veículos elétricos é o fato de eles serem as primeiras cargas elétricas moveis de alta potência introduzidas no sistema elétrico e essa característica cria a necessidade de adoção de tecnologias de *smart grid* para a tarifação justa e eficaz e para o gerenciamento da oferta e de uma demanda móvel de energia. É necessária

uma gestão moderna do operador nacional do sistema elétrico para a construção de cidades inteligentes, que sejam capazes de ampliar a integração da infraestrutura urbana com a participação de veículos elétricos.

Ornellas (2013) reforça que a adoção da tecnologia elétrica pode beneficiar São Paulo nas dimensões ambiental e econômica. Uma transformação em direção a uma “cidade inteligente” exige muitas ações, que vão além de uma mudança no comportamento da população, mas exige uma atitude pragmática por parte dos governos federal, estadual e municipal, a qual pode ser conseguida de forma gradual e continuada.

Silva e Brasil (2020) realizaram a estimativa dos consumos energéticos e emissões de CO₂ de ônibus urbanos, com propulsão convencional, híbrida e elétrica com baterias, comprando-os em vias não segregadas, com ou sem trânsito. Os resultados da simulação mostram claramente que a eficiência energética do ônibus urbano pode ser significativamente melhorada por hibridização e eletrificação. Essa melhoria depende fortemente do grau de eletrificação, ou seja, da quantidade de energia elétrica usada para a operação do sistema. Os ônibus elétricos e híbridos apresentaram menor consumo de combustível, menores emissões de GEE e consumo energético. O ônibus elétrico mostrou sua capacidade de reduzir o consumo energético em até 51,3% e emite 64,7% menos emissões de GEE que os veículos convencionais movidos a diesel. Para os híbridos, as emissões de CO₂ podem ser reduzidas em até 23,9%, enquanto, o consumo energético e de combustível podem ser reduzidos em até 18,8% (SILVA; BRASIL, 2020).

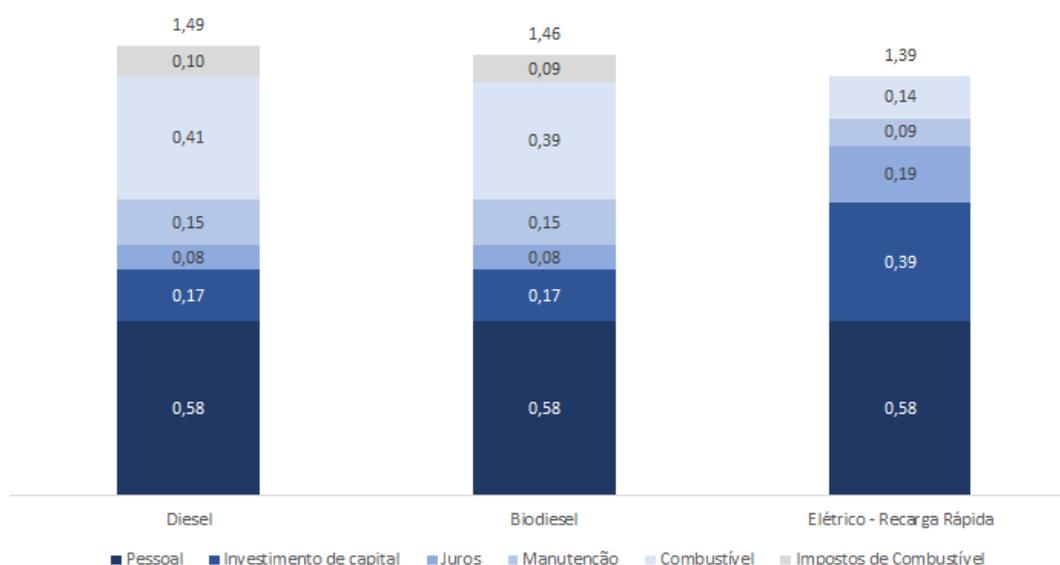
2.4 VIABILIDADE FINANCEIRA DO ÔNIBUS ELÉTRICO

A implantação da malha urbana elétrica enfrenta alguns desafios, dos quais destacam-se: (i) custo de operação e manutenção dos ônibus; (ii) preço da energia e custo da infraestrutura; (iii) custo do financiamento e do investimento para aquisição dos veículos; (iv) ausência de regulação e apoio governamental (World Bank, 2019). Segundo Twin (2020), o custo total de propriedade é considerado por empresas e indivíduos quando procuram comprar ativos e fazer investimentos em projetos de capital. Embora esses custos sejam frequentemente discriminados separadamente

nas demonstrações financeiras de uma empresa, uma análise abrangente do custo de propriedade é uma prática comum para negociações comerciais. As empresas usam o custo total de propriedade a longo prazo como uma estrutura para analisar negócios. Analisar o custo total de propriedade é uma forma de adotar uma abordagem mais holística que avalia a compra de uma perspectiva ampla. Esta análise inclui o preço de compra inicial, bem como todas as despesas diretas e indiretas. Embora as despesas diretas possam ser facilmente relatadas, as empresas geralmente buscam analisar todas as despesas indiretas potenciais que podem ter uma influência significativa na decisão de concluir uma compra.

Os ônibus elétricos têm custos operacionais mais baixos e podem ser mais baratos que os ônibus convencionais, tomando por base o custo total de propriedade, conforme observado na figura 2. Um ônibus elétrico com bateria de 250 kWh, carregando lentamente uma vez por dia no depósito e operando em torno de 166 km/dia, tem um custo total de propriedade (TCO) de \$ 0,99/km, ou seja, apresenta um valor menor do que ônibus a diesel que é de \$1,05/km ou assume o valor de \$1,19/km, caso opere com GNV.

Figura 2 - TCO calculado pelo World Bank para diferentes modelos de ônibus (em US\$)



Fonte: Estimativas do World Bank (*Green your Bus Ride - Clean Buses in Latin America*).

Por outro lado, um ônibus com bateria de 350 kWh, usando a mesma configuração

de carregamento, ainda não seria competitivo. A competitividade desse modelo melhora significativamente nas grandes cidades, caso os ônibus trafeguem acima de 220 km/dia (World Bank, 2019). O TCO de ônibus elétricos, portanto, melhora significativamente em comparação com os ônibus a diesel à medida que o número anual de quilômetros rodados aumenta. Um ônibus elétrico de 110 kWh, juntamente com o carregamento sem fio mais caro, atinge a paridade de TCO, com um ônibus a diesel, caso percorra mais de 60.000 quilômetros por ano.

Os preços de eletricidade também impactam na competitividade dos ônibus elétricos. Caso o preço da eletricidade seja de \$ 0,10/kWh, para o ônibus elétrico de 350 kWh mais caro, usando carregamento noturno lento no depósito, os preços do diesel precisam ser em torno de \$0,66/litro, para que o ônibus elétrico tenha um TCO competitivo. Em alguns países, os preços do diesel estão acima desse patamar (World Bank, 2019).

A queda dos preços das baterias também poderá tornar os ônibus elétricos totalmente competitivos com base no TCO, em 2 a 3 anos de operação (World Bank, 2019). As configurações de ônibus elétrico mais caras, ou seja, ônibus de 350 kWh, com carregamento lento de depósito, e o ônibus elétrico de 110 kWh, com carregamento sem fio, tornarão o TCO competitivo, com o custo óleo diesel (considerando valores referência no ano de 2018), com quilometragem anual menor que 60.000Km/ano.

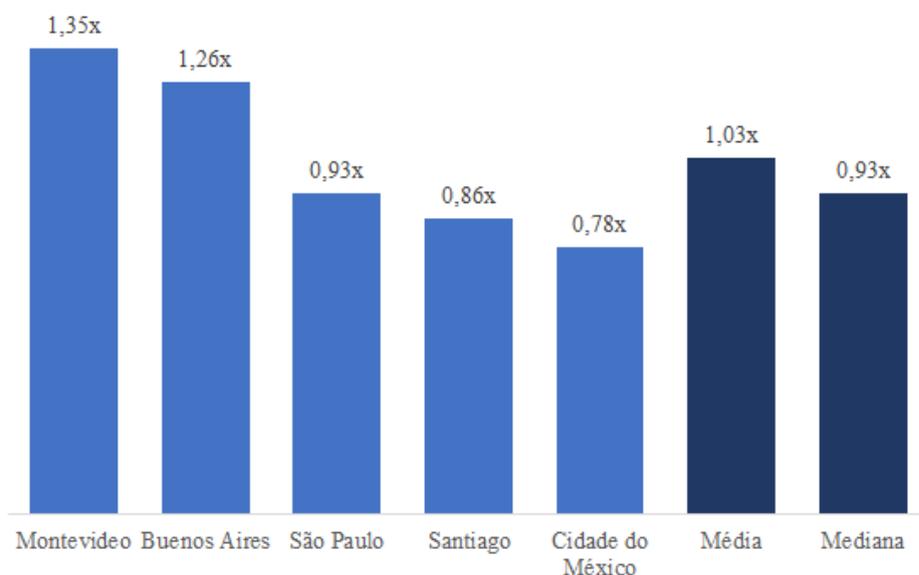
No estudo do World Bank (2019) apresentou que um ônibus elétrico em São Paulo tem um custo de combustível de US \$0,14 por quilômetro rodado, por outro lado, um ônibus movido a diesel tem um custo de US \$0,41 por quilômetro rodado. A manutenção de um ônibus elétrico também é consideravelmente menor que a de um ônibus movido a diesel. A grande dificuldade financeira reside no custo de aquisição entre os modelos, onde o modelo elétrico é quase 2,3 vezes mais elevado que o modelo convencional movido a diesel. Outra alternativa que viabiliza o ônibus elétrico é o E-Retrofit. Num cenário de recursos escassos, esta alternativa aproveita a estrutura já existente dos ônibus convencionais, aumentando sua vida útil e tornando-o mais sustentável, ao passo que pode reduzir o consumo de combustível diesel ou até zerá-lo a depender do modelo do veículo.

A figura 3 apresenta o TCO do ônibus elétrico de recarga rápida com o ônibus convencional nas principais cidades da América Latina, conforme estimativa do World

Bank (2019). Observa-se que alguns países da América Latina já possuem uma estrutura adequada de custos para implementação do ônibus elétrico, como é o caso de São Paulo, Santiago do Chile e Cidade do México. Ainda existe uma necessidade de maior adequação para algumas cidades, como Buenos Aires e Montevideo.

O resultado do TCO na América Latina aponta para uma série de subsídios que foram dados aos ônibus convencionais, mas que ainda não foram repassados aos ônibus elétricos. Prevalece uma dificuldade econômica para se transferir estes subsídios, em virtude da dependência das empresas para se tornarem rentáveis e competitivas na ausência de benefícios fiscais. Existe, portanto, o desafio de garantir que a legislação e as políticas públicas consigam acompanhar e fomentar as mudanças tecnológicas do setor automotivo.

Figura 3 - Razão do TCO do ônibus elétrico com o ônibus convencional das principais cidades da América Latina



Fonte: Dados World Bank, 2019 (Green your Bus Ride - Clean Buses in Latin America)

Neste contexto, faz-se necessário ferramentas de financiamentos, que envolvam as diversas partes interessadas na comercialização mobilidade elétrica, tais como: modelos de leasing com os produtores de veículos elétricos, divisão da participação societária às operadoras de energia, contratos de serviço de longo-prazo, além de

Parcerias Público-Privadas, como o caso da experiência do o VAMO Fortaleza, de compartilhamento de veículos elétricos. Medidas que desoneram o apertado orçamento das prefeituras, viabilizam medidas ecologicamente corretas e criam um senso de comunidade entre as diversas partes interessadas da mobilidade urbana.

3 METODOLOGIA

Este estudo é classificado como quantitativo de caráter descritivo e exploratório. Foi conduzido por meio de análise documental, para investigar o perfil de empresas globais que desenvolvem tecnologias e componentes voltados à mobilidade elétrica. A pesquisa também envolve um estudo de viabilidade financeira para E-retrofit da frota de ônibus convencional, tomado por base o modelo TCO a partir de dados reais fornecidos por uma empresa que produz ônibus elétrico e trabalha com E-retrofit, localizada na região metropolitana de São Paulo, aqui denominada de WATT por motivo de sigilo das informações.

3.1 CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS DE EMPRESAS GLOBAIS DE MOBILIDADE ELÉTRICA

Os dados utilizados para conhecer o perfil de empresas globais que desenvolvem tecnologias e componentes voltados à mobilidade elétrica, foram obtidos a partir de informações financeiras fornecidas pela plataforma Factset, cujo acesso ocorreu em dezembro de 2020. Também foram analisadas as informações públicas disponíveis nos sites de Relacionamento com Investidores das empresas selecionadas para a realização do estudo, tomando como base sua atuação no mercado de ônibus elétricos. Depois da identificação das empresas e coleta de dados, foram comparadas a atratividade destas empresas em comparação com as principais empresas automotivas, de forma que pudessem ser comparadas a percepção do mercado por cada modelo de negócios.

3.1.1 Seleção de Empresas Comparáveis

A seleção das empresas que seriam comparadas entre si tomou como principal critério o modelo de negócios. Foram selecionadas as empresas que tivessem presença no mercado de ônibus elétrico, selecionadas dentre a lista de empresas do *Motor Vehicles* na plataforma Factset. Nessa plataforma há 176 empresas de veículos automotivos espalhadas pelo mundo. Foram selecionadas as empresas que

tivessem presença na produção de veículos elétricos, o que totalizou 36 empresas. Deste grupo mais seletivo, foram analisadas as empresas individualmente para entender quais teriam atuação no mercado de eletro mobilidade com a produção do ônibus elétrico ou de componentes.

Para a seleção de empresas comparáveis foram consideradas apenas empresas com receita maior que US\$50 Milhões, de forma a garantir que teria uma data-base sólida de informações e que representassem as principais empresas deste mercado. Assim, as empresas foram divididas em dois grupos: "Players Puros" com presença em ônibus elétricos e que têm os veículos elétricos como principal modelo de negócios; e "Players Globais" com presença em ônibus elétricos, mas que têm o principal modelo de negócios em veículos convencionais, apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Players puros escolhidos para realização do estudo

Players Puros	País	Receita (2019)	EBITDA (2019)	Identificador Factset
BYD	China	US\$ 17,6 Bilhões	US\$ 2,1 Bilhões	05JZZW-E
Anhui Ankai Automobile	China	US\$ 485,4 Milhões	US\$ 6,5 Milhões	000868-CN
NFI Group	Canadá	US\$ 2,9 Bilhões	US\$ 303 Milhões	NFI-CA
IAT Automobile Technology	China	US\$ 127,9 Milhões	US\$ 19,3 Milhões	300825-CN

Fonte: Elaboração própria, tomando por base os dados da plataforma Factset

É importante frisar que esta lista não é exaustiva, pois só considerou players da base de dados do Factset. Uma análise mais aprofundada por outra base de dados pode encontrar outros players não destacados nesta lista. Também, não foram analisados os players híbridos, como Renault, pois seria necessária uma análise bem mais aprofundada para separar os modelos de negócios dessas empresas de forma que se tornasse viável incluí-los na análise dos competidores do mercado de veículos elétricos com competidores a nível global.

Tabela 2 - Players globais escolhidos para a realização do estudo

Players Globais	País	Receita (2019)	EBITDA (2019)	Identificador Factset
Volkswagen AG	Alemanha	US\$ 282,8 Bilhões	US\$ 47,8 Bilhões	VOW3-DE
Toyota Motor Company	Japão	US\$ 275,3 Bilhões	US\$ 36,5 Bilhões	7203-JP
Daimler AGR	Alemanha	US\$ 192,3 Bilhões	US\$ 24,5 Bilhões	DAI-DE
Ford Motor Company	EUA	US\$ 155,9 Bilhões	US\$ 9,0 Bilhões	F-US
Honda Motor Company	Japão	US\$ 137,3 Bilhões	US\$ 19,3 Bilhões	7267-JP

Fonte: Elaboração própria, tomando por base os dados da plataforma Factset

3.1.2 Avaliação da Governança Corporativa

O nível de governança foi avaliado tomando por base o perfil dos seus acionistas, a estrutura dos comitês e do conselho de administração e a experiência prévia de gestão dos diretores. Tomando por base os Players Puros apresentados na tabela 1 foram levantados dados na plataforma Factset para avaliar o perfil de cada uma das companhias, além de informações contidas nos sites de Relacionamento de Investidores.

3.1.3 Análise do Desempenho Financeiro

A análise de desempenho financeiro dos Players Puros e Players Globais, apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente, tomou por base os dados do Factset. Foram levantadas uma série de informações financeiras das companhias, tais como: Receita Líquida, EBITDA, Lucro Líquido e Alavancagem. O objetivo desta análise foi comparar o desempenho financeiro entre Players Puros com Players Globais, a fim de entender a janela de oportunidade que os Players Puros têm a percorrer para se tornarem mais rentáveis. Também foi avaliado o nível de crescimento destes players a fim de estabelecer possíveis cenários quanto à evolução do mercado automobilístico.

3.1.4 Análise de Múltiplos e Valor

A análise de múltiplos e valor avaliou os players puros e globais sob diferentes métricas. A tabela 3 apresenta as principais metodologias e métricas que poderiam ser utilizadas para analisar as empresas deste setor.

Tabela 3 - Principais Metodologias para análise de empresas do mercado de veículos elétricos

Metodologia	Relevância	Descrição	Méritos e Considerações
Fluxo de Caixa Descontado	Alta	Valuation baseado no valor intrínseco da companhia pelo valor presente da projeção do fluxo de caixa a uma taxa de desconto	Métrica utilizada para entender o valor intrínseco de uma companhia. Não foi utilizado nesta análise pois, embora comumente utilizada, foge do contexto de apresentar sentimento de mercado
EV/Sales <i>(Valor da Firma / Receita Líquida)</i>	Alta	Valuation baseado no múltiplo de receitas das companhias (histórico ou projetado). Pode se adicionar crescimento neste múltiplo, adaptando para EV / Sales / Growth	Ideal para companhias com alto crescimento e com modelo de negócios semelhantes. Não captura eficiências operacionais das companhias. Foi a principal métrica utilizada nesta análise
EV/EBITDA <i>(Valor da Firma / EBITDA)</i>	Média	Valuation baseado no múltiplo de EBITDA das companhias (histórico ou projetado). Pode se adicionar crescimento neste múltiplo, adaptando para EV / EBITDA / Growth	Ideal para companhias com modelo de negócios semelhantes. Foi uma métrica utilizada nesta análise
P/E <i>(Preço / Lucro Líquido)</i>	Baixa	Valuation baseado no múltiplo de Lucro Líquido das companhias (histórico ou projetado). Pode se adicionar crescimento neste múltiplo, adaptando para P / E / Growth	Ideal para companhias com modelo de negócios semelhantes, estrutura de capital, poucos ativos e taxa de impostos semelhante. Embora não muito aplicável, foi uma métrica utilizada nesta análise.

Fonte: Elaboração própria tomando por base Damodaran (2020)

Neste estudo foram adotadas as métricas EV/Sales, EV/EBITDA e P/E para calcular o nível de valuation das companhias do mercado. Estas métricas são importantes na avaliação do comportamento do mercado na precificação de empresas

automobilísticas, tanto as empresas globais quanto as empresas com atuação exclusiva em veículos elétricos.

3.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA COM BASE NO CÁLCULO DO CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE

O custo total de propriedade (*Total Cost of Ownership* - TCO) determina o custo total de um investimento ao longo de toda sua vida útil. Este método considera os desembolsos mais importantes durante a aquisição, manutenção, uso e eventual descarte de um bem. Ellram (1999) define que o cálculo do TCO para uma frota de ônibus deve considerar as linhas de forma ampla, considerando tanto o investimento inicial, quanto custos diretos, como o custo de manutenção dos veículos, e indiretos, como o treinamento dos funcionários para operarem os ônibus. O TCO pode ser calculado com base na seguinte expressão:

$$\text{TCO} = \text{Investimento inicial} + \text{Custo dos materiais secundários} + \text{OPEX} + \text{Custo para descarte} - \text{Valor de descarte}$$

É importante ajustar os valores dessas variáveis a uma taxa de custo de capital próprio, dado a temporalidade das linhas de financiamento, principalmente, quando comparados com os ônibus elétricos e convencionais. Para o caso dos ônibus elétricos, foi considerado o custo de capital próprio do setor automotivo no Brasil, conforme cálculo recomendado em Damodaran (2012).

O TCO também elucidada onde há maior gasto durante a vida útil do ônibus. Um dos múltiplos mais usados compara o investimento inicial com o OPEX. Assim, é possível identificar o custo de manutenção relativo ao investimento inicial de um ônibus convencional com o ônibus elétrico. No caso, é também possível calcular em que momento da vida útil de um ônibus elétrico em que ele se torna menos custoso que um ônibus convencional movido a diesel.

Também, é possível sensibilizar as premissas do cálculo de um TCO. Por exemplo, os custos de manutenção de ônibus elétricos e o investimento inicial podem ser

sensibilizados ao longo do tempo, o que permitiria entender em que momento o ônibus elétrico teria um TCO menor que o de um ônibus convencional. Neste sentido, é possível entender em que momento seria mais rentável ter uma malha de ônibus elétrico que uma malha de ônibus convencional movido à diesel.

3.2.1 Base de Dados para o cálculo do TCO do Ônibus Convencional e do E-Retrofit

As informações relacionadas ao custo de operação de um ônibus a diesel e do E-Retrofit foram coletadas na empresa WATT. Os dados são de pesquisas realizadas na empresa WATT, no entanto, algumas informações não necessariamente se referem à operação da sua malha de ônibus, e outras não são exclusivos ao funcionamento de uma empresa operadora de ônibus. Os dados coletados na empresa WATT englobam: (i) custos com manutenção; (ii) custos com energia; (iii) aquisição de frota + troca de baterias (150 km de autonomia); (iv) Emissão de CO₂ no período de análise.

Para este estudo, foi considerado que um ônibus percorre 7.200 km/mês. Para o ônibus movido a diesel, considerou-se uma vida útil de 8 anos, com uma renovação de frota na sequência. No E-Retrofit, considerou-se uma troca das baterias após 8 anos de operação. Nas próximas seções, são destacados os custos utilizados para cada um dos modelos.

A tabela 4 apresenta os custos de manutenção para o ônibus convencional, bem como a quantidade e o intervalo por troca considerando a quilometragem do ônibus convencional em operação na empresa WATT.

Tabela 4 - Abertura dos custos de manutenção com ônibus convencional

Descrição	Valor Unitário (R\$)	QTD por troca	Intervalo de Troca (Km)
Filtro de Óleo	55,07	2	25.000
Óleo 15W40CFA	7,78	15	25.000
Filtro de Ar	120,00	1	50.000
Retífica Completa Motor 240 HP	30.335,00	1	400.000
Lonas Dianteiras	64,17	4	30.000
Lonas Traseiras	112,00	4	30.000
Tambor Dianteiro	346,67	2	90.000
Tambor Traseiro	418,00	2	60.000
Óleo de Câmbio	16,13	10	25.000
Reparo do Câmbio	12.335,00	1	300.000
Manutenção Postos de Abastecimento (1/30)	100,00	1	50.700

Fonte: Dados fornecidos pela Empresa WATT em setembro de 2020

Para os custos com combustível, considerou-se o valor de R\$ 3,577 por litro de óleo diesel, conforme o Levantamento de Preços médio do Diesel da Agência Nacional de Petróleo em dezembro de 2020, com um desvio padrão de 0,245 entre o preço mínimo do combustível de R\$ 3,09 por litro e um preço máximo de R\$ 4,77 por litro. O ônibus possui em média uma eficiência de 3 Km/Litro, o que totaliza um custo de R\$ 1,19 / Km

Quanto ao custo de aquisição, considerou-se um custo inicial de R\$ 800.000,00, conforme dados fornecidos pela empresa WATT, e uma vida útil do veículo de 8 anos. O ônibus que passa por *E-Retrofit* possui uma vida útil de 15 anos, com uma troca de bateria no oitavo ano, foi, então, considerada uma renovação da frota no ano 8 para se igualar ao tempo de vida útil dos ônibus convencionais movido a diesel. Também foi considerado uma emissão de CO₂ de 2,671 Kg de CO₂/Litro durante toda a vida útil do ônibus convencional.

A tabela 5 apresenta os custos de manutenção, a quantidade e o intervalo por troca considerando a quilometragem do ônibus convencional considerado para o *E-Retrofit* do ônibus convencional.

Tabela 5 - Abertura dos custos de manutenção *E-Retrofit* para ônibus elétrico

Descrição	Valor Unitário (R\$)	QTD por troca	Intervalo de Troca (Km)
Lonas Dianteiras	64,17	4	120.000
Lonas Traseiras	112,00	4	90.000
Tambor Dianteiro	334,67	2	160.000
Tambor Traseiro	418,00	2	120.000
Manutenção Motor Elétrico	2.500,00	1	120.000
Filtro de Ar Comp. Eletrônico	57,00	2	10.000
Manutenção Postos de Abastecimento (1/30)	100,00	1	50.700

Fonte: Dados fornecidos pela Empresa WATT em setembro de 2020

Para os custos com energia, considerou-se um custo de R\$ 0,577 por kWh, conforme levantamento feito pela empresa WATT, e uma eficiência de 0,67 Km/kWh, totalizando um custo de R\$ 0,39/km, o que representa um valor 67% mais baixo que o ônibus convencional. Quanto ao custo de aquisição, considerou-se um custo inicial de R\$ 1.301.000,00, conforme fornecido pela empresa WATT, com uma vida útil de 15 anos, considerando uma troca de bateria de R\$ 780.000,00 no oitavo ano para que o veículo possa ser utilizado por mais 7 anos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DE MERCADO, GOVERNANÇA E POSICIONAMENTO DE EMPRESAS GLOBAIS

A análise fundamentalista de ações toma por base três pontos que são essenciais: (i) crescimento da empresa, podendo ser analisado sobre a receita, o EBITDA, o lucro líquido e a geração de caixa; (ii) retorno sobre investimento ou sobre capital próprio; (iii) risco, geralmente analisado pelo Beta calculado para a ação (DAMODARAN, 2012). Este estudo se baseou nestes fundamentos para conseguir traçar possíveis parâmetros de evolução do mercado.

Para isso, foram analisados os Players Puros de ônibus elétrico para se entender a perspectiva do mercado quanto a esta tecnologia, o seu nível de governança, sua situação financeira e uma análise de múltiplos. Em paralelo, foram analisadas as principais empresas do setor automobilístico, para se fazer um comparativo dentre os Players Puros e os Players Globais. Este comparativo tenta responder aos seguintes questionamentos:

- a) Dado que os ônibus elétricos são produtos considerados sustentáveis por serem zero emissão, qual a visão do mercado quanto seu potencial de retorno e crescimento para os próximos anos?
- b) Quais são as capacidades das empresas listadas em bolsas de valores para capturar este crescimento?
- c) Qual o nível de governança que essas empresas têm?
- d) Os acionistas que investem na companhia estão interessados no negócio a longo-prazo ou estão aproveitando um momento de mercado?

A análise avaliou quanto os Players Puros têm entregado nos últimos anos e qual seria a janela de oportunidade quando comparados com os principais players do mercado automobilístico. O estudo parte do pressuposto que os players puros atingirão uma eficiência operacional semelhante aos players globais quando o ônibus elétrico atingisse um nível de escala semelhante ao do ônibus convencional. Foi também analisado qual a expectativa de valor que o mercado tem quanto estas

empresas quando comparadas aos principais players deste setor, utilizando as métricas apresentadas na tabela 3.

4.1.1 Momento de mercado

A figura 4 apresenta a evolução dos preços das ações dos players puros com relação aos principais índices de mercado. Observa-se que entre 2019 e 2020, a evolução da ação dos Players Puros - com base no índice S&P 500, principal indicador das bolsas globais, e o índice AMEX Hong Kong 30 Index, mercado em que a maior parte das companhias analisadas está listado, através de uma base 100 - a ação dos Players Puros performou acima dos índices de mercado e do mercado automobilístico, representado pelo índice S&P 500 de empresas automobilísticas.

Figura 4: Evolução do preço das ações dos players puros vs índices de mercado



Fonte: Elaborado com base nos dados da plataforma Factset (acesso em 19 de dezembro de 2020)

A análise da média ponderada do preço das ações com a receita, mostra que os Players Puros valorizaram mais de 260% no período, enquanto, o índice S&P 500 valorizou 94%, a bolsa de Hong Kong valorizou 40,9% e o setor automobilístico como um todo valorizou 56,9% no período. Isto se deu, em grande, parte pela valorização dos papéis da BYD, que é a principal empresa de ônibus elétrico e teve uma

valorização de 274% no período, com maior intensidade, principalmente no pós-pandemia, mostrando ao mercado sua capacidade de entregar resultados ao mesmo tempo em mantém sua proposta de valor de veículos elétricos. Os Players Globais, no entanto, tiveram uma valorização muito aquém do resto do mercado, como pode se observar na figura 5.

Figura 5: Evolução de preço dos Players Puros vs Índices de Mercado

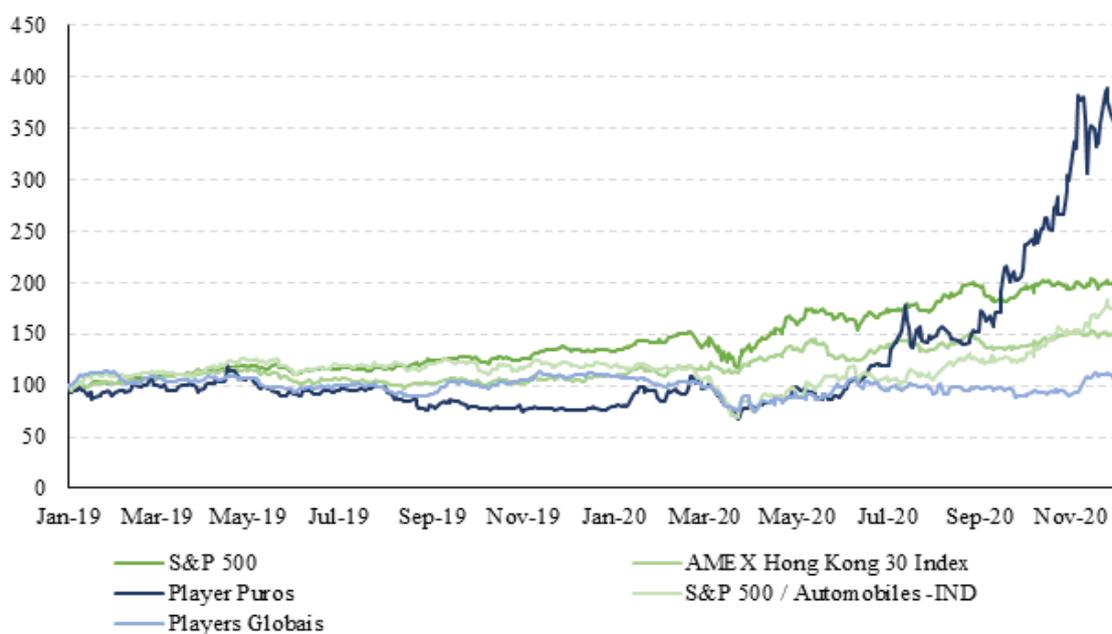


Fonte: Elaborado com base nos dados da plataforma Factset (acesso em 19 de dezembro de 2020)

No mesmo período, os Players Globais valorizaram apenas 14,8%, bem abaixo dos índices de mercado. Houve uma desvalorização muito forte diante da pandemia do Coronavírus, que ocorreu com maior intensidade no primeiro semestre de 2020, com os investidores passando a questionar se o modelo de negócios dessas companhias seria realmente sustentável a longo prazo com mudança da dinâmica global, com a possibilidade de uma tendência cada vez maior a produtos mais tecnológicos e ecologicamente sustentáveis. Também, soma-se a esta desvalorização, o fato de o mercado de veículos convencionais ser cíclico, e que foi afetado de forma significativa durante a pandemia.

A comparação do desempenho do mercado de Players Globais com o mercado de Players Puros, mostra a discrepância entre os dois modelos de negócios, e enfatiza-se que os players puros têm conseguido ser resilientes durante a pandemia, e mostrar ao mercado que tem um modelo de negócios validado e sustentável no longo prazo, conforme mostra a figura 6.

Figura 6: Comparativo do desempenho dos Players Puros vs os Players Globais



Fonte: Elaborado com base nos dados da plataforma Factset (acesso em 19 de dezembro de 2020)

Esta evolução mostra que os investidores estão cada vez mais confiantes de que os ônibus elétricos vão se tornar cada vez mais acessíveis e sustentáveis no longo prazo. Existe uma expectativa muito grande na capacidade de entrega dessas companhias, que como será visto nas próximas seções, se mostram cada vez mais rentáveis. Os Players Globais, no entanto, acabam sendo muito menos eficientes para adaptar o seu modelo de negócios do que competidores que já “nasceram elétricos”, como é o caso da BYD.

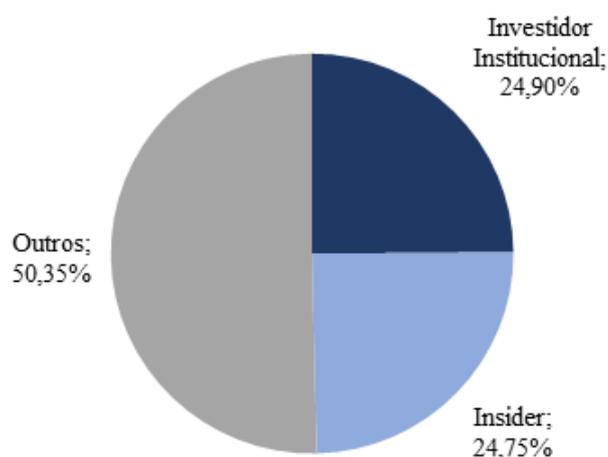
4.1.2 Avaliação da Governança Corporativa

Nesta seção, foram analisadas a estrutura de Governança Corporativa dos Players Puros, com base nas informações do site de RI e do Factset (acesso realizado em 19 de dezembro de 2020). Para tanto, o estudo avaliou o comportamento dos principais acionistas e experiências prévias da liderança das empresas BYD e NFI Group.

BYD

Os acionistas da BYD podem ser separados entre (i) *Insiders* que são investidores que participam da tomada de decisão e possuem uma série de restrições para se desfazer da posição, (ii) *Investidores institucionais* que são investidores de grande porte mas não participam da tomada de decisão da companhia e fazem parte do *free float*, dando maior liquidez à ação; (iii) *Outros*, que são acionistas não institucionais e também fazem parte do *Free Float*. Assim, o quadro de acionistas da BYD é estruturado conforme mostra a figura 7.

Figura 7: Abertura do quadro de acionistas da BYD



Fonte: Elaborado com base nos dados da plataforma Factset (acesso em 19 de dezembro de 2020)

A BYD possui por volta de 75% das ações em *Free Float*, ou seja, em circulação no mercado, garantindo liquidez diária à ação e tornando o papel ainda mais atrativo, o que garante à companhia liquidez no mercado de capitais. Ao mesmo tempo, 25% das ações estão concentradas em investidores que fazem parte da tomada de decisão da companhia, dando suporte ao *management* e garantindo que a companhia vai atuar para gerar valor aos acionistas. Neste caso, o investidor *insider* se concentra na *Berkshire Hathaway*, fundo de investimento criado pelo Warren Buffet, o maior investimento global e o principal nome de análises fundamentalistas no mercado financeiro.

Isto reforça que a companhia está sendo apoiada por investidores de grande relevância no mercado, o que, além de reforçar a atratividade de investimento em companhias do setor de ônibus elétricos, mostra a sua capacidade de execução e a estrutura de capital, o que será um importante propulsor para que a companhia continue crescendo nos próximos anos.

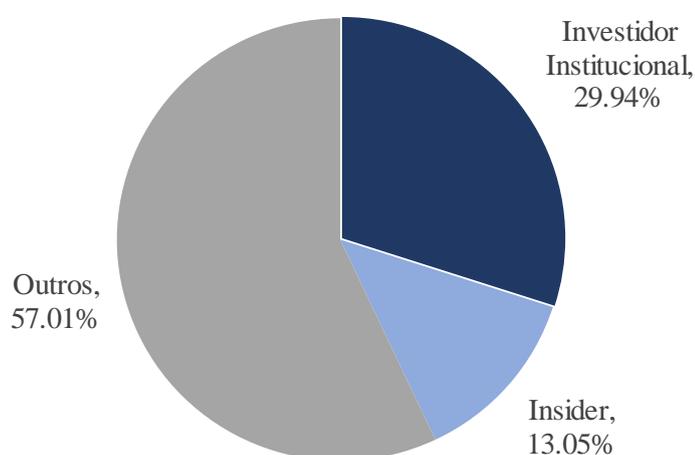
A BYD também conta com uma liderança representativa no mercado. O CEO, Chuan Fu Wang, é o fundador da companhia, tendo liderado a companhia desde a confecção do produto até o crescimento acelerado com rentabilidade. Antes da BYD, foi executivo de outras sete empresas, tanto do setor de veículos elétricos, quanto em áreas de P&D. O CFO entrou na companhia em 2019, mas conta com experiência prévia de quase 20 anos em empresas de P&D no setor elétrico. Além disso, parte da liderança da companhia possui participação na empresa, o que reforça o compromisso a longo prazo com o negócio e a garantia que a companhia continuará entregando veículos elétricos.

NFI Group

A Figura 8 apresenta a participação dos acionistas da NFI Group. A companhia possui por volta de 87% das ações em *Free Float*, ou seja, em circulação no mercado, garantindo liquidez diária à ação. Há um risco maior para um papel com tanta liquidez, pois ele se torna mais volátil em cenários de crise, como ocorreu durante a pandemia do Coronavírus. No entanto, no caso da NFI Group, seu principal investidor institucional, a Coliseum Capital Management, conta com 6,4% da

companhia e investe nela há mais de 5 anos, tendo um forte ativismo na tomada de decisão. Isso garante que a companhia consiga alinhar liquidez no mercado com um grupo de acionistas atuante que garante que o *management* tome decisões no maior interesse dos acionistas.

Figura 8: Abertura do quadro de acionistas da NFI



Fonte: Elaborado com base nos dados da plataforma Factset (acesso em 19 de dezembro de 2020)

Quanto aos *insiders*, o principal é a Marcopolo SA, empresa brasileira de produção de ônibus, que conta com mais de 10% de participação na NFI. A participação de um investidor estratégico é importante no sentido que ele traz um conhecimento de mercado único para a companhia, fortalecendo sua capacidade de execução e também passando tecnologia no mercado de ônibus elétrico que, particularmente no caso do Brasil, pode ser trazida para a operação da Marcopolo.

A NFI Group também conta com uma liderança reconhecida no mercado. O Presidente do Conselho, Brian Vincent Tobin, fez carreira no mercado financeiro, tendo sido executivo de uma série de empresas, tais como o Bank of Montreal, Mount Logan Capital, Cliff Quebec Iron Mining, entre outros. O CEO também possui bastante experiência, tendo sido CEO da StandardAero Holdings antes de assumir uma posição no NFI Group. O CFO também possui bastante experiência, tendo sido executivo da United States Steel Corp e possuindo um MBA pela Cornell University.

Esta combinação de acionistas qualificados com uma liderança experiente com conhecimento setorial reforça o compromisso da NFI Group em maximizar valor do mercado e, dessa forma, fomentar o mercado de ônibus elétricos.

4.1.3 Análise do Desempenho Financeiro

A análise do desempenho financeiro dos Players Puros em comparação com os Players Globais partiu da premissa de que os Players Globais são as referências do mercado em eficiência operacional e atingiram a um nível de maturidade de escala. Com a maturidade do mercado de ônibus elétrico, é esperado que os Players Puros atinjam ou superem o nível de eficiência dos Players Globais. É esperado também que os Players Puros consigam sustentar maior crescimento que os players globais, o que será refletido no *valuation* que o mercado tem dado às estas companhias, observando os seguintes indicadores financeiros:

- I. *Compound Annual Growth Rate* da receita líquida, EBITDA e Lucro líquido. Este indicador analisa a crescimento composto de um dado indicador, e pode ser calculado por: $CAGR = (\text{Indicador}_{\text{ano } n+m} / \text{Indicador}_{\text{ano } n})^{1/m} - 1$. É usualmente utilizado no setor financeiro para comparar crescimento pois estabiliza o crescimento em um certo período.
- II. Margem EBITDA: Uma das métricas de eficiência operacional mais utilizadas no mercado. É calculado por EBITDA / Receita líquida
- III. Alavancagem: Analisando a Dívida líquida, calculado pela Dívida Bruta – Caixa, e dividindo pelo EBITDA. Basicamente, busca-se comparar o nível de eficiência operacional com o endividamento da companhia – ou seja, quanto que a operação conseguiria gerar caixa para quitar a dívida da companhia.

A tabela 6 apresenta os resultados do comparativo entre os Players Puros e Players Globais, tendo sido calculado a mediana e média dos indicadores analisados. Para este caso, a mediana foi considerada como indicador mais fidedigno, pois, dessa forma, é possível eliminar alguns casos muito fora da média, como, por exemplo o IAT para os Players Puros e o Daimler para os Players Globais.

Observa-se, portanto, que enquanto houve uma expansão de margem e receita para os Players Puros, por mais que em um grau razoável, os Players Globais tiveram um decréscimo de quase 10% na margem e uma receita quase constante no período. De qualquer forma, vale destacar que os players analisados não tiveram um crescimento surpreendente no período, o que justifica em parte a fraca evolução do preço no período, conforme observado na seção 4.1.1, principalmente para os Players Globais.

Tabela 6 – Indicadores financeiros dos *Players Puros* e *Players Globais*

	17A-19A CAGR		Margem EBITDA (GAAP/IFRS)			Alavancagem
	Rec Líq.	EBITDA	2017A	2018A	2019A	2019A
<i>Em USD Milhões</i>			<i>EBITDA / Rec. Líquida</i>			<i>DL / EBITDA</i>
<i>Players Puros</i>						
BYD	2.3%	(4.2%)	14.5%	13.1%	12.7%	3.86x
Anhui Ankai	(22.2%)	n.a.	(3.7%)	(19.5%)	1.3%	29.83x
NFI	10.2%	0.6%	13.4%	12.5%	11.1%	3.99x
IAT	26.6%	59.1%	9.6%	13.2%	15.1%	Caixa líquido
Média	4.2%	18.5%	8.4%	4.8%	10.1%	12.56x
Mediana	6.3%	0.6%	11.5%	12.8%	11.9%	3.99x
<i>Players Globais</i>						
Volkswagen	(1.5%)	0.1%	14.1%	13.6%	14.6%	4.65x
Toyota	2.1%	1.5%	11.9%	12.0%	11.8%	5.21x
Daimler	(4.1%)	(26.4%)	11.8%	10.2%	6.9%	10.81x
Ford	3.4%	(9.7%)	8.8%	7.3%	6.7%	10.90x
Honda	(0.5%)	(13.4%)	9.1%	7.4%	6.9%	4.60x
Média	(0.1%)	(9.6%)	11.1%	10.1%	9.4%	7.23x
Mediana	(0.5%)	(9.7%)	11.8%	10.2%	6.9%	5.21x
Média Global	1.8%	1.0%	9.9%	7.7%	9.7%	9.23x
Mediana Global	2.1%	(2.0%)	11.8%	12.0%	11.1%	4.93x

Fonte: Elaborado com base nos dados da plataforma Factset (acesso em 19 de dezembro de 2020)

A alavancagem dos Players Puros é mais estável que a dos players globais, fruto de um acesso ao mercado de capitais e à qualidade dos acionistas discutidos anteriormente, garantindo perenidade ao negócio. Observando a média das estimativas dos analistas do mercado, fornecido pelo Factset em dezembro de 2020, é notória a capacidade e expectativa do mercado de crescimento com os Players Puros versus os Players Globais, conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 7 – Crescimento dos *Players Puros* e *Players Globais*⁽¹⁾

	19A-22E CAGR			Margem EBITDA			
	Rec Líq.	EBITDA	Lucro Líq.	2019A	2020E	2021E	2022E
	<i>Em USD Milhões</i>			<i>EBITDA / Rec. Líquida</i>			
Players Puros							
BYD	23.3%	17.7%	63.0%	12.7%	13.4%	11.9%	11.1%
NFI	0.3%	(2.1%)	21.1%	11.1%	6.3%	9.0%	10.4%
Média	11.8%	7.8%	42.1%	11.9%	9.8%	10.5%	10.7%
Mediana	11.8%	7.8%	42.1%	11.9%	9.8%	10.5%	10.7%
Players Globais							
Volkswagen	4.1%	4.4%	5.3%	14.6%	12.2%	14.7%	14.7%
Toyota	1.7%	1.7%	3.0%	11.8%	9.9%	11.4%	11.8%
Daimler	4.4%	21.4%	49.4%	6.9%	8.4%	10.4%	10.9%
Ford	0.5%	8.0%	3.0%	6.7%	4.7%	7.6%	8.3%
Honda	1.6%	10.5%	18.6%	6.9%	6.9%	8.3%	8.9%
Média	2.5%	9.2%	15.9%	9.4%	8.4%	10.5%	10.9%
Mediana	1.7%	8.0%	5.3%	6.9%	8.4%	10.4%	10.9%
Média Global	5.1%	8.8%	23.3%	10.1%	8.8%	10.5%	10.9%
Mediana Global	1.7%	8.0%	18.6%	11.1%	8.4%	10.4%	10.9%

Fonte: Elaborado com base nos dados da plataforma Factset (acesso em 19 de dezembro de 2020)

Notas: (1) Não foram encontradas estimativas para Anhui Ankai e IAT Automobile

Enquanto a expectativa dos analistas da base de dados do Factset é de um crescimento da ordem de 1,7% da Receita líquida entre 2019A (Atualizado) e 2022E (Estimativa). Existe uma expectativa de 11,8% de crescimento da receita, acompanhada também de ganho operacional e rentabilidade, como mostrados na expansão do EBITDA e Lucro Líquido. Este crescimento se ampara principalmente na evolução que o BYD teve em 2020, estimando um crescimento de 31% da Receita líquida no ano de 2020. Isto explica, também, o forte movimento de alta que os papéis dos Player Puros em 2020. As empresas, principalmente a BYD, a referência para o setor, entregaram resultados sólidos, com altas taxas de crescimento mantendo sua rentabilidade e níveis operacionais.

Este cenário, no entanto, não se estende aos Players Globais. A mediana do mercado indica uma evolução anual de apenas 1,7% de receita entre 2019A – 2022E, mesmo que acompanhado com uma expansão de margem. Isso também se

reflete no preço das ações em 2020, que ficaram bem abaixo dos índices de mercado.

Analisando sobre uma ótica de valor, observa-se que o mercado tem cada vez mais enxergado valor para as companhias de ônibus elétricos, dispostos a pagar um múltiplo cada vez maior para empresas de ônibus elétrico que as companhias globais, conforme indicado na tabela 8.

Tabela 8 – Tabela de comparáveis

	Maket	Valor	EV / Sales		EV / EBITDA	
	Cap.	da Firma	2021E	2022E	2021E	2022E
	<i>Em USD Milhões</i>		<i>1AE</i>	<i>2AE</i>	<i>1AE</i>	<i>2AE</i>
Players Puros						
BYD	63,168	72,610	2.6x	2.3x	22.2x	20.4x
NFI	1,138	2,423	0.9x	0.8x	10.6x	8.0x
Média			1.8x	1.5x	16.4x	14.2x
Mediana			1.8x	1.5x	16.4x	14.2x
Players Globais						
Volkswagen	84,900	274,659	0.9x	0.9x	6.3x	6.0x
Toyota	249,302	427,657	1.5x	1.5x	13.4x	12.4x
Daimler	73,122	216,293	1.1x	1.0x	10.2x	9.2x
Ford	35,448	149,214	1.0x	0.9x	12.9x	11.4x
Honda	52,874	99,551	0.7x	0.7x	8.6x	7.7x
Média			1.0x	1.0x	10.3x	9.3x
Mediana			1.0x	0.9x	10.2x	9.2x
Média (Global)			1.3x	1.2x	12.0x	10.7x
Mediana (Global)			1.0x	0.9x	10.6x	9.2x

Fonte: Elaborado com base nos dados da plataforma Factset (acesso em 19 de dezembro de 2020)

Notas: (1) Não foram encontradas estimativas para Anhui Ankai e IAT Automobile

Este resultado se explica, em grande parte, pelo nível de crescimento que se espera para as companhias de ônibus elétrico para os próximos anos e por já terem atingido um nível de rentabilidade semelhante ou até superior que os Players Globais. A Governança Corporativa adequada, o management experiente e a qualidade do corpo dos acionistas também passam a confiança ao mercado quanto a capacidade de execução das empresas de ônibus elétrico para os próximos anos, fomentando o mercado e deixando o produto cada vez mais popular nos centros urbanos.

Portanto, o preço das ações dos Players Puros reflete a expectativa do mercado de que as empresas focadas na produção de ônibus elétrico tem, no longo prazo, um maior potencial de crescimento e geração de valor aos acionistas do que os players globais.

O mercado de ônibus elétrico deve atrair investimentos para o segmento da mobilidade elétrica e, conseqüentemente, aumentar a escala de produção nos próximos anos. A baixa quantidade de players focados exclusivamente nos ônibus elétricos, como a BYD, são barreiras para ampliar a presença deste produto no cotidiano das cidades. Existe, portanto, uma janela de oportunidade para que as companhias de ônibus elétricos se capitalizem e consigam aumentar sua capilaridade e capacidade de execução, o que será essencial para que o ônibus elétrico atinjam a escala necessária para substituir o ônibus convencional.

4.2 VIABILIDADE FINANCEIRA DO ÔNIBUS CONVENCIONAL E O E-RETROFIT PARA ÔNIBUS ELÉTRICO

A análise da viabilidade financeira foi realizada tomando por base o modelo de *Total Cost of Ownership* (TCO) do ônibus convencional movido a Diesel e do E-Retrofit. Para o cálculo do TCO foram-se consideradas as seguintes variáveis:

Total Cost of Ownership = Custo com Manutenção + Custos com Energia / Combustível + Aquisição de Frota / Renovação - Descarte

O custo com manutenção, custos com energia/combustível + aquisição de frota/renovação foram fornecidos pela empresa WATT, e foram apresentados nas tabelas 1 e 2. Para se entender o valor do ônibus no momento do descarte, foi considerada nos dois modelos uma desvalorização de 10% ao ano e um custo de descarte equivalente a 50% do valor do veículo no momento do descarte. Tomando por base estas premissas, entende-se, também, que o custo com depreciação está já embutido no valor do veículo no momento do descarte, bem como quaisquer custos adicionais para se descartar o veículo.

4.2.1 Cálculo do Custo de Capital Próprio

Por se tratar da vida útil de um ativo de capital de longo prazo, tendo um fluxo de caixa de 16 anos, entendeu-se necessário trazer o modelo ao Valor Presente. A taxa de desconto foi calculada considerando apenas o custo de capital próprio das empresas de veículos no Brasil. Nesta análise assumiu-se que os veículos eram adquiridos sem qualquer tipo de financiamento. Para este cálculo foi utilizada a seguinte fórmula definida por Damodaran (2012):

Ônibus Convencional

$$Ke^2 = \beta_{\text{Setor de veículos em mercado emergentes}} * \text{Brazil Risk Premium} + \text{Brazil Government Bond 10Y}$$

Dessa forma, o custo de capital próprio calculado em US \$ resultou em:

$$Ke = 1,20 * 4,41\% + 7,28\% = 12,56\%$$

E-Retrofit para Ônibus Elétrico

$$Ke^3 = \beta_{\text{Setor de equipamentos elétricos em mercado emergentes}} * \text{Brazil Risk Premium} + \text{Brazil Government Bond 10Y}$$

Dessa forma, o custo de capital próprio calculado em US \$ resultou em:

$$Ke = 1,25 * 4,41\% + 7,28\% = 12,78\%$$

² Risk free rate: <http://www.worldgovernmentbonds.com/country/brazil/>
Country Equity Risk
Premium: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html
Beta: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

³ Risk free rate: <http://www.worldgovernmentbonds.com/country/brazil/>
Country Equity Risk
Premium: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html
Beta: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Como o fluxo de caixa foi calculado em R\$, foi necessário ajustar o custo de capital próprio para a moeda local também para que o ajuste a valor presente fosse condizente. Para isso, foi utilizada o ajuste pela inflação considerando a seguinte fórmula definida por Damodaran (2012):

$$K_{R\$} = (1 + K_{US\$}) * (1 + IPCA) / (1 + US\ CPI\ Inflation) - 1$$

A expectativa de inflação para o IPCA em 2020 segundo o Boletim Focus de 7 de dezembro era de 4,21%. A expectativa de inflação o US CPI Inflation de acordo com o *US Bureau of Labor Statistics*, em 13 de dezembro de 2020, era de 2,20%. Assim, o custo de capital próprio ajustado para reais resultou em:

Ônibus convencional

$$K_{R\$} = (1 + 12,56%) * (1 + 4,21%) / (1 + 2,20%) - 1 = 14,78\%$$

E-Retrofit para Ônibus Elétrico

$$K_{R\$} = (1 + 12,78%) * (1 + 4,21%) / (1 + 2,20%) - 1 = 15,00\%$$

Foi utilizada uma taxa de desconto de 14,78% para descontar o fluxo de caixa de um ônibus convencional e uma taxa de desconto de 15,00% para o E-Retrofit do ônibus convencional em ônibus elétrico.

4.2.2 Total Cost of Ownership do Ônibus Convencional Movido a Diesel

Conforme detalhado na metodologia, foi considerado que o ônibus convencional movido a diesel tem uma vida útil de 8 anos, tendo uma renovação da frota no ano 8 para se equiparar ao ônibus elétrico. Foram utilizadas as tabelas 1 e 2, detalhadas na metodologia, para o cálculo do custo de manutenção, combustível, desgaste e

consumo de CO₂. Para o custo de manutenção, foram adotadas as premissas de troca de equipamento fornecidas pela empresa WATT, conforme detalhado na tabela 9.

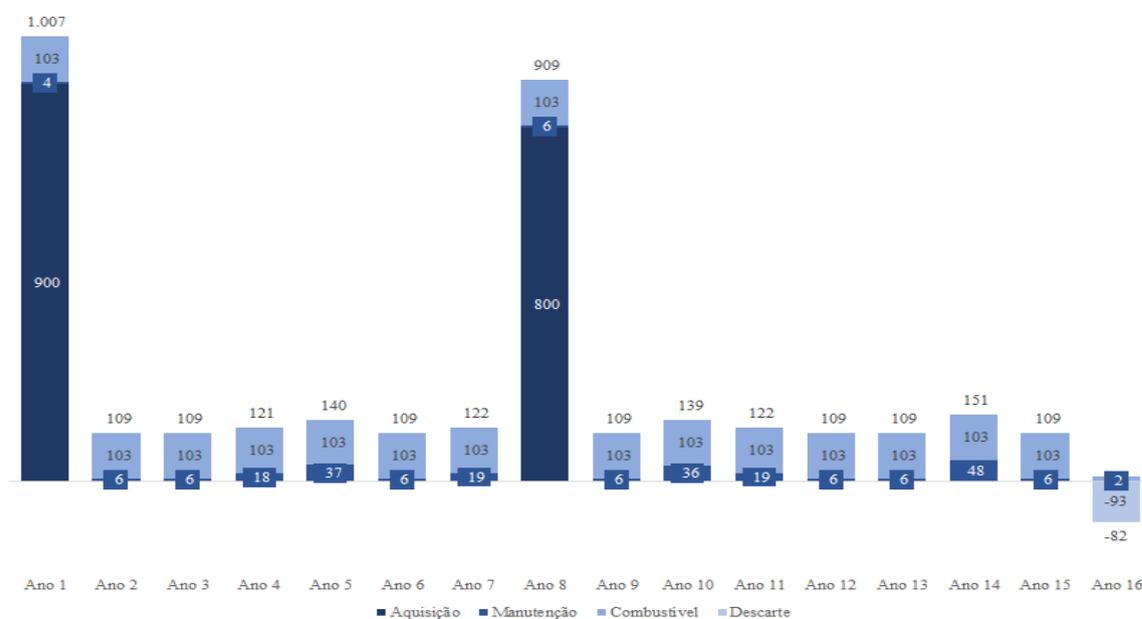
Tabela 9 - Frequência e custo por troca de equipamento para um ônibus convencional

Descrição	Custo por Troca (R\$)	Intervalo de Troca (Km)	Meses entre Troca
Filtro de Óleo	110,14	25000	3
Óleo 15W40CFA	116,70	25000	3
Filtro de Ar	120,00	50000	6
Retífica completa Motor 240 HP	30.335,00	400000	55
Lonas Dianteiras	256,68	30000	4
Lonas Traseiras	448,00	30000	4
Tambor Dianteiro	669,34	90000	12
Tambor Traseiro	836,00	60000	8
Óleo de Câmbio	161,30	25000	3
Reparo do Câmbio	12.335,00	300000	41
Manutenção Posto Abastecimento (1/30)	100,00	50700	7

Fonte: Dados da Empresa WATT em setembro de 2020, elaboração própria

Utilizando os dados detalhados na metodologia para o custo de combustível, resultou em um custo anual de R\$ 103.017,60 com diesel. O custo de descarte utilizou os dados detalhados na metodologia e resultou em uma entrada de caixa de R\$ 92.651,00 no Ano 16 do fluxo de caixa. Utilizando todos estes dados e premissas, resultou em um fluxo acumulado de R\$ 3.391.073,69, conforme apresentado na figura 9.

Figura 9 - Fluxo de caixa anual do ônibus convencional



Fonte: Dados fornecidos pela empresa WATT em setembro de 2020, elaboração própria

Este Fluxo de Caixa foi trazido a Valor Presente Líquido pela fórmula definida em Damodaran (2012):

$$VPL = \sum (\text{Fluxo de Caixa Livre}) / (1 + Ke)^{\text{Ano } n}$$

Desta forma, a tabela 10 apresenta os resultados do *Total Cost of Ownership* (TCO) de um ônibus convencional a diesel:

Tabela 10 - Total Cost of Ownership de um ônibus convencional movido a diesel

Custo	Valor a VP (R\$)
Aquisição da frota	1.155.339,26
Manutenção	82.464,68
Custo com energia	650.235,67
Descarte	(11.589,03)
TCO (R\$)	1.876.450,58
TCO (R\$/Km)	1,45

Fonte: Dados fornecidos pela empresa WATT em setembro de 2020, elaboração própria

4.2.3 Total Cost of Ownership do E-Retrofit para Ônibus Elétrico

Conforme detalhado na metodologia, foi considerado que o E-Retrofit para um ônibus elétrico tem uma vida útil de 8 anos, com uma troca de bateria no ano 8. Foram utilizados as tabelas 4 e 5, detalhadas na metodologia, para o cálculo do custo de manutenção, combustível, desgaste e consumo de CO2. Para o custo de manutenção, foram adotadas as premissas de troca de equipamento fornecidas pela empresa WATT, conforme apresentado na tabela 11.

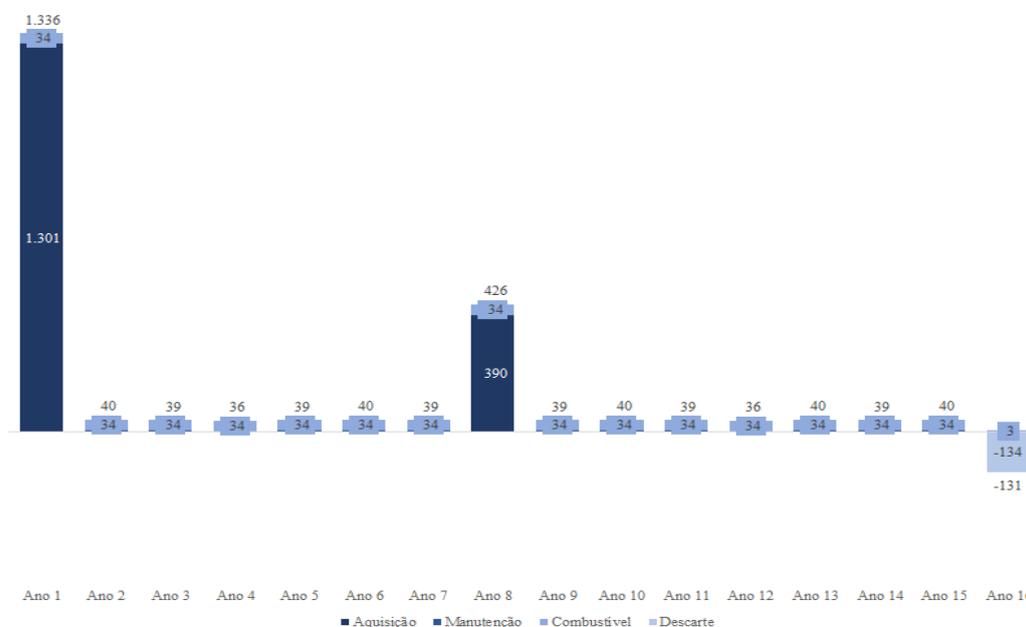
Tabela 11 - Frequência e custos por troca de equipamento para E-Retrofit para ônibus elétrico

Descrição	Custo por Troca (R\$)	Intervalo de Troca (Km)	Meses entre trocas
Lonas Dianteiras	256,68	120.000	16
Lonas Traseiras	448,00	90000	22
Tambor Dianteiro	669,34	160.000	22
Tambor Traseiro	418,00	120.000	16
Manutenção Motor Elétrico	2.500,00	120.000	16
Filtro de Ar Comp. Eletrônico	57,00	10.000	1
Manutenção Postos de Abastecimento (1/30)	100,00	50.700	7

Fonte: Dados fornecidos pela Empresa WATT em setembro de 2020, elaboração própria

Utilizando os dados detalhados na metodologia para o cálculo do custo de energia, resultou em um custo anual de R\$ 33.696,00 com energia elétrica. Foi considerado um custo de R\$ 390.000,00 para a troca da bateria do ônibus. O custo de descarte utilizou os dados detalhados na metodologia e resultou em uma entrada de caixa de R\$ 133.932,18 no Ano 16 do fluxo. Utilizando todos estes dados e premissas, resultou em um fluxo acumulado de R\$ 2.139.930,02, conforme apresentado na figura 10.

Figura 10- Fluxo de caixa anual do E-Retrofit para o ônibus elétrico ônibus convencional



Fonte: Dados fornecidos pela Empresa WATT em setembro de 2020, elaboração própria

Este Fluxo de Caixa foi trazido a Valor Presente Líquido pela fórmula definida em Damodaran (2012):

$$VPL = \sum (\text{Fluxo de Caixa Livre}) / (1 + Ke)^{\text{Ano } n}$$

Desta forma, a tabela 12 apresenta o Total Cost of Ownership (TCO) do E-Retrofit para um ônibus elétrico.

Tabela 12 - Total Cost of Ownership do E-Retrofit para um ônibus elétrico

Custo	Valor a VP (R\$)
Aquisição da frota + Troca de baterias	1.413.445,05
Manutenção	29.117,59
Custo com energia	210.595,54
Descarte	(16.272,85)
TCO (R\$)	1.636.885,33
TCO (R\$/Km)	1,26

Fonte: Elaborado a partir dos dados da pesquisa em setembro de 2020, elaboração própria

4.2.4 Comparativo entre os Dois Modelos de TCO

O comparativo entre os dois modelos de TCO é possível porque utilizaram a mesma base de dados, consideraram o mesmo período de referência e foram calculados utilizando metodologias semelhantes, com ajustes pontuais. A tabela 13 apresenta o comparativo do TCO do E-Retrofit e de um ônibus convencional movido à diesel.

Os resultados do estudo mostram que o ônibus E-Retrofit é 13% mais econômico que o ônibus convencional. Por mais que haja um custo de aquisição 22% maior durante a vida útil das frotas, o custo de manutenção e o custo combustível é mais de 60% mais vantajoso no E-Retrofit que no ônibus convencional movido a diesel.

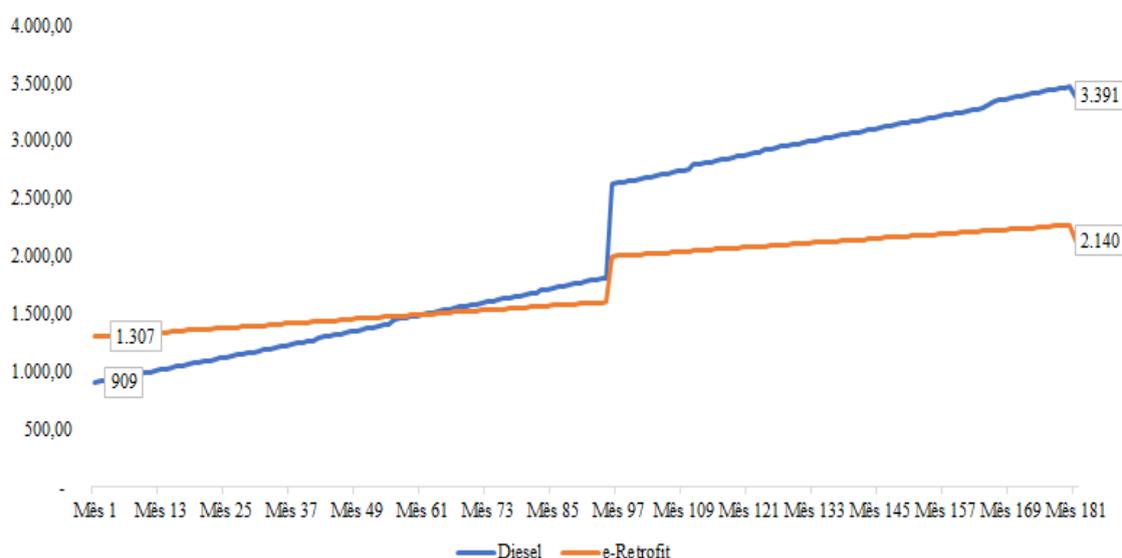
Tabela 13 - Comparativo do Total Cost of Ownership do *E-Retrofit* e do ônibus convencional

Valor a VP (R\$ mil)	<i>E-Retrofit</i> (R\$ mil)	Diesel (R\$ mil)	Diferença entre Modelos	Comparativo (%)
Aquisição	1.413,45	1.155,34	258,11	22
Manutenção	29,12	82,46	(53,35)	-65
Combustível	210,60	650,24	(439,64)	-68
Descarte	(16,27)	(11,59)	(4,68)	40
TCO (R\$)	1.636,89	1.876,45	(239,57)	-13
TCO (R\$/Km)	1,26	1,45	(0,18)	-13

Fonte: Elaborado a partir dos dados da pesquisa em setembro de 2020

Analisando o comparativo da evolução do saldo de caixa, ou seja, o somatório dos fluxos de caixa, a figura 11 mostra que o E-Retrofit se torna mais econômico a partir do mês 63, antes mesmo da renovação da frota.

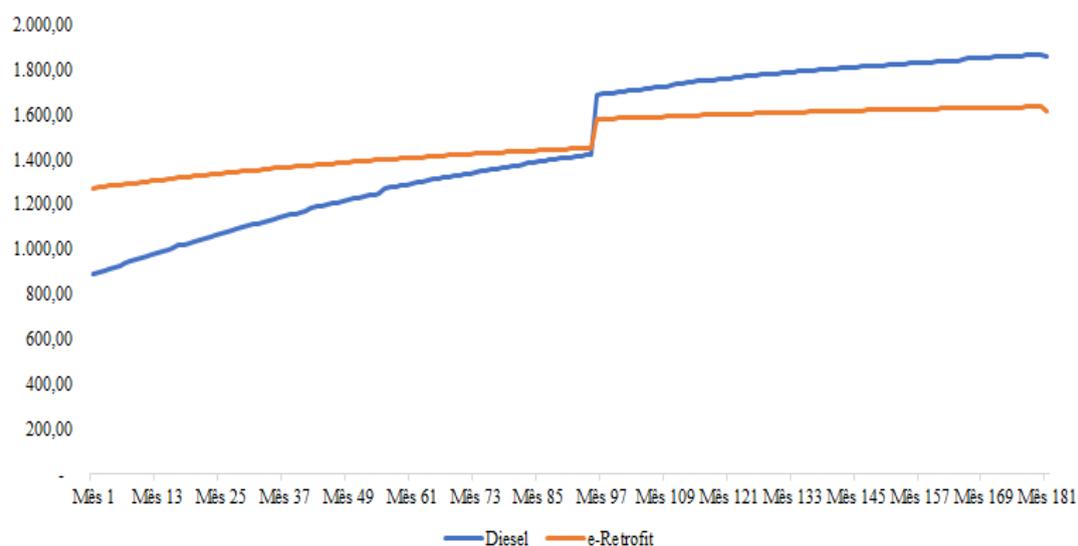
Figura 11: Comparativo da evolução do saldo de caixa



Fonte: Elaborado a partir dos dados da pesquisa em setembro de 2020

O saldo de caixa do E-Retrofit no ano 16 é consideravelmente menor que o do ônibus convencional. Porém, como grande parte do investimento é feito no primeiro ano de aquisição, o valor do presente do fluxo do ônibus convencional com o ônibus E-Retrofit tem uma diferença de apenas R\$ 239,57 mil entre um modelo e outro. Na figura 12 foi analisado a evolução do fluxo de caixa ajustado a valor presente, considerando as mesmas taxas de descontos referenciadas anteriormente.

Figura 12: Comparativo da evolução do Saldo de caixa a Valor Presente



Fonte: Elaborado a partir dos dados da pesquisa em setembro de 2020

Considerando o ajuste a valor presente, o ônibus e-Retrofit só se torna mais econômico que o ônibus a diesel no momento da renovação da frota e da troca da bateria no caso do ônibus elétrico, o que ocorre apenas no mês 96. Importante observar que, caso não houvesse a renovação da frota e fosse optado pelo descarte de ambos o ônibus, o ônibus convencional seria, por uma pequena margem de 2%, mais econômico que o ônibus elétrico.

No entanto, com a popularização deste meio de transporte, é esperado que a bateria se torne cada vez mais barata e faça torne do ônibus elétrico cada vez mais econômico. O custo estimado das baterias de lítio-íon é esperado reduzir de US\$ 176 por kWh em 2018 para USD 62 por kWh em 2030, uma redução de mais de 60% do custo da bateria, a principal linha de despesa do ônibus elétrico (BERMÚDEZ-RODRÍGUEZ; CONSONI, 2020.) Este cenário não se estende ao ônibus convencional, que tem poucas oportunidades de redução de custos via economia de escala, dado que já atingiu uma popularização grande no mercado e tem oportunidades bem mais reduzidas de redução de custo. Assim, o ônibus elétrico traz uma janela de oportunidade para reduzir os custos com mobilidade de forma sustentável, fortalecendo os princípios da economia verde.

4.2.5 Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa

Utilizando os dados de emissão de CO₂ fornecido pela empresa WATT, foi calculado a emissão de CO₂ durante a vida útil do ônibus elétrico e do ônibus convencional. Para isso, foi considerado que o ônibus percorre os 7.200 km/mês, conforme premissa global deste estudo.

De acordo com a empresa WATT, um ônibus convencional movido à Diesel emite 0,89 Kg de CO₂/Km, enquanto um elétrico puro emite 0,00152 Kg de CO₂/Km, representando uma redução de 587,7 vezes a emissão de CO₂. Isso representa uma emissão total de 1,15 Milhões de Kg de CO₂ durante toda a vida útil do ônibus convencional, enquanto um ônibus elétrico emite 1.96 mil de Kg de CO₂ durante toda a sua vida útil.

Esta redução se torna outro mecanismo que apoia a viabilidade do ônibus elétrico. Em estudo da SEEG, o setor de transportes representou um consumo de cerca de

50 Mt de CO₂ no primeiro trimestre de 2020, representando mais de 10% de todo o consumo de CO₂ do Brasil (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2020), sendo o terceiro setor com maior consumo, acima abaixo apenas da mudança de uso da terra e da agropecuária.

Assim, a troca de malha do ônibus convencional para o ônibus elétrico se mostra como uma opção comercialmente viável para reduzir consideravelmente a emissão de GEE.

5 CONCLUSÃO

O estudo apresentou a análise da viabilidade no âmbito corporativo e econômico-financeira do ônibus elétrico. O mercado das principais empresas produtoras de ônibus elétricos mostra a presença de empresas como a BYD, a qual supera a eficiência operacional e rentabilidade das principais empresas do setor automobilístico, e cujo resultado reflete-se em seu preço de mercado e na robustez dos seus acionistas. Os resultados da pesquisa indicam que é possível produzir ônibus elétricos em larga escala e ao mesmo tempo gerar valor ao acionista.

Sob uma ótica econômico-financeira, analisando puramente o produto através de um TCO com dados reais de uma empresa do setor, conclui-se que o E-Retrofit do ônibus convencional é financeiramente viável para as empresas de transporte coletivo no Brasil. Os valores calculados para o TCO do E-Retrofit mostram que, apesar de um elevado investimento inicial, os custos com manutenção são menores considerando toda a vida útil do produto. Os resultados alcançados nesse estudo indicam a viabilidade do ônibus elétrico frente ao ônibus convencional movido a diesel. Portanto, os resultados deste estudo indicam que o ônibus elétrico é um produto rentável e comercialmente viável, o qual alinha redução de custos com sustentabilidade, com grandes empresas especializadas neste setor e com o know-how adequado. Nesta perspectiva, é imprescindível que os custos indiretos da redução das emissões, seja para a saúde pública, seja para o meio ambiente, sejam considerados e possam orientar os argumentos e intensificar as ações que viabilizam esta troca por veículos de baixo ou zero emissão.

No entanto, é necessário considerar que há barreiras que dificultam a consolidação da mobilidade elétrica. Entre elas, pode-se destacar a ausência de empresas que tenham o ônibus elétrico como um dos principais produtos do seu portfólio. Como pôde ser observado durante o estudo de mercado, não existe outra empresa com capacidade global que se compare a BYD, alinhando excelência operacional e portfólio sustentável focado exclusivamente em ônibus elétricos. Em um estudo mais aprofundado, seria possível avaliar como a BYD consegue diferenciar sua operação frente aos outros players do mercado.

Também, analisando sobre uma visão de microfinanças por meio do TCO, os resultados do estudo indicam que, por mais que o ônibus elétrico seja financeiramente mais viável que o ônibus convencional, o investimento inicial é uma barreira significativa para o cliente alvo destes produtos. Ou seja, empresas de transporte coletivo ou municípios, podem se deparar com dificuldades financeiras que o investimento inicial que suporte a aquisição de ônibus elétricos. É portanto necessário que sejam criadas linhas de financiamentos que evitem onerar o orçamento das empresas de transporte coletivo e dos municípios. A este respeito, os modelos de negócio que outros países da América Latina, notadamente o Chile e a Colômbia, estão implementando, devem ser dignos de destaque. Estes países estão combinando políticas públicas diversificadas que buscam viabilizar a aquisição dos ônibus elétricos, e que já estão mostrando os primeiros resultados. Tais experiências podem ser fonte de grande aprendizado para o caso brasileiro.

A pesquisa confirma que o ônibus elétrico é um produto comercialmente viável, capaz de gerar valor ao acionista, reduz as emissões de GEE, e melhora a qualidade de vida da população, principalmente dos grandes centros urbanos, como São Paulo. O investimento inicial é uma barreira, mas que pode ser reduzido com o tempo conforme a tecnologia avance e o produto ganhe maior escala de produção.

Por outro lado, por vender um ativo tecnológico em um mercado com carência de competidores, existe o risco de se tornar um mercado bastante concentrado em alguns players que detém a tecnologia. É importante que esta concentração seja garantida pelos princípios do livre mercado para promover maior competição de preços e, assim, garantindo que o produto se torne cada vez mais acessível.

Em relação aos requisitos de infraestrutura, há questões relacionadas com a forma e a disponibilidade de postos de recarga, com os modelos de tarifação e, principalmente, com a necessidade de novos modelos de organização do sistema elétrico para lidar com a gestão de oferta e demanda energética que se tornariam maiores, mais dinâmicas e distribuídas.

Os resultados positivos dos veículos elétricos e híbridos na dimensão ambiental sustentam a necessidade de políticas de incentivo ao uso dessa tecnologia no sentido de contribuir para uma redução dos impactos ambientais, relacionados a emissões de GEE no setor de transportes. No caso do transporte público de

passageiros, os ônibus elétricos, menos poluentes e com menor custo de manutenção, podem ser uma alternativa de transporte eficiente para as cidades inteligentes e sustentáveis. E a opção pelo E-retrofit tende a ser um suporte importante para acelerar esta transição em direção a uma mobilidade sustentável.

REFERÊNCIAS

ANFAVEA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Carta da ANFAVEA: Janeiro de 2020, 2020.

BERMÚDEZ-RODRÍGUEZ, T.; CONSONI, F. L. Uma abordagem da dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico das baterias lítio-íon para veículos elétricos. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas (SP), 19, e0200014, p. 1-33, 2020.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil). **BNDES 60 anos: perspectivas setoriais**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012. p. 12-41. ISBN: 9788587545442 (v.1)

BRASIL. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção** - Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf>. Acesso em 28 de novembro de 2020.

BOSTON CONSULTING GROUP (BCG). **The Future of Battery Production for Electric Vehicles**. Boston, 2018. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2018/future-battery-production-electric-vehicles.aspx>. Acesso em: 03 de janeiro 2020.

COELHO, P.F.C.; ABREU, M.C.S. Transição Sociotecnológica para a Mobilidade Urbana Sustentável no Brasil, **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v.12, Edição Especial XX ENGEMA, p. 1227-1241, 2019.

CONSONI, F.L. et al. **Estudo de governança e políticas públicas para veículos elétricos**. Brasília D.F: Ministério da Indústria, Comercio Exterior e Serviços MDIC, 2018.

CONSONI, F. et al. **Roadmap tecnológico para veículos elétricos leves no Brasil**. PROMOB-E, p.18, 2019. Disponível em <http://www.promobe.com.br/library/relatorio-roadmap-tecnologico-para-veiculos-eletricos-leves-no-brasil/> Acesso em em 12 de março de 2020.

DAMODARAN, A. **VALUATION. Como Avaliar Empresas e Escolher as Melhores Ações**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, Rio de Janeiro, 2012.

DIJK, M.; ORSATO, R.; KEMP, R. The emergence of an electric mobility trajectory. **Energy Policy**, v. 52, p. 135-145, 2013.

DONOVAN, A; FRITH, M.; MCKERRACHER, C. **Electric buses in cities: driving towards cleaner air and lower CO₂**. Bloomberg New Energy Finance, 29 de março de 2018.

GALUCCI, M. **An Increasingly Urbanized Latin America Turns to Electric Buses.** Yale School of the Environment, 9 de Setembro de 2019. Disponível em <https://e360.yale.edu/features/an-increasingly-urbanized-latin-america-turns-to-electric-buses> Acesso em 12 de julho de 2020.

GEELS, F.W. The multi-level perspective on sustainability transitions: responses to seven criticisms. **Environ. Innov. Soc. Transit.** 1, 24–40, 2011.

GOMIDE, A. Mobilidade urbana, iniquidade e políticas sociais. **Políticas Sociais: acompanhamento e análise**, v. 12, p. 242-250, 2006.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Infraestrutura Social e Urbana no Brasil: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas.** Brasília; IPEA, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Mobilidade Urbana Sustentável: Conceitos, Tendências e Reflexões.** Brasília; IPEA, 2016.

IEA International Energy Agency, 2020b. **Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive? Glob. EV Outlook 2020.** <https://doi.org/10.1787/d394399e-en>

IEMA (Instituto de Energia e Meio Ambiente), 2017. **Inventário de Emissões Atmosféricas do Transporte Rodoviário de Passageiros no Município de São Paulo** [WWW Document]. URL <http://emissoes.energiaeambiente.org.br/> (Acesso em 03 de Janeiro de 2021)

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global EV Outlook 2019.** Scaling-up the transitions to electric mobility, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/>. Acesso em: 3 de Janeiro 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global EV Outlook 2020.** Entering the decade of electric drive?, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2020/>. Acesso em: 03 janeiro de 2021

LUTSEY, N.; NICHOLAS, M. **Update on electric vehicle costs in the United States through 2030.** International Council on Clean Transportation (ICCT), 2019. (Working Paper, 2019-06). Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV_cost_2020_2030_20190401.pdf.

MACIEL, L.R.; BRIGADÃO, R.F.; MONTEIRO, T.A.; GIULIANI, A.C. Mobilidade Urbana e suas Teorias e Operacionalidades: Um Ensaio Teórico sobre os Desafios na Cidade de Campinas/SP. **Revista de Administração IMED**, Passo Fundo, v7, N.2, p.166-182, Jul.-Dez., 2017

MARGOLIS, J. **China dominates the electric bus market, but the US is getting on board.** Disponível em <https://www.pri.org/stories/2019-10-08/china-dominates-electric-bus-market-us-getting-board>. Acesso em 12 de março de 2020.

MARKETS AND MARKETS. **Electric Bus Market by Propulsion Type (BEV, PHEV, and FCEV), Application (Intercity and Intra-city), Consumer Segment (Fleet Operators and Government), Range, Length of Bus, Power Output, Battery Capacity, Component, and Region - Global Forecast to 2027, 2020.** Disponível em <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/electric-bus-market-38730372.html> Acesso em 17 de Novembro de 2020

MARTINS, M.F.; VASCONCELOS, A.C.F.; SALLES, M.C.T. Plano de Mobilidade Urbana do Município de Campina Grande-PB: Uma Análise à Luz da Sustentabilidade Urbana. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. V.6. N.2, Maio/Agosto, p. 42-58, 2017.

MELO, G.A., OLIVEIRA, R.N. BRITO, M.A.G., GONÇALVES, F.A.S., CANESIN, C.A. Sisteia de Tração Elétrica Flexível para Alimentação com Redes CC e ou CA, **Revista Controle & Automação**, v.23, n.5, p. 609-620, setembro e outubro, 2012.

MINISTERIO DAS CIDADES. **Mobilidade e política urbana: subsídios para uma gestão integrada**. Instituto Brasileiro de Administração Municipal: Rio de Janeiro, 2005.

MISHRA, S.; SHARMA, S.; KHASNABIS, S.; MATHEW, T. V., Preserving an aging transit fleet: An optimal resource allocation perspective based on service life and constrained budget. **Transportation Research Part A**, v. 47, p.11–123, 2013.

MORADI, A.; VAGNONI, E. A multi-level perspective analysis of urban mobility system dynamics: What are the future transition pathways? **Technological Forecasting & Social Change**, v. 126, p. 231–243, 2018.

NASCIMENTO, M. IMPLANTAÇÃO E EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína (TO), Ano 05, n.07, Janeiro-Julho de 2016

NETTO, N. A.; RAMOS, H.R. Estudo da Mobilidade Urbana no Contexto Brasileiro. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, V.6, N.2, p.59-72, Maio/Agosto, 2017.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do brasil 1970-2019.** Disponível em http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2020/11/OC_RelatorioSEEG2020_final.pdf Acesso em 03 de Janeiro de 2021.

OLIVEIRA, J. **MOBILIDADE ELÉTRICA – O Carsharing Desempenha um Papel Decisivo na Inovação da Mobilidade Elétrica**. PROMOB-E, p.1, 2019. Disponível em <http://smart-cities.pt/smn/0412drive-now/> Acesso em em 06 de julho de 2020

ONMOBIH. **8 cidades exemplos em mobilidade humana e sustentável**. 2019. Disponível em <https://www.onmobih.com.br/8-cidades-exemplos-em-mobilidade-humana-e-sustentavel/> Acesso em em 12 de julho de 2020

ORNELLAS, R. Impactos do consumo colaborativo de veículos elétricos na cidade de SÃO PAULO, **Future Studies Research Journal**, São Paulo, v.5, n.1, pp. 33 – 62, Jan./Jun. 2013

PARKHURST, G.; KEMP, R.; DIJK, M.; SHERWIN, H. **Intermodal Personal Mobility: A niche caught between two regimes**. In: GEELS, F.; KEMP, R.; DUDLEY, J.; LYONS, G. (Org.). *Automobility in Transition? A Socio-Technical Analysis of Sustainable Transport*. 1 ed. London: Routledge, 2011.

PORTAL MOVILIDAD. **Con 1485 nuevos buses eléctricos Bogotá es ahora la ciudad líder en Latinoamérica superando a Santiago** – PORTAL MOVILIDAD. <https://portalmovilidad.com/con-1485-nuevos-buses-electricos-bogota-es-ahora-la-ciudad-lider-en-latinoamerica-superando-a-santiago/> Acesso em 08 de Janeiro de 2020

PUPO, A. S. Análise de Possibilidades para a Introdução de Veículos Elétricos no Tráfego Urbano da Cidade de São Paulo: Uma Abordagem por Meio da Análise Morfológica. **Future Studies Research Journal**, v.4, n.2, p.3-20, Julho/Dezembro, 2012.

SIQUEIRA, M.M. Poder e Cultura em Empresas de Transporte Coletivo por ônibus. **Revista de Administração**, São Paulo, V.32, N. 1, p. 14-22, Janeiro/Março, 1997.

SILVA, F. N. Mobilidade urbana: os desafios do futuro. **Cadernos Metrôpole**. São Paulo. v.15, n.30, p.377-388.Jul/dez. 2013 Disponível em: <<http://www.cadernosmetropole.net/component/content/article/31/50-267>>. Acesso em 26 de setembro 2020.

SILVA, L.L.C. Análise Morfológica da Introdução de Veículos Elétricos no Tráfego Urbano de São Paulo, **Future Studies Research Journal**, São Paulo, v.3, n.1, p. 14-37, 2011.

SILVA, C.P.; BRASIL, A.C.M. Avaliação Potencial de Economia de Energia e Redução de Emissão de CO2 em um Sistema de Transporte Público. **Revista Estudos e Pesquisas em Administração** – Rondonópolis, v.4,n.1, p. 124-141, Janeiro-Abril, 2020.

SOARES, J.; ANDRADE, M.; JUNIOR, J.; QUEIROZ, F. Mobilidade Urbana Sustentável: Fatores Determinantes da Escolha pelo Transporte Alternativo na Percepção dos Usuários que Fazem a Rota Campina Grande – PB /Alagoa Nova-PB. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, v. 6, n. 2, p. 31-41, 2017.

TAN, C.W.; TIE, S.F. A review of energy source and energy management system in electric vehicles. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.20, p.82-102, 2013.

TWIN, A. **Total Cost of Ownership – TCO** – Budgeting & Saving. Disponível em <https://www.investopedia.com/terms/t/totalcostofownership.asp> Acesso em 3 de Janeiro de 2021

VACCARI, L. S.; FANINI, V. **Mobilidade urbana**. Publicações temáticas da Agenda Parlamentar do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná – CREA-PR. Curitiba: 2011.

VAMO FORTALEZA - **Veículos Alternativos para Mobilidade**, Prefeitura de Fortaleza. Disponível em <http://www.vamofortaleza.com/> Acesso em 16 de setembro de 2020

WMO - **World Meteorological Organization**. United In Science. Disponível em: https://ane4bf-datap1.s3-eu-west-1.amazonaws.com/wmocms/s3fs-public/ckeditor/files/United_in_Science_ReportFINAL_0.pdf?XqiG0yszsU_sx2vOehOWpCOkm9RdC_gN. Acesso em: 23 de outubro de 2020.

World Bank. **Green your bus ride: clean buses in Latin America**. World Bank, Janeiro de 2019.