

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO
GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

**ANÁLISE DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO SETOR DE LOGÍSTICA EM CENTROS
URBANOS.**

LAIRA AUGUSTA FREITAS CASTRO

**São Paulo
2019**

Laira Augusta Freitas Castro

**ANÁLISE DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO SETOR DE LOGÍSTICA EM CENTROS
URBANOS.**

**ANALYSIS OF ELECTRIC VEHICLE IN THE LOGISTICS SECTOR IN URBAN
CENTERS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Administração: Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Administração**.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ytoshi Shibao

São Paulo

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Castro, Laira Augusta Freitas.

Análise de veículos elétricos no setor de logística em centros urbanos. / Laira Augusta Freitas Castro. 2019.

133 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2019.

Orientador (a): Prof. Dr. Fabio Ytoshi Shibao.

1. Veículos elétricos. 2. Operação de última milha. 3. Transporte de carga.

**ANÁLISE DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO SETOR DE LOGÍSTICA EM CENTROS
URBANOS**

Por

LAIRA AUGUSTA FREITAS CASTRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental e Sustentabilidade, apresentada a Banca Examinadora formada por:

Prof. Dr. Fabio Ytoshi Shibao – Universidade Nove de Julho – UNINOVE

Prof. Dr. Marcos Antonio Franklin – Universidade Mackenzie

Prof. Dr. Mauro Silva Ruiz – Universidade Nove de Julho – UNINOVE

São Paulo, 25 de fevereiro de 2019

*“Quem come do fruto do conhecimento é
sempre expulso de algum paraíso”*

(Melaine Klein)

AGRADECIMENTO

Agradeço a minha família, em especial minha mãe Rosangela das Graças Freitas, ao meu parceiro Fabio Eduardo Hukai e a minha companheira Lassie Augusta Freitas Hukai por me apoiarem e incentivarem neste passo importante do meu desenvolvimento intelectual.

Agradeço aos professores e colegas do programa de mestrado em administração com ênfase em gestão ambiental e sustentabilidade e do programa de mestrado em cidades inteligentes e sustentáveis por me apoiarem, incentivarem e guiarem nesta jornada.

Agradeço a professora doutora Adriana Marotti de Mello, da Universidade de São Paulo, pelas contribuições oferecidas ao trabalho e o incentivo para o meu desenvolvimento intelectual.

Por fim, agradeço a Universidade Nove de Julho pela oportunidade e pelos incentivos ao desenvolvimento da comunidade científica.

RESUMO

O aumento crescente na população em adição a crescente taxa de urbanização e intenso uso do modal rodoviário de transporte geram diversos problemas nos centros urbanos como congestionamentos, poluição sonora, poluição do ar e vibrações, reduzindo a qualidade de vida das pessoas. O transporte de cargas nos centros urbanos representa uma significativa taxa nestes impactos. Com a tendência mundial a minimizar as emissões de gases do efeito estufa e o comprometimento do Brasil frente a COP 21 a reduzir suas taxas de emissões nos próximos anos, a questão das emissões por transporte de carga passam a ter uma influência importante e a ser alvos de estudo e estratégias para mitigação de impactos e otimização de tecnologias. Algumas ações podem ser tomadas, dentre elas a adoção de tecnologias mais limpas, como o uso de veículos elétricos, que se mostram uma tendência mundial e apresentam, além dos benefícios de menores emissões de gases do efeito estufa e gás carbônico nos centros urbanos a menor emissão de outros poluentes como aldeídos e óxidos nitrosos que são responsáveis por inúmeras doenças. Entretanto o uso de veículos elétricos ainda possui uma baixa adesão, principalmente no Brasil e menor ainda quando se trata de veículos elétricos de transporte de carga no setor de logística. Considerando este contexto este estudo objetivou identificar as principais barreiras adoção de veículos elétricos no setor de logística em centros urbanos com um enfoque especial para a cidade de São Paulo. Foi realizada uma pesquisa de campo com o levantamento de barreiras e medidas de adoção de veículos elétricos de carga na literatura por meio de uma pesquisa bibliográfica sistemática, foi realizada uma entrevista com representantes de uma empresa que já utiliza veículos elétricos de carga na cidade de São Paulo e foi veiculado um questionário a operadores logísticos que atuam na cidade. Os dados obtidos na revisão sistemática da literatura serviram de base para a construção do questionário e a entrevista e as respostas do questionário foram avaliadas por uma abordagem qualitativa com a finalidade de descobrir quais as principais barreiras e quais as medidas mais eficientes para o contexto da cidade de São Paulo. Concluiu-se que as barreiras econômicas como o custo inicial do veículo e das baterias são a principal barreira, seguida da ausência de infraestrutura de recarga e que as medidas que podem acelerar a adoção destes veículos compreendem medidas fiscais e financeiras e medidas operacionais como o fornecimento de subsídios para compra do veículo e para instalação de postos de recarga particulares e aumento em investimentos de infraestrutura pública de recarga.

Palavras-chave: Veículos Elétricos, Operação de Última Milha, Transporte de Carga.

ABSTRACT

The increase in population growth in addition to the increasing of the urbanization rate and the intense use of the road transport lead to several problems in urban centers, such as traffic congestion, acoustic pollution, air pollution and vibrations, thus reducing the living quality from people. Freight transportation in urban centers represents a significant part of these impacts. With the worldwide trend of reduction in greenhouse gas emissions and Brazil's commitment to COP 21 to reduce their emissions rates in the next few years, the issue of emissions from freight transport will have a major influencer and so be targeted, and strategies for mitigation of impacts and optimization of technologies. Some actions can be taken, including among them the adoption of cleaner technologies, such as the use of electric vehicles, which show a worldwide trend and, in addition to the benefits of lower greenhouse gas and carbon dioxide emissions in urban centers, emission of other pollutants such as aldehydes nitrous oxides that are responsible for numerous diseases. However, the use of electric vehicles still has a low adhesion, mainly in Brazil and even less when it comes to electric vehicles for freight transportation in the logistics sector. Considering this context, this research is aimed to identify ways to accelerate the adoption of electric vehicles in the logistics sector in urban centers with a special focus on the city of São Paulo. A field survey was carried out joined by a research of barriers and measures of adoption of electric vehicles of load in the literature through a structured bibliographical research, an interview was made with representatives of a company that already uses electric vehicles of load in the city of São Paulo and a questionnaire was sent to logistics operators operating in the city. The data obtained in the structured review served as the basis for the construction of the questionnaire and the interview and the responses of the questionnaire were evaluated by a qualitative approach with the purpose of discovering the main barriers and what the most efficient measures for the context of the city of São Paulo. It was concluded that economic barriers such as the initial cost of the vehicle and batteries are the main barrier followed by lack of recharging infrastructure, and that measures that can accelerate the adoption of these vehicles include fiscal and financial measures and operational measures such as supply of subsidies for the purchase of the vehicle and for the installation of private recharging stations and an increase in investments of public recharge infrastructure.

Keywords: Electric Vehicles, Last Mile Operation, Load Transport.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABOL	Associação Brasileira de Operadores Logísticos
ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CDU	Centro de Distribuição Urbana
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COP 21	21º Conferência das Partes
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
Eletropaulo	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S. A.
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GEE	Gases de Efeito Estufa
IEE	Instituto de Eletrotécnica e Energia
Inovar-Auto	Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores
IPVA	Imposto a Propriedade de Veículo Automotor
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
ONU	Organização das Nações Unidas
PBT	Peso Bruto Total
PBTC	Peso Bruto Total Combinado
USP	Universidade de São Paulo
VCC	Veículos de Célula de Combustível
VCE	Veículo Comercial Elétrico
VCI	Veículos a Combustão Interna
VCL	Veículos Comerciais Leves
VEH	Veículos Elétricos Híbridos
VER	Vias Estruturais Restritas
VEs	Veículos elétricos
VPEs	Veículos Puramente Elétricos
VUC	Veículos Urbanos de Carga
ZERC	Zona Especial de Restrição de Circulação

ZMRC

Zona de Máxima Restrição de Circulação

LISTA DE SÍMBOLOS

CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO _{2eq}	Dióxido de Carbono Equivalente
MP	Material Particulado
N ₂ O	Óxido Nitroso
NiMH	Níquel-Hidreto Metálico
NMHC	Hidrocarbonetos
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
PbA	Chumbo-Ácido
SF ₆	Hexanofluoreto de Enxofre
SO ₂	Dióxido de Enxofre

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Emissão de GEE na região metropolitana de São Paulo no ano de 2016.....	27
Tabela 2: Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na região metropolitana de São Paulo	28
Tabela 3: Potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de efeito estufa.	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da dissertação	22
Figura 2: Cadeia Logística.....	24
Figura 3: Definição das categorias de veículos	26
Figura 4: Malefícios causados por gases poluentes	29
Figura 5: Rodízio de carros e caminhões.....	30
Figura 6: Mapas das restrições de circulação de veículos de carga.....	31
Figura 7:Vantagens e desvantagens de alternativas tecnológicas para o transporte rodoviário, em relação a combustíveis convencionais	33
Figura 8:Esquema do sistema de propulsão elétrico plug-in.....	34
Figura 9: Características dos veículos puramente elétricos (VPE), veículos híbridos (VH) e veículos de célula de combustível (VECC)	36
Figura 10: Tipos de carreamentos para veículos elétricos, suas descrições, vantagens e desvantagens.....	40
Figura 11: Tipos de carregamento de acordo com o nível de recarga.....	40
Figura 12: Tipos de receptores e seus <i>plugs</i>	41
Figura 13: Análise comparativa de alguns parâmetros de VCE	43
Figura 14: Modelos de VCE no Brasil.	44
Figura 15: Geração de energia elétrica por fontes, no Brasil, no ano de 2016.....	45
Figura 16:Instituições, Projetos e Empresas de Apoio a eletromobilidade no Brasil.....	49
Figura 17: Resultados obtidos na primeira fase do projeto Emotive.....	50
Figura 18: IVECO Daily elétrico.....	51
Figura 19: Síntese das etapas e procedimentos técnicos desta pesquisa	69
Figura 20: Periódicos considerados após a revisão sistemática da literatura	71
Figura 21: Barreiras a adoção de VCE e suas respectivas soluções, encontradas na literatura	77
Figura 22: Formas de acelerar a adoção de VCE encontradas na literatura	80
Figura 23: Características técnicas dos veículos adotados pela empresa X	83
Figura 24: Problemas na adoção de veículos de carga elétricos da empresa X.....	85
Figura 25: Comparativo entre barreiras a adoção de veículos elétricos para o transporte de carga por diferentes fontes.....	90
Figura 26: Comparaçao de importância das medidas para adoção de veículos elétricos de carga.....	92

Figura 27: Principais barreiras a adoção de veículos elétricos de carga para a cidade de São Paulo	93
Figura 28: Principais medidas para adoção de veículos de carga elétricos na cidade de São Paulo	94

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.1.1	Questão de Pesquisa	19
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Geral	20
1.2.2	Específicos.....	20
1.3	JUSTIFICATIVA	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	TRANSPORTE DE CARGAS	23
2.1.1	Transporte de carga em área urbana.....	23
2.1.2	Caracterização da frota	25
2.1.3	Emissão de poluentes.	27
2.1.4	Políticas para transporte de carga.....	30
2.2	VEÍCULOS COMERCIAIS ELÉTRICOS (VCES): CONCEITOS E DEFINIÇÕES	32
2.2.1	Veículos puramente elétricos (VPE)	36
2.2.2	Veículos Elétricos Híbridos e Híbridos <i>Plug-in</i> (VEHs)	38
2.2.3	Veículos Elétricos de célula de combustível (VCC)	38
2.3	INFRAESTRUTURA.....	39
2.3.1	Panorama do mercado	42
2.3.2	Geração de energia	45
2.4	POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO À COMPRA E USO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	46

2.4.1	Projeto Veículo Elétrico Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do setor de Energia Elétrica da Agência Nacional de Energia Elétrica.....	50
2.4.2	Projeto Veículo Elétrico (ITAIPU)	51
2.5	APRESENTAÇÃO DA LITERATURA ENCONTRADA NA PESQUISA SISTEMÁTICA.....	51
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	68
3.1	DELINAEAMENTO DA PESQUISA.....	68
3.2	PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS.....	71
3.3	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS	73
3.4	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	73
4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	75
4.1	IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E MEDIDAS DE INCENTIVO.....	75
4.2	ENTREVISTA.....	83
4.3	LEVANTAMENTO DE DADOS COM OPERADORES LOGÍSTICOS	85
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	94
	REFERÊNCIAS.....	98
	ANEXO A – VIAS ABRANGIDAS PELO VER.1º DO ART 2º DA POTARIA 31/16	
	SMT.GAB.....	105
	ANEXO B – VIAS ABRANGIDAS PELO VER.2º DO ART 2º DA POTARIA 31/16	
	SMT.GAB.....	106
	ANEXO C – VIAS ABRANGIDAS PELO VER.3º DO ART 2º DA POTARIA 31/16	
	SMT.GAB.....	107
	ANEXO D – VIAS ABRANGIDAS PELO VER.4º DO ART 2º DA POTARIA 31/16	
	SMT.GAB.....	108
	ANEXO E – EXCEPCIONALIDADES PARA A ZMRC	110

ANEXO F – EXCEPCIONALIDADES PARA A ZERC.....	111
ANEXO G – EXCEPCIONALIDADE PARA AS VER ABRANGIDAS PELO PRIMEIRO VERSÍCULO DO ARTIGO SEGUNDO DA PORTARIA 31/16 SMTGAB.....	112
ANEXO H – EXCEPCIONALIDADE PARA AS VER ABRANGIDAS PELO SEGUNDO VERSÍCULO DO ARTIGO SEGUNDO DA PORTARIA 31/16 SMTGAB.....	113
ANEXO I – EXCEPCIONALIDADE PARA AS VER ABRANGIDAS PELO TERCEIRO VERSÍCULO DO ARTIGO SEGUNDO DA PORTARIA 31/16 SMTGAB.....	114
ANEXO J – EXCEPCIONALIDADE PARA AS VER ABRANGIDAS PELO QUARTO VERSÍCULO DO ARTIGO SEGUNDO DA PORTARIA 31/16 SMTGAB....	115
ANEXO K – POSTOS DE RECARGA DE VES NA CIDADE DE SÃO PAULO	116
ANEXO L – GÁS CARBÔNICO EQUIVALENTE	117
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SUBMETIDO AOS ESPECIALISTAS.....	118

1 INTRODUÇÃO

O aumento da temperatura global, as mudanças climáticas e o aumento nas emissões de gás carbônico [CO₂] no último século levaram os países das Organizações das Nações Unidas [ONU] a assinar, em 2015, o acordo de Paris, também conhecido como 21º Conferência das Partes [COP 21]. Neste tratado os países signatários firmaram o objetivo de limitar o aumento da temperatura global em 2º C acima dos níveis pré-industriais (Marcovitch, 2016).

O Brasil, como país signatário, se comprometeu a reduzir as emissões de gases de efeito estufa [GEE] em 37% abaixo dos níveis de 2005, até o ano de 2025 e em 43% abaixo dos níveis de 2005, até o ano de 2030 (Marcovitch, 2016).

O Brasil também se comprometeu a promover novos padrões de tecnologias limpas, ampliar medidas de eficiência energética e de infraestrutura de baixo carbono, alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na matriz energética até 2030, aumentando de 28% para 33% a participação de fontes renováveis de energia além da hídrica (Marcovitch, 2016).

Da poluição atmosférica gerada no ano de 2017, na região metropolitana de São Paulo, 81,42 % foi devido ao setor de transportes, sendo que, dentro deste setor, o transporte de carga foi responsável por 24,6% das emissões (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB], 2017).

A comissão europeia se propôs a reduzir 60% das emissões de GEE no setor de transporte até 2050, em comparação com os níveis de 1990. Para atingir estes objetivos a comissão europeia almeja diminuir pela metade o uso de veículos convencionais nos centros urbanos até 2030 e eliminá-los até 2050. Como parte desta estratégia a comissão se comprometeu a tornar o transporte de carga livre de emissões de gás carbônico até 2030. Dentre as diversas opções propostas para atingir estes objetivos a mais promissora foi a adoção de veículos elétricos, principalmente no setor de logística (Giordano, Fischbeck, & Matthews, 2018).

Como o Brasil possui uma matriz energética limpa, o uso de veículos elétricos vem sendo estudado como uma das ações a serem implementadas no setor (Marcovitch, 2016).

Veículos elétricos são aqueles que possuem uma fonte de propulsão elétrica e não apenas auxiliam na redução de emissão de GEE, como reduzem a emissão de outros poluentes

atmosféricos como NO_x, aldeídos e ozônio, que causam danos à saúde humana e se encontram mais concentrados em ambientes urbanos. Eles também minimizam os níveis de ruído e vibrações promovendo melhoria na qualidade de vida da população e possuem um rendimento superior ao dos veículos a combustível (Lindholm & Behrends, 2012).

No entanto, tanto a legislação quanto os setores de pesquisa têm um enfoque muito grande no que diz respeito às tecnologias de veículos elétricos para transporte de passageiros e pouco se discute a respeito da inovação no transporte de cargas (Pascoal, Furtado, & Ferreira Filho, 2018).

Nos centros urbanos, o ramo da logística que se sobressai é aquele conhecido como transporte de última milha, do inglês *last mile*, que consiste na entrega do produto ao consumidor final, seja ele pessoa física ou varejo (Faccio & Gamberi, 2015).

É crescente a tendência mundial a adoção destes veículos, entretanto os estágios de adoção de cada país são diferentes, no Brasil a adoção ainda possui um caráter embrionário e pouco se sabe sobre seus custos, para empresas, setor público e sociedade, seus impactos e sua logística. É importante aprimorar os estudos a respeito desta adoção no Brasil visto que é uma tecnologia crescente e de alta tendência e que pode solucionar ou minimizar problemas ambientais, sociais e econômicos (Lindholm & Behrends, 2012).

Desta forma, este trabalho busca analisar as barreiras a adoção de veículos elétricos no transporte de cargas em São Paulo, uma das maiores cidades do Brasil com alta movimentação de insumos e produtos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

É crescente a preocupação mundial a respeito das mudanças climáticas e da emissão de poluentes, principalmente gasosos, decorrente da tendência de urbanização e seu consequente aumento na necessidade de transportes, tanto de pessoas como de mercadorias, para atender as necessidades desta população aumentando o fluxo do transporte de carga urbano bem como seus impactos (Silva & Ferreira, 2017).

Na região metropolitana de São Paulo, no ano de 2017, o setor de transportes foi responsável por aproximadamente 82% da poluição atmosférica gerada, o transporte de carga correspondeu a 25% dessa emissão (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB], 2017).

O transporte de carga urbana cumpre uma importante função levando insumos e produtos e retirando resíduos das grandes cidades. Dentro dos centros urbanos se dá a operação de última milha, com entrega de bens para os destinatários finais e o abastecimento do varejo no geral. Este transporte é realizado por veículos comerciais leves e caminhões, que são majoritariamente movidos a diesel e emitem diversos poluentes acarretando em altas taxas de emissão de GEE e outros gases e compostos que são altamente prejudiciais à saúde humana (Browne, Allen, & Attlassy, 2007; Saldiva, Andrade, Miraglia, & André, 2009; Suksri & Raicu, 2012).

Uma alternativa para diminuir as emissões de poluentes, ruídos e vibrações e assim melhorar a qualidade de vida nos centros urbanos é a adoção de veículos elétricos. No setor de transporte em operação de última milha a adoção destes veículos apresenta significativas vantagens ambientais e econômicas (Wang, Thoben, Bernardo, & Daudi, 2018).

No entanto a adoção destes veículos exige uma infraestrutura bem consolidada e um elevado investimento inicial fazendo com que poucas empresas do setor de logística tenham interesse nesta alternativa (Morganti & Browne, 2018).

Nas macro metrópoles do Brasil soma-se a estas dificuldades a ausência de políticas públicas e reguladoras focados no setor de transporte, a falta de informações e de disponibilidade de mercado, fazendo com que a adoção de veículos elétricos no setor de transporte seja muito onerosa e difícil (Pascoal et al., 2018).

1.1.1 Questão de Pesquisa

A adoção de veículos elétricos no setor de transporte de carga apresenta vantagens econômicas, além de diminuir a emissão de poluentes, ruídos e vibrações. Estes são pontos importantes, principalmente nos centros urbanos onde a alta densidade populacional exige intensa entrega de mercadorias e prestação de serviços e consequentemente intenso tráfego de veículos. Entretanto, no Brasil, o setor não possui adesão a esta tecnologia devido a suas dificuldades de adesão, assim questiona-se:

Quais os desafios a adoção de veículos de carga elétricos na cidade de São Paulo?

1.2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos geral e específicos desta pesquisa.

1.2.1 Geral

Identificar os desafios à adoção de veículos de carga elétricos na cidade de São Paulo

1.2.2 Específicos

- Identificar os desafios à adoção de veículos elétricos no setor de logística em centros urbanos em um contexto global;
- Identificar as possíveis alternativas para a superação dos desafios encontrados para adoção de veículos elétricos em centros urbanos em um contexto global;
- Identificar quais destes desafios e soluções se aplicam à cidade de São Paulo.

1.3 JUSTIFICATIVA

O setor de transporte, principalmente em áreas urbanas, gera impactos socioambientais significativos, como a emissão de GEE, poluentes, elevado nível de ruído, entre outros (Suksri & Raicu, 2012).

Globalmente, diversas ações vêm sendo tomadas para minimizar estes impactos, um exemplo é a comissão europeia que se propôs a tornar o transporte de carga em centros urbanos livre de emissões de gás carbônico até 2030 como parte de seu programa de ações para atingir as metas estabelecidas na 21^a Conferência das Partes [COP-21] da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Giordano et al., 2018).

Na COP- 21 o Brasil assinou um tratado se comprometendo a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, até o ano de 2025 e em 43% abaixo dos níveis de 2005, até o ano de 2030 (Marcovitch, 2016).

Existem muitas iniciativas e projetos voltados ao uso de biocombustíveis e uso de combustíveis menos poluentes no Brasil, e algumas iniciativas e projetos voltados ao uso de veículos elétricos. A maioria dos projetos se dá no transporte de passageiros e transporte coletivo, projetos voltados ao transporte de carga se dão em menores escalas (Marcovitch, 2016).

Veículos elétricos, quando comparados a veículos que utilizam combustíveis menos poluentes e biocombustíveis, como biodiesel e etanol, apresentam a vantagem de não

emitirem poluentes como NO_x, aldeídos e compostos carbonílicos na fonte, de forma que auxiliam na diminuição da poluição do ar nos centros urbanos e na consequente incidência de doenças (Brito et al., 2010; Saldiva et al., 2009).

Para minimizar os impactos causados pelas emissões de poluentes do transporte urbano de carga uma alternativa é a adoção de veículos elétricos, entretanto sua adoção no Brasil é muito baixa devido à dificuldade como ausência de infraestrutura, disponibilidade de modelos no mercado e políticas reguladoras. É importante analisar todos os fatores que influenciam na adoção da tecnologia, as barreiras, as possíveis soluções, os impactos para cada setor e os custos para saber como se dará a evolução da tecnologia e como gerenciar as futuras implantações de forma mais eficiente (Pascoal et al., 2018).

Como São Paulo é uma das maiores cidades do Brasil, podendo ser considerada um importante centro urbano do país, este trabalho se propõe a avaliar medidas para acelerar a adoção de veículos elétricos no setor de transporte de carga em centros urbanos, mais especificamente na cidade de São Paulo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A fim de facilitar o entendimento deste trabalho ele foi separado em seções, conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

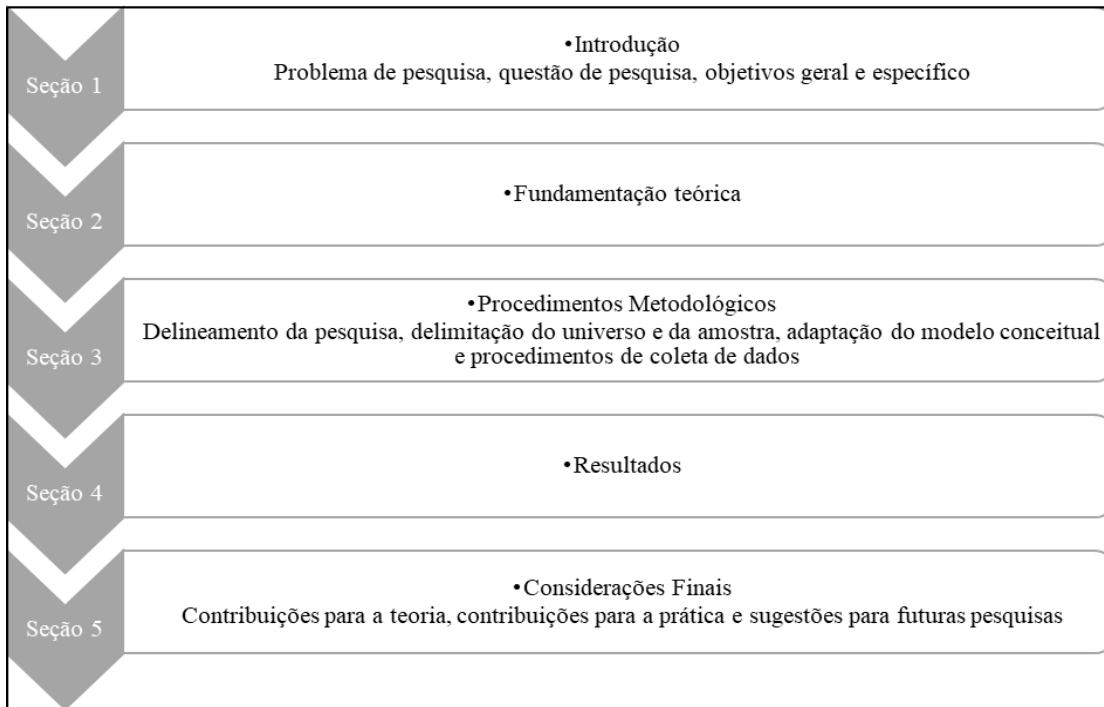


Figura 1: Estrutura da dissertação

Na primeira seção é construída a problematização do tema, são apresentados os objetivos e a pesquisa é justificada com ênfase em sua relevância.

Na segunda seção são apresentados os fundamentos teóricos que embasam a pesquisa.

Na terceira seção apresentam-se os procedimentos metodológicos utilizados e as limitações da pesquisa.

Na quarta seção são apresentados os dados obtidos bem como sua discussão relacionada a teoria.

Na quinta seção são apresentadas as conclusões da pesquisa e sua contribuição para teoria e a prática. Também serão apresentadas sugestões para futuras pesquisas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados o transporte urbano de carga, os conceitos e definições de veículos elétricos, a infraestrutura necessária ao uso de veículos elétricos, as políticas públicas existentes em relação aos mesmos, considerações encontradas na literatura a respeito de sua viabilidade.

2.1 TRANSPORTE DE CARGAS

O transporte de cargas pode ser realizado por diferentes modais de transporte, o marítimo, utilizando navios e barcos, o aéreo, utilizando aeronaves, o ferroviário, utilizando trens e veículos sob trilho e o rodoviário, utilizando veículos automotores. Nas áreas urbanas, normalmente o transporte de cargas é realizado pelo modal rodoviário (Gevaers, Van de Voorde, & Vanelslander, 2011).

O tópico a seguir detalha o transporte de cargas em áreas urbanas e seus impactos.

2.1.1 Transporte de carga em área urbana

Transporte urbano de carga trata do movimento de cargas para, de, por meio de ou dentro de áreas urbanas e pode abranger bens ou serviços que são produzidos ou consumidos pelo sistema urbano. Ele se destaca do transporte de carga no geral pois a transição de veículos, especialmente de grande porte, em áreas urbanas com alta densidade populacional, causa impactos econômicos, sociais e ambientais distintos para o ambiente urbano e necessita de planejamento e políticas específicos (Aditjandra, Galatioto, Bell, & Zunder, 2016).

O transporte de cargas, dentro da logística, pode ser dividido em três etapas distintas, a primeira é conhecida em inglês por *first mile* e em português por primeira milha, é a etapa na qual ocorre o transporte intercontinental, sendo em sua maioria a transferência do fabricante para os centros de distribuição em outros países, a segunda etapa é conhecida em inglês por *middle mile* e em português por milha do meio, e refere-se ao transporte intra continental, normalmente engloba a distribuição das mercadorias do centro de distribuição para os centros de transbordo e a última etapa conhecida em inglês por *last mile* e em português por última

milha é a responsável pela entrega do produto ao consumidor final e a entrega do produto para centros de varejo. Esta é a etapa que ocorre massivamente dentro das áreas urbanas já que é onde se concentra a maior parte da população e do consumo dos bens e serviços e nesta etapa que se concentra o transporte urbano de cargas, como ilustrado na Figura 2 (Ballou, 2001).

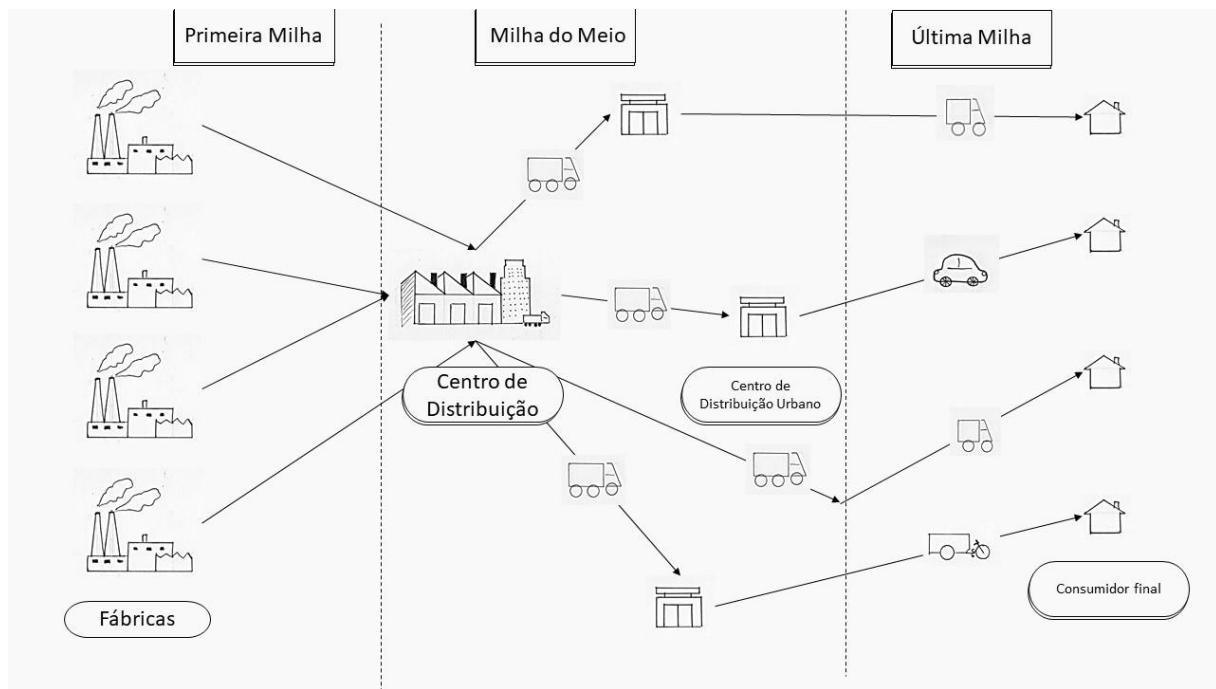


Figura 2: Cadeia Logística

Fonte: Adaptado de Ballou (2011)

Usualmente, no transporte de última milha, os veículos pegam a mercadoria nos centros de distribuição urbanos [CDU] que se encontram próximos a cidade e realizam a entrega aos consumidores finais, sejam eles pessoas físicas ou varejistas, dentro do perímetro urbano (Faccio & Gamberi, 2015).

A última milha é uma das partes mais dispendiosas, menos eficientes e mais poluentes de toda a cadeia logística, isso se dá devido a muitas viagens desnecessárias que ocorrem quando o consumidor não se encontra no local ou o endereço oferecido não é correto e a entrega não pode ser realizada, ineficiência na rotina dos funcionários fazendo com que trabalhem em excesso ou em turnos desregulados e consequentemente fiquem mais cansados e estressados diminuindo seu rendimento, falta de densidade de entrega em uma mesma área de forma que o veículo vai quase vazio ou com pouca carga para esta região. Todos estes fatores aumentam o custo do frete e as emissões de poluentes (Gevaers et al., 2011).

Com o crescimento das cidades e da taxa de urbanização houve uma crescente também na necessidade de bens e de serviços, fazendo com que o transporte de carga em áreas urbanas

aumentasse e consequentemente agravasse os problemas de congestionamentos, poluição, vibrações e ruídos, afetando a qualidade de vida das pessoas. Além disso, os veículos para transporte de carga são maiores e mais pesados que veículos de passeio e encontram dificuldade para circular entre a elevada quantidade de veículos que trafegam pelos centros urbanos (Oliveira, 2014).

Este estudo comprehende centro urbano como sendo a região de uma cidade com maior movimentação e concentração das atividades comerciais e financeiras. O centro urbano estudado é a cidade de São Paulo.

Na região metropolitana de São Paulo o principal modal de transporte é o rodoviário, tanto para cargas quanto para pessoas. Para cargas este modal é o único disponível e com isso o transporte de carga é todo realizado por veículos automotores. Esse cenário agrava a situação de emissão de poluentes pelo setor (Silveira, 2009).

O próximo tópico apresenta uma caracterização da frota circulante na região metropolitana de São Paulo e seus impactos para a região.

2.1.2 Caracterização da frota

Existem distintas classificações para os veículos de carga. Neste trabalho será utilizada a classificação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB], apresentada no Relatório de Emissões Veiculares do Estado de São Paulo 2016 (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB], 2017).

De acordo com esta classificação, os veículos de carga se distinguem por seu peso bruto total [PBT] em: comercial leve (menor que 3,8 toneladas), caminhão semi leve (de 3,8 a 6 toneladas), caminhão leve (de 6 a 10 toneladas), caminhão médio (de 10 a 15 toneladas), caminhão semipesados (de 15 a 40 toneladas) e caminhão pesado (maior que 40 toneladas), como apresentado na Figura 3 (CETESB, 2017).

Categorias	Motor/Combustível		Definição
Automóveis	Otto	Gasolina C	Veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, inclusive o condutor
		Etanol Hidratado	
		Flex-fuel	
Comerciais Leves	Otto	Gasolina C	Veículo automotor destinado ao transporte de pessoas ou carga, com PBT até 3.856 kg (1)
		Etanol Hidratado	
		Flex-fuel	
Motocicletas	Otto	Diesel	Veículo automotor de duas rodas, com ou sem side-car, dirigido em posição montada
		Gasolina C	
		Flex-fuel	
Caminhões Semileves (3,8 t < PBT < 6 t)	Diesel		Veículo automotor destinado ao transporte de carga, com carroceria, e PBT superior a 3.856 kg
Caminhões Leves (6 t <= PBT < 10 t)			
Caminhões Médios (10 t <= PBT < 15 t)			
Caminhões Semipesados (15 t <= PBT e PBTC < 40 t)			
Caminhões Pesados (15 t <= PBT e PBTC >= 40 t)			
Ônibus Urbanos	Diesel		Veículo automotor de transporte coletivo dentro do município, de uso intermunicipal nas regiões metropolitanas e os midi-ônibus
Micro-ônibus			Veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para até vinte passageiros para uso urbano, intermunicipal ou rodoviário, incluindo os mini-ônibus
Ônibus Rodoviários			Veículo automotor de transporte coletivo para transporte entre municípios, interestadual, internacional, turismo, fretamento e os especiais

Figura 3: Definição das categorias de veículos

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017)

Notas: PBT – Peso Bruto Total

PBTC – Peso Bruto Total Combinado

(1) Resolução CONAMA 15/1995 (26)

Na região metropolitana de São Paulo, em 2016, a quantidade de veículos para transporte de carga se aproximou de dois milhões e meio de veículos dos quais 81,5% eram comerciais leves e 18,5% caminhões e, dentre os caminhões, 8% eram semi leves, 25,5% leves, 14,7% médios, 25,3% semipesados e 26,5% pesados. A frota circulante de veículos comerciais leves é composta de 337.421 veículos movidos a gasolina, 9.577 veículos movidos a etanol hidratado, 415.113 veículos movidos a tecnologia *flex fuel* e 185.679 veículos movidos a diesel. Ou seja, 43,8% dos veículos comerciais leves são movidos a *flex fuel*, 35,6% são movidos a gasolina, 19,6% são movidos a diesel e 1% são movidos a etanol. Os caminhões são todos movidos a diesel (CETESB, 2017).

O tipo de frota veicular utilizado pode impactar nos custos por meio do consumo de combustíveis, da utilização de capacidade máxima de carga, métodos de carga e descarga,

segurança etc. Os veículos mais comumente utilizados dentro das áreas urbanas e em operações de última milha são veículos utilitários e os veículos urbanos de carga [VUC] (Gevaers et al., 2011).

Por esta razão, este estudo tem um foco maior nos veículos comerciais leves com peso bruto total de até 3,8 toneladas.

A seguir são apresentadas as emissões de poluentes e seus impactos a saúde humana com base nos tipos de combustíveis utilizados pelos veículos de transporte de carga.

2.1.3 Emissão de poluentes.

Em 2015 o setor de energia foi responsável por 33% da emissão de GEE no Brasil, seguido pelo setor de agropecuária 31%, mudanças de uso da terra e floresta 24%, processos industriais 7% e tratamento de resíduos 5%. O setor de energia se caracteriza por emissões devido a queima de combustíveis fósseis, o que engloba uso de veículos a combustão (Ministério das Ciências, Tecnologia, Inovações Comunicações, 2017).

Os veículos foram responsáveis pela emissão de 14.137 mil toneladas de gás carbônico equivalente (o cálculo para gás carbônico equivalente é apresentado no Anexo L) na região metropolitana de São Paulo em 2016, dos quais 42,7% foram emitidos por veículos de transporte de carga, sendo 21,5% de veículos comerciais leves e 21,2% de caminhões (todas as categorias) como apresentado na Tabela 1 (CETESB, 2017).

Tabela 1: Emissão de GEE na região metropolitana de São Paulo no ano de 2016

Categoria	Combustível	mil ton CO ₂ eq	%	%
Automóveis	Gasolina	2.979	21,1	44
	Etanol	7	0,0	
	<i>Flex</i> gasolina	3.068	21,7	
	<i>Flex</i> etanol	130	0,9	
Comerciais leves	Gasolina	798	5,6	
	Etanol	0,5	0,0	
	<i>Flex</i> gasolina	533	3,8	21,5
	<i>Flex</i> etanol	20	0,1	
Caminhões	Diesel	1.689	11,9	
	Diesel	2.994	21,2	21,2
	Ônibus	1.564	11,1	11,1
	Gasolina	319	2,3	2,5
Motocicletas	<i>Flex</i> gasolina	36	0,3	
	Total	14.137,5	100	100

Fonte: CETESB (2017)

Na categoria dos veículos comerciais leves, das 3.040 mil toneladas de gás carbônico equivalente foram emitidos 55,6% foram emitidos por veículos movidos a diesel, 26,2% por veículos movidos a gasolina, 17,5% por veículos *flex fuel* majoritariamente abastecidos com gasolina, 0,66% de veículos *flex fuel* majoritariamente abastecidos com etanol e 0,01% por veículos movidos a etanol (CETESB, 2017).

Pode-se notar que na região metropolitana de São Paulo, para o transporte de carga, os veículos comerciais leves foram os principais responsáveis pelas emissões de gás carbonico equivalente e, dentro desta categoria, os veículos movidos a diesel tem importante impacto nas emissões, bem como os caminhões que são movidos a diesel (Brito et al., 2010).

Além das emissões de GEE, que englobam o dióxido de carbono [CO₂], metano [CH₄], óxido nitroso [N₂O], perfluorcarbonos, hidrofluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre [SF₆], os veículos automotores também emitem outros poluentes como monóxido de carbono [CO], hidrocarbonetos [NMHC], óxidos de nitrogênio [NO_x], material particulado [MP], dióxido de enxofre [SO₂] e aldeídos (Brito et al., 2010).

Soma-se a isso poluentes secundários como o ozônio [O₃] gerado pela reação fotoquímica de compostos orgânicos voláteis e do NO₂ na presença de raios ultravioletas provenientes do sol (Arbex et al., 2012).

A emissão destes gases, no ano de 2016, na região metropolitana de São Paulo, bem como a porcentagem relativa a emissão de veículos e especificamente a emissão de veículos comerciais leves pode ser vista na Tabela 2 (CETESB, 2017).

Tabela 2: Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na região metropolitana de São Paulo

	CO	HC	NOx	MP	SOx
Emissões gerais (mil ton)	133,21	39,12	78	5	6,73
Emissões veiculares (%)	96,9	76,3	66,6	40,0	16,9
Emissões de VCL (%)	10,01	10,37	6	4,85	3,29

Fonte: CETESB (2018)

Os automóveis são os principais responsáveis pela geração de CO e hidrocarbonetos devido ao uso majoritário de gasolina e os caminhões foram os principais responsáveis pela emissões de NO_x, MP e SO₂, proveniente da queima do diesel (CETESB, 2017).

Esses gases são responsáveis por algumas doenças e malefícios a saúde humana, como demonstra a Figura 4.

Poluentes	Fontes	Penetração no sistema respiratório	Fisiopatologia
PTS	Fontes antropogênicas: poeira da rua e de estradas, atividades agrícolas e de construções. Fontes naturais: sal marinho, pólen, esporos, fungos e cinzas vulcânicas.	Nariz, garganta	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Causa estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pulmonar e sistêmica. Exposição crônica produz remodelamento brônquico e DPOC. Pode ser cancerígeno.
MP ₁₀		Traqueia, brônquios, bronquíolos	
MP _{2,5}	Queima de combustíveis fósseis e de biomassa, usinas termoelétricas	Alvéolos	
MP _{0,1}		Alvéolos, tecido pulmonar, corrente sanguínea	
O ₃	Não é emitido diretamente na atmosfera. Sua formação ocorre através de reações químicas complexas entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO _x) na presença de luz solar. A luz solar e a temperatura estimulam tais reações, de tal forma que em dias ensolarados e quentes, ocorrem picos de concentração de ozônio. As fontes de emissões de COVs e NO _x são veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que usam solventes	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	É um agente oxidante fotoquímico e muito irritante. Provoca inflamação da mucosa do trato respiratório. Em altas concentrações, irrita os olhos, mucosa nasal e da orofaringe. Provoca tosse e desconforto torácico. Exposição por várias horas leva a lesão no tecido epitelial de revestimento das vias aéreas. Provoca inflamação e obstrução das vias aéreas a estímulos como o frio e exercícios.
NO _x , NO ₂	Fontes antropogênicas: indústrias de ácido nítrico e sulfúrico e de motores de combustão (principal fonte), queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações. Fontes naturais: descargas elétricas na atmosfera.	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório inferior. Aumenta a reatividade brônquica e a suscetibilidade às infecções e aos alérgenos. É considerado um bom marcador da poluição veicular.
SO ₂	Fontes antropogênicas: refinarias de petróleo, veículos a diesel, fornos, metalurgia e fabricação de papel. Fontes naturais: atividade vulcânica.	Vias aéreas superiores, traqueia, brônquios, bronquíolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório. Causa tosse e aumenta a reatividade brônquica, facilitando a broncoconstricção
CO	Fontes antropogênicas: queimadas florestais, combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos e transportes rodoviários. O setor que mais contribui para as emissões desse poluente são as áreas urbanas com tráfego intenso. Fontes naturais: erupções vulcânicas e decomposição da clorofila.	Alvéolos, corrente sanguínea	União com a hemoglobina, interferindo no transporte de oxigênio. Provoca cefaleia, náuseas e tontura. Tem efeito deletério sobre o feto. Está associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal

PTS: partículas totais em suspensão; MP: material particulado; MP₁₀: MP com menos de 10 µm de diâmetro; MP_{2,5}: MP com menos de 2,5 µm de diâmetro; e MP_{0,1}: MP com menos de 0,1 µm de diâmetro. Adaptado de Kunzli et al.^[6]

Figura 4: Malefícios causados por gases poluentes

Fonte: Arbex et al. (2012)

O uso de biodiesel, embora diminua as emissões de PM, CO, SO₂ e HC, aumenta as emissões de NO_x, de forma que ainda causa um significativo impacto ambiental e a saúde humana (Brito et al., 2010).

O etanol apresenta melhor eficiência de combustão com excesso de ar e consequentemente menor emissão de CO, porém apresenta maiores emissões de aldeídos, principalmente acetaldeído (80%) e formaldeídos (20%) (Guarieiro, Vasconcellos, & Solci, 2011), além de maiores emissões de compostos carbonílicos e das emissões provenientes da queima da cana para produção do etanol (Saldiva et al., 2009).

Os aldeídos, além de sua toxicidade direta a saúde humana como neoplasias do trato respiratório, são precursores em reações de formação de ozônio, que também impacta a saúde humana. O formaldeído é mais presente na queima do diesel e do biodiesel enquanto o acetaldeído é mais presente na queima do etanol (Saldiva et al., 2009).

Estes poluentes têm sua toxicidade a saúde humana agravada pelos cenários urbanos que promovem maior concentração de emissões em um único espaço fazendo com que a concentração dos poluentes seja maior nestes ambientes (Saldiva et al., 2009).

2.1.4 Políticas para transporte de carga

Nesta subseção serão apresentadas as principais políticas públicas no município de São Paulo para o transporte urbano de carga.

Na cidade de São Paulo existe a operação Horário de Pico, mais conhecida como Rodízio, que restringe a circulação de carros e caminhões de acordo com a combinação do final da placa e o dia da semana, como apresentado na Figura 5.

Final da placa	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
0 e 1	2 e 3	4 e 5	6 e 7	8 e 9	

Figura 5: Rodízio de carros e caminhões

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego [CET] (2018)

A cidade de São Paulo em parceria com a Companhia de Engenharia de Tráfego [CET] adotou medidas que restringem a circulação de caminhões na cidade e estimulam o abastecimento noturno, estas medidas são determinadas pelo Decreto nº 56.920 de 08 de Abril

de 2016 que estabelece conceitos e normas para o trânsito de caminhões no município de São Paulo. O decreto determina áreas de restrição de circulação para caminhões, apresentadas na Figura 6.

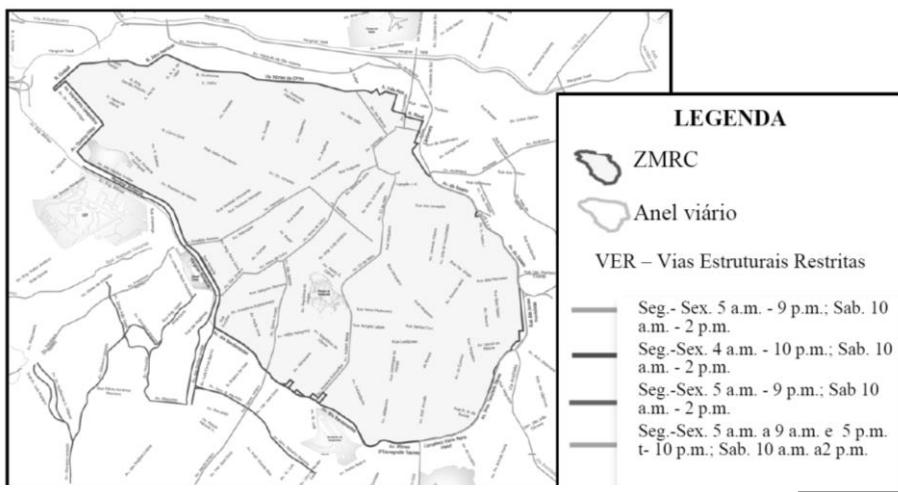


Figura 6: Mapas das restrições de circulação de veículos de carga

Fonte: CET (2018).

A ZMRC é a Zona de Máxima Restrição de Circulação, uma área á do Município de São Paulo com restrição ao trânsito de caminhões, que contêm núcleos de comércio e de serviços. Foi elaborada com a intenção de promover o abastecimento noturno do comércio local. Nesta região caminhões não podem circular de segunda a sexta das 5h às 21h e aos sábados das 10h às 14h. Veículos que contenham autorização especial e estejam transportando produto alimentício podem circular das 5h às 12h. Veículos urbanos de carga tem liberação de circulação (CET, 2018).

O Anel Viário é a área que delimita a zona na qual atua o rodízio de carros e caminhões (CET, 2018).

As VER são as Vias Estruturais Restritas, listadas nos Anexos A à D, são vias como rodovias e viadutos de grande circulação e utilizadas para percorrer longas distâncias na cidade. Nelas o tráfego de caminhões é proibido de segunda a sexta das 5h às 21h e aos sábados das 10h às 14h. Veículos que contenham autorização especial e estejam transportando produto alimentício podem circular das 5h às 12h. Veículos urbanos de carga tem liberação de circulação (CET, 2018).

Existe ainda a ZERC que é a Zona Especial de Restrição de Circulação, área do município composta por zonas exclusivamente residenciais na qual os caminhões não podem

circular, inclusive os VUCs, exceto alguns prestadores de serviço, sob condições regulamentadas (CET, 2018).

Exceções a estas regras de restrição de circulação existem e são definidas para cada tipo de restrição, sendo que somente veículos cadastrados e devidamente autorizados podem transitar nos horários de restrição caso a legislação vigente preveja isso (CET, 2018).

Os Anexos E a J apresentam as exceções pontuadas na legislação e seus respectivos horários permitidos para circulação (CET, 2018).

Uma alternativa tecnológica ao uso dos atuais veículos comerciais leves [VCL] e VUCs movidos a ciclo Otto ou ciclo Diesel são seus similares movidos a energia elétrica. Veículos com essa energia motriz tem características específicas de funcionamento e alguns componentes diferentes que são descritos na seção a seguir.

2.2 VEÍCULOS COMERCIAIS ELÉTRICOS (VCES): CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Considerando as necessidades de minimizar poluição ambiental, várias formas de propulsão alternativa surgiram e são utilizadas. A Figura 7 apresenta uma síntese de suas vantagens e desvantagens. Nesta seção serão apresentadas algumas considerações sobre as tecnologias de propulsão híbrida, de célula de combustível e elétrica.

Alternativa	Vantagens	Desvantagens
Propulsão a gás (gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural comprimido (GNC))	<ul style="list-style-type: none"> Redução de emissão de GEE Redução de poluição sonora 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento no consumo de combustível Pode acumular embaixo do veículo em caso de vazamento
Biocombustível (Biodiesel, bioetanol, biogás)	<ul style="list-style-type: none"> Independência do petróleo Redução nas emissões de GEE Redução nas emissões de PM, CO, SO₂ e HC 	<ul style="list-style-type: none"> Equilíbrio energético desfavorável comparado ao petróleo Degradação do meio ambiente para áreas de cultivo Competição pelas áreas com cultivo de alimentos Maior emissão de NO_x (biodiesel) Maior emissão de aldeídos (etanol)
Propulsão híbrida	<ul style="list-style-type: none"> Redução no consumo de combustível Redução na emissão de poluentes atmosféricos Redução na poluição sonora 	<ul style="list-style-type: none"> Grande peso e dimensão dos veículos devido a estrutura e peso das baterias Alto preço de aquisição
Célula a Combustível	<ul style="list-style-type: none"> Emissão apenas de vapor d'água Recursos naturais e hidrogênio praticamente ilimitados 	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade em manter o hidrogênio no estado líquido Risco de acidentes, o vazamento de hidrogênio faz uma mistura explosiva com o ar e possui chama incolor Falta de infraestrutura para fornecimento de hidrogênio na maioria dos países
Propulsão elétrica	<ul style="list-style-type: none"> Eliminação de componentes pesados como caixa de câmbio e embreagens Não emite gases em seu funcionamento Redução quase total da poluição sonora Pode ser carregado em uma tomada elétrica de fácil instalação 	<ul style="list-style-type: none"> Alto tempo de recarga da bateria <ul style="list-style-type: none"> Grande peso da bateria Alto preço de aquisição, principalmente para baterias com melhor parâmetro de carregamento Baixa autonomia Baixo limite de velocidade

Figura 7:Vantagens e desvantagens de alternativas tecnológicas para o transporte rodoviário, em relação a combustíveis convencionais

Fonte: Adaptado de Iwan et al. (2014).

Veículos elétricos [VEs] são aqueles tracionados, em parte ou completamente, por um motor elétrico que tem sua energia proveniente de baterias (Iwan et al., 2014).

Sua carroceria é igual a de veículos a combustão interna, de forma que visualmente não se pode perceber diferença entre eles. Em seu funcionamento esta diferença é pontuada pela redução nos ruídos. Tais veículos substituem o tradicional motor a combustão e tanque de combustível por um motor elétrico, controlador e conjunto de baterias recarregáveis. As baterias armazenam a energia elétrica que é enviada ao motor, somente na quantidade necessária. Essa gestão de energia é feita pelo controlador, como esquematizado na Figura 8 (Racz, Muntean, & Stan, 2015).

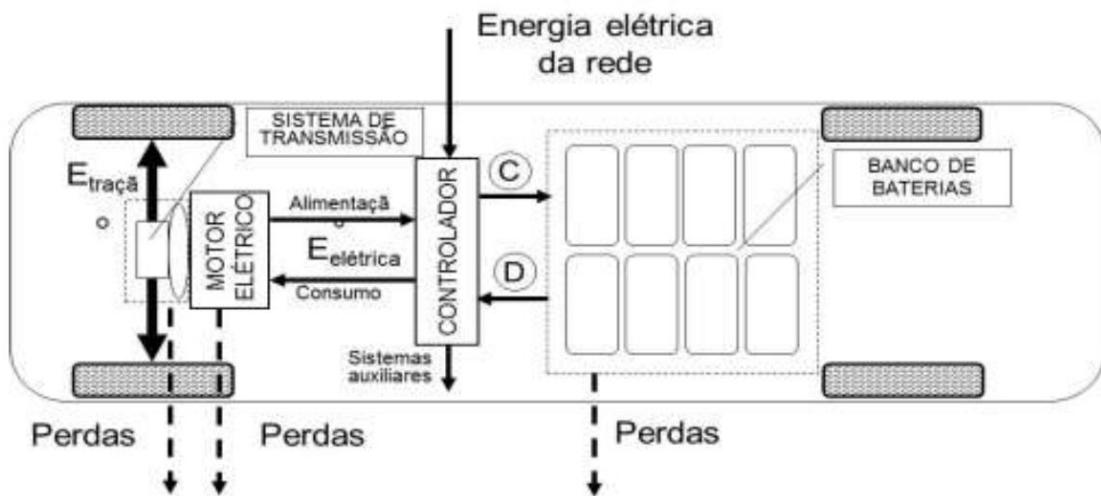


Figura 8:Esquema do sistema de propulsão elétrico plug-in.

Notas: C- carga; D – descarga; $E_{elétrica}$ – energia elétrica; $E_{traçã}$ – Energia mecânica disponível no eixo de tração.

Fonte: D'Agosto (2015).

Os VEs datam de 1834, e as células de combustível tiveram seu início em 1839. Os VEs eram na época comuns na Europa. Eles surgiram praticamente junto com os veículos a combustão interna [VCI]. Os veículos elétricos híbridos [VEH] surgiram em 1898 com seu primeiro modelo desenvolvido pelo alemão Dr. Ferdinand Porsche. Apesar de alguns avanços tecnológicos na época, como o aprimoramento dos modelos e a solução de alguns problemas tais como ruído e odor por Henry Ford em 1904, ambos sofreram grande declínio de interesses devido a barreiras tecnológicas, principalmente relacionadas as baterias e foram considerados inapropriados tecnicamente em torno de 1930 (Chan, 2007).

Com o embargo árabe e a crise do petróleo em 1970, os projetos de VEs e VEHs foram revividos e passaram a ser estudados, de forma lenta, porém crescente até os dias atuais. As células de combustível tiveram seu auge durante o programa Apolo em 1950 e

sendo introduzidas como tecnologia veicular em 1967, quando a General Motors produziu um veículo a célula de combustível a hidrogênio para uso interno. Em 1997 a Toyota vendeu seu primeiro modelo elétrico no Japão, o Toyota Prius. A busca por essas tecnologias se tornou crescente nas últimas décadas devido as rigorosas legislações europeias sobre emissão de poluentes e utilização de combustíveis fósseis. Os veículos a células de combustível também apresentaram avanços tecnológicos ao longo das décadas, principalmente os veículos maiores, como caminhões e ônibus, por possuírem mais espaço para carregar os tanques de hidrogênio necessários, porém o avanço desta tecnologia é mais lento porque sua periculosidade é alta (Chan, 2007)

Estes veículos utilizam como combustível a eletricidade e sua forma de obtenção é variada podendo ser com conexão direta a fonte externa de eletricidade, por meio de plugs ou cabos aéreos, por sistemas de indução eletromagnética, pela eletrólise do oxigênio com o hidrogênio em uma célula de combustível ou por meio da frenagem regenerativa, ou seja, energia mecânica da frenagem (Iwan et al., 2014).

Em termos de fonte de energia, os VEs podem ser subdivididos em veículos puramente elétricos [VPEs], veículos elétricos híbridos [VEHs], veículos de célula de combustível [VCC] e veículos solares. Nos veículos puramente elétricos esta fonte é a bateria, nos híbridos a energia elétrica vem da bateria, e esta por sua vez, é carregada por um motor de combustão interna. Nas opções *plug in* ela pode também ser carregada diretamente por uma tomada, nos veículos de célula de combustível a hidrogênio a energia provém da célula de combustível pela reação do hidrogênio com oxigênio e nos solares a energia do sol é captada e convertida em energia elétrica por placas fotovoltaicas (Iwan et al., 2014).

Os VPEs e os VCCs não geram gás carbônico durante sua operação, enquanto os VEHs possuem uma emissão de gás carbônico, sendo esta inferior a emissão gerada por VCIs, entretanto, os VEHs possuem uma autonomia maior que os VPEs e VCCs e contam com uma infraestrutura melhor por poderem ser abastecidos com combustíveis fósseis (Chan, 2007).

A Figura 9 apresenta uma breve comparação entre estas três alternativas de veículos elétricos que serão mais bem discutidas nas próximas seções.

Tipo	Características	Vantagens	Limitações
VPEs	Propulsão: Motor elétrico	Zero emissões locais	Baixa autonomia
	Armazenamento de energia: Bateria, supercapacitor	Alta eficiência energética Independência de combustíveis fósseis	Elevado custo inicial Infraestrutura de recarga insuficiente
	Infraestrutura: Postos de recarga	Disponibilidade comercial	
	Propulsão: Motor elétrico e maquinário de combustão interna	Baixas emissões locais	Dependência de combustíveis fósseis
VEHs	Armazenamento de energia: Bateria, supercapacitor, combustíveis fósseis ou combustíveis alternativos	Elevada eficiência Elevada autonomia Disponibilidade comercial	Elevado custo inicial Necessita controle, otimização e gerenciamento de múltiplas fontes de energia Infraestrutura de recarga para plug in insuficiente
	Infraestrutura: Postos de gasolina		
	Propulsão: Motor elétrico	Zero emissões locais	Elevado custo do combustível
VCCs	Armazenamento de energia: Tanque de hidrogênio	Alta eficiência energética	Dificuldade em armazenar e transportar o hidrogênio
	Infraestrutura: Estações de reposição de hidrogênio	Independência de combustíveis fósseis Autonomia satisfatória	Infraestrutura de recarga insuficiente

Figura 9: Características dos veículos puramente elétricos (VPE), veículos híbridos (VH) e veículos de célula de combustível (VECC)

Fonte: Adaptado de Wang et al. (2018).

Nas próximas subseções explica-se com maior riqueza de detalhes as características de cada tipo de veículo elétrico e algumas características importantes de seus componentes que geram variação na tecnologia.

2.2.1 Veículos puramente elétricos (VPE)

VPEs são tracionados por um motor elétrico. Este é provido de energia por baterias que podem ser abastecidas de duas formas diferentes, via cabo e tomada, enquanto estão desligados e os que por cabos externos enquanto estão em movimento. Os cabos podem estar acima dos veículos como no caso dos trólebus ou abaixo dos mesmos, como no caso de veículos sob trilhos (D'Agosto, 2015).

A vantagem destes veículos é o fato de não emitirem nenhum poluente durante seu funcionamento e sua maior desvantagem é a autonomia limitada, que varia de acordo com sua bateria (Wang et al., 2018).

As baterias utilizadas nestes veículos são equipamentos capazes de gerar energia elétrica por meio de reações químicas (Racz et al., 2015).

Existem duas características fundamentais nas tecnologias de baterias que são capazes de afetar o desempenho, o custo de operação, o *design*, a durabilidade e produção da bateria. Estas características segundo Racz et al (2015) são:

- Densidade de potência: Trata-se de uma relação entre a quantidade de energia e o tempo no qual esta energia será dissipada.
- Densidade de energia: Quantidade de energia armazenada na bateria.

A durabilidade das baterias consiste em seu tempo de vida e é medida pela quantidade de ciclos carga-descarga da bateria. Ela pode ser diretamente afetada pela temperatura (Racz et al., 2015).

Não existe ainda no mercado um padrão de bateria para veículos, de forma que diferentes veículos elétricos podem utilizar diferentes baterias. Entretanto, existem quatro tipos de baterias que são mais usuais: as de chumbo-ácido [PbA], as de níquel-hidreto metálico [NiMH], as de sódio, também conhecidas como zebra e as de íon-lítio (Iwan et al., 2014).

Chumbo ácido – historicamente são as baterias mais antigas, geram em torno de 2,1V, possuem baixa resistência interna possibilitando grande geração de corrente porém são muito pesadas e possuem alto risco de vazamento de eletrólitos (Iwan et al., 2014)

Níquel-hidreto metálico – Caracterizam-se por sua baixa eficiência mas são muito mais leves e oferecem maior tempo de vida útil. Sua capacidade varia drasticamente com a temperatura, caindo bastante em temperaturas baixas, sua eficiência é relativamente baixa e apresentam alto nível de auto descarga, requerendo um ciclo de carregamento especial (Iwan et al., 2014).

Sódio – Necessitam ser aquecidas antes do uso, em uma temperatura específica de 270°C, de forma que acarretam em gastos adicionais com aquecimento, possuem uma vida útil considerável e baixa densidade de energia (Iwan et al., 2014).

Íon-Lítio - possuem melhores parâmetros de eficiência, entretanto sua produção envolve o uso de componentes tóxicos e caros, a bateria tradicional de Íon-Lítio é baseada em dois eletrodos, um feito de carbono poroso e o outro de óxidos de metal como cobalto ou lítio, elas produzem 3.6V por célula. Sua tecnologia faz com que seja possível acumular o dobro de

energia em comparação com uma bateria de níquel-hidreto. Um problema desta bateria é seu curto período de vida útil (Iwan et al., 2014).

A próxima subseção explica a tecnologia utilizada no VEHs e suas principais características.

2.2.2 Veículos Elétricos Híbridos e Híbridos *Plug-in* (VEHs)

VEHs são movidos por eletricidade ou uma combinação de eletricidade e combustíveis fósseis. Com isso, se alcança uma redução nos níveis de emissão de gás carbônico, aumento da autonomia do veículo e redução no custo do transporte (Racz et al., 2015). Eles possuem melhor eficiência energética pois a assistência entre motores acarreta em menor perda de energia, o motor pode ser completamente desligado nas paradas do veículo, possibilita o sistema de frenagem regenerativa que converte a energia térmica gerada na frenagem em energia elétrica para carregamento das baterias e pela otimização no sistema de transmissão (Wang et al., 2018).

Alguns modelos destes veículos também podem ser carregados com eletricidade obtida diretamente de uma fonte externa, esses modelos são conhecidos como veículos híbridos *plug in*. Os veículos híbridos normalmente utilizam apenas o motor elétrico em curtas distâncias (Iwan et al., 2014).

Estes veículos distinguem-se dos puramente elétricos no que diz respeito ao tamanho da bateria e a autonomia. Eles possuem autonomia superior porque possuem o auxílio dos motores a combustão (Wang et al., 2018).

A próxima tecnologia a ser abordada é a de veículos a células de combustível, que tem sua definição e a caracterização de sua tecnologia descritas na próxima subseção.

2.2.3 Veículos Elétricos de célula de combustível (VCC)

Veículos elétricos de célula de combustível são veículos que obtêm sua energia elétrica a partir de células de combustível, também conhecidas como células de energia. Estas células, quando alimentadas com hidrogênio líquido e oxigênio do ar, promovem uma reação eletrolítica e geram eletricidade. Os subprodutos deste tipo de geração de energia são vapor de água e calor, ou seja, estes modelos de veículo não geram gases de escape (Wang et al., 2018).

Em relação a sua autonomia, estes veículos conseguem percorrer distâncias similares aos veículos movidos a gasolina ou diesel e por isso são indicados para viagens de maiores alcances ou transportes de carga, entretanto o hidrogênio como combustível requer o uso de cilindros de alta pressão para seu armazenamento, não possui uma produção e distribuição suficientes para uma demanda de frota veicular, os cilindros são pesados e ocupam um espaço significativo do veículo diminuindo muito sua capacidade interna. Além disso, o hidrogênio é inflamável e explosivo, aumento a periculosidade de seu transporte, além de possuir uma chama incolor que aumenta os riscos de ferimentos em casos de acidentes (Wang et al., 2018).

Neste estudo são considerados apenas veículos puramente elétricos e veículos híbridos para limitar os objetos estudados e também pelo fato de o sistema de abastecimento com hidrogênio diferir muito do elétrico.

2.3 INFRAESTRUTURA

Não se pode pensar isoladamente nos VEs já que eles são dependentes de uma infraestrutura de recarga para seu funcionamento. Há uma relação direta e proporcional entre eles e a infraestrutura é fundamental para auxiliar na inserção da tecnologia ao mercado. Uma grande preocupação neste caso diz respeito aos custos de implantação porque a infraestrutura não se limita a instalação de postos de recarga mas abrange também a adaptação da rede elétrica por onde circula a energia (Morganti & Browne, 2018).

Existem diferentes tipos de carregamento possíveis para o VE e VEH *plug in*, apresentados na Figura 10.

Tipo de carregamento	Descrição	Vantagem	Desvantagem
Carregamento por condução	O veículo é ligado a uma rede elétrica através de um <i>plug</i> e as baterias são diretamente carregadas.	Fácil Conveniente	Tempo longo para alcançar carga completa (8-10h)
Carregamento por indução	A energia é transmitida as baterias do veículo por meio de um campo magnético que utiliza corrente alternada	Não necessita de cabo e <i>plug</i>	Processo complicado e dispendioso
Troca de baterias	As baterias descarregadas são substituídas por baterias carregadas	Não necessita de cabo e <i>plug</i> Efetuado rapidamente	Necessidade de carregar conjunto de baterias extra ou de

alugar baterias.

Figura 10: Tipos de carregamentos para veículos elétricos, suas descrições, vantagens e desvantagens.

Fonte: Adaptado de Racz, Muntean e Stan (2015).

O carregamento por indução é aquele no qual o veículo é ligado a rede elétrica através de um fio e um *plug* e a bateria é carregada diretamente (Racz et al., 2015)

O carregamento por indução pode ocorrer com o veículo estacionado ou com o auxílio de rodovias eletrificadas que carregam os veículos que estão circulando por ela (Teoh, Kunze, Teo, & Wong, 2018).

A troca de baterias consiste em trocar as baterias descarregadas por baterias carregadas, e envolve o custo de baterias adicionais, além do trabalho e tempo para troca (Teoh et al., 2018).

O carregamento por indução dos VEs e VEH *plug in* pode ser classificado de acordo com a quantidade de energia disponibilizada e sua velocidade de recarga é afetada pelo tipo de bateria, seu uso e sua capacidade (Arioli et al., 2018). A Figura 11 apresenta os tipos de carregamento por indução.

Nível ou tipo de carregamento	Tensão/Voltagem e tipo de corrente	Autonomia por hora de recarga	Tempo de carregamento		Utilização da Carga	Tipo de receptor	Uso típico
			de carregamento	Tempo de carregamento			
Nível I Normal	230V Corrente Alternada	3Km a 8Km	6h a 8h	100%		Tipo 1 Tipo 2	Residências e locais de trabalho
Nível II Semi rápido	220-240V Corrente Alternada	10Km a 96Km	1h a 4h	100%		Tipo 1 Tipo 2	Residências, locais de trabalho e locais públicos
Super Rápido	Pode atingir até 600V Corrente alternada ou contínua	96Km a 160 Km	20min a 30min	80%		SAE Combo CHAdeMO Tesla Spercharger	Locais públicos

Figura 11: Tipos de carregamento de acordo com o nível de recarga

Fonte: Adaptado de Gongra (2015).

Usualmente os operadores logísticos preferem realizar recarga dos VCE no período noturno, na própria empresa, neste caso as estações normais satisfazem as necessidades de carga, porém, as estações em vias devem ser preferencialmente de recarga super rápida pois

não é favorável a operação que o veículo perca muito tempo na recarga externa (Morganti & Browne, 2018)

Os receptores citados são conhecidos pelo termo inglês *plug*. Existe uma variedade deles sendo que nenhum modelo universal foi inventado até agora. A Figura 12 apresenta os tipos de receptores, os desenhos de seus plugs e dá exemplo de alguns modelos que os utilizam.

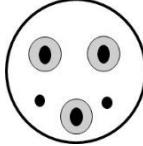
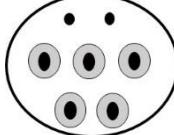
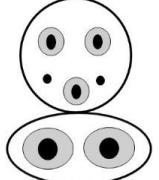
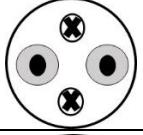
Tipo de receptor	Países	Plug	Veículos que o utilizam
Tipo 1	Japão e EUA		Nissan Leaf, Mitsubishi, iMiEV, Citroen, C-Zero e Peugeot iOn
Tipo 2 Mennekes	Europa e China		Renault, Smart, BMW, VW, BYD
SAE Combo			BEV Chevrolet Spark EV
CHAdMO			Nissan Leaf Mitsubishi i-MiEV
Tesla Supercharger			Veículos Tesla

Figura 12: Tipos de receptores e seus *plugs*

Fonte: Adaptado de Gongra (2015)

Esta diferença de modelos gera alta ansiedade aos operadores logísticos pois em caso de necessidade de recarga externa existe a chance do eletroposto não oferecer o mesmo tipo de *plug* que o do veículo ou de existir fila para o tipo de *plug* desejado, o que acarreta em perda de tempo e ineficiência da operação logística (Morganti & Browne, 2018).

Atualmente não se pode dizer que o Brasil possui uma rede de abastecimento para VEs, porém existem alguns eletropostos atuando em parceiras público privadas ou iniciativas privadas. Em São Paulo existe desde 2012, um eletroposto localizado no Instituto de Eletrotécnica e Energia [IEE] da Universidade de São Paulo [USP]. Este eletroposto é resultado de uma parceria público-privada. O eletroposto contém três unidades de

carregamento, com carregamento rápido, semi rápido e normal e potência de 50kW em corrente contínua (Wittmann, Bermann, & Wittmann, 2013).

Este eletroposto do IEE é usado em uma parceria com a Prefeitura de São Paulo para o abastecimento de 10 táxis puramente elétricos. Estes veículos tem rodado uma média de 150km diários, demorando de 30 minutos a seis horas para recarregar, variando conforme o tipo de carregamento utilizado e o custo de recarga com energia elétrica se mostrou 25% menor do que o equivalente com VCI (Wittmann et al., 2013)

A cidade conta com aproximadamente 27 eletropostos, listados pela Associação Brasileira do Veículo Elétrico [ABVE]. Alguns locais que disponibilizam eletropostos foram listados e são apresentados no Anexo K.

2.3.1 Panorama do mercado

Iwan et al. (2014) promoveu um estudo onde comparou alguns modelos de VCE no mercado europeu e esta comparação é apresentada na Figura 13.

Nome	Fabricante	Capacidade de carga (Kg)	Velocidade máxima (Km/h)	Autonomia (Km)	Tempo de recarga da bateria (h)
MegaVan	Mega	600	60	150	6
Nissan e-NT400 Concept	ATLAS Concept	600	90	140	9
e-Wolf Omega 0.7	e-Wolf	620	110	150	8
Renault Kangoo Express Z.E.	Renault	650	130	160	7
Peugeot Partner Electric Van	Peugeot	690	130	170	9
Ford Transit Connect Electric	Ford	700	120	129	6
Mitsubishi i-MiEV Cargo	Mitsubishi	700	140	160	7
Streetscooter work	Spijkstaal Elektro B.V.	700	85	80	5
Piaggio Porter electric power	Piaggio Porter	750	57	110	8
Opel Vivaro e-concept	Opel	750	110	100	8
Volkswagen e-Co-Motion	Volkswagen	800	120	200	7
Electric delivery van 1000	Spijkstaal Elektro B.V.	830/965	40	118	

Mercedes Vito E-CELL	Mercedes	850	80	130	5
Mitsubishi MINICAB-MiEVc	Mitsubishi	900	80	150	6,5
Toyota EV Truck	Toyota	1000	60		8
Boulder DV-500	Boulder Electric Vehicle	1400	120	160	8
Renault Maxity	Renault	1895	70	100	8
Navistar eStar	Navistar	2000	80	160	8
Modec	Modec	2000	80	160	8
MT-EV-WIV	Freightliner Custom Chassis Corporation	2000	104	160	7
EVI Walk in Van	Freightliner Custom Chassis Corporation	2000	100	184	6
EVS Edison	Smith Electric Vehicles US Corporation	2300	80	160	7
Boulder delivery Truck 1000	Boulder Electric Vehicle	2700	120	160	12
Zero Truck	Electrorides	2800	90	160	12
EVI Medium Duty	Electric Vehicles International	3000	96	145	12
Renault Midle EV	Renault	3000/5500	90	140/100	8
Mule M100	Balqon	4000	110	160	10
EVS Newton	Smith Electric Vehicles US Corporation	7400	80	160	7
E-Force	EFORCE ONE AG	10000	87	300	6

Figura 13: Análise comparativa de alguns parâmetros de VCE.

Fonte: Iwan et al. (2014)

No Brasil as opções de VCE encontradas no mercado são apresentadas na Figura 14.

Nome	Fabricante	Capacidade de carga (Kg)	Velocidade máxima (Km/h)	Autonomia (Km)	Recarga (h)	Preço (R\$)	Obs
Edra Aris	Edra Automotores	400	80	120			Não está disponível para o público geral Protótipo em parceria com a CPFL Usado pelos Correios
Renault Kangoo Express Z.E.	Renault	650	130	160	7		Não está disponível para o público geral Usado pela Fedex e projeto Emotive
e.coTruck	Hitech Electric	800	60	100	6	69.890,00	
e.CoCargo	Hitech Electric	800	60	100	6	77.890,00	
Furgão T3	BYD do Brasil	800		200	1,5		Não está disponível para o público geral Usado pelos correios
Iveco Daily 55C/E	Iveco	2500	70	100			Não está disponível para o público geral Usado pela Itaipu
e delivery	Volkswagen	13000		200	3		Não está disponível para o público geral Usado pela Ambev

Figura 14: Modelos de VCE no Brasil.

Fonte: pesquisa de mercado

A maioria dos veículos não se encontra disponível para venda direta sendo obtidos e utilizados por algumas empresas que desenvolveram parcerias com as fabricantes e constituem projetos pilotos ou testes de projetos para o desenvolvimento de veículos elétricos no Brasil, como é o caso do Iveco Daily, do e-Delivery e do Edra Aris. A Nissam e a Renault possuem parcerias com empresas de energia e com o governo para testar o uso dos veículos elétricos no Brasil, como no projeto Emotive da CPFL e como a parceria com a FEDEX. A empresa chinesa BYD que desenvolve veículos elétricos no Brasil tem parcerias com o governo de diferentes estados para a produção e utilização de veículos em serviços municipais como a produção de ônibus elétricos, de táxis elétricos usados pela frota de São Paulo e de furgões usados pelos Correios em Minas Gerais (Pascoal et al., 2018)

A matriz energética impacta diretamente na poluição gerada durante o ciclo de vida dos VE e VCE, desta forma, na subseção a seguir a matriz energética brasileira é discutida.

2.3.2 Geração de energia

O Brasil possui uma geração de energia elétrica de maioria hidráulica, ou seja, produzida por usinas hidroelétricas, como pode ser observado na Figura 15 (Empresa de Pesquisa Energética, 2017)

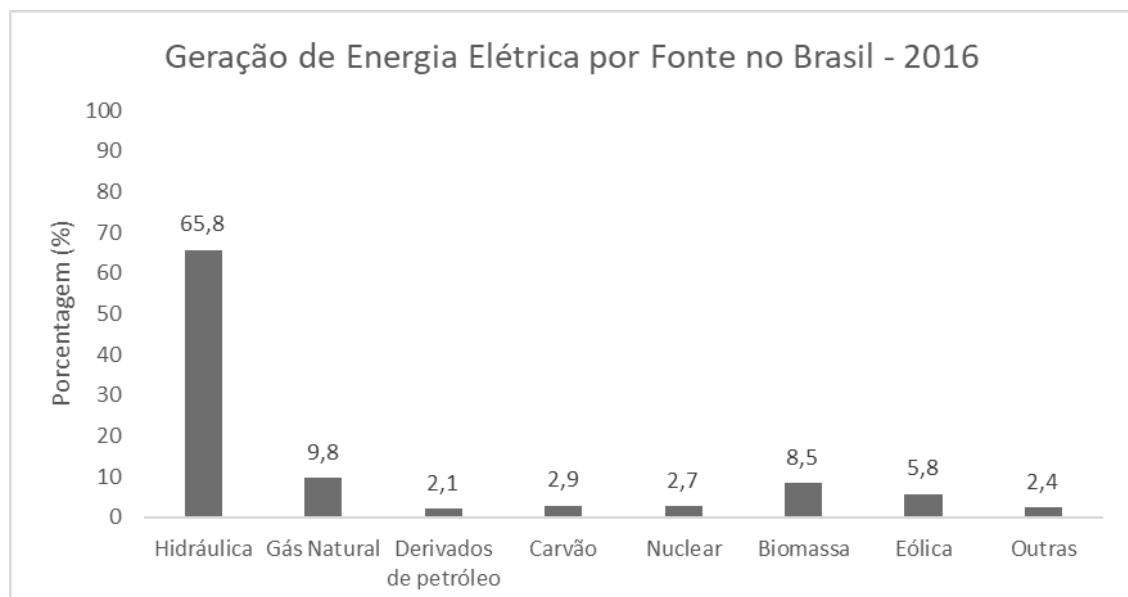


Figura 15: Geração de energia elétrica por fontes, no Brasil, no ano de 2016.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2017)

Notas: Outras engloba gás de coqueria, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e solar.

Com 80,1% da energia gerada sendo proveniente de fontes renováveis (hidráulica, biomassa e eólica) e 17,5% proveniente de fontes não renováveis (gás natural, derivados de petróleo, carvão e nuclear) o Brasil se mantém como um dos países com a matriz energética mais limpa do mundo (Teixeira, Silva, Neto, Diniz, & Sodré, 2015).

A geração hidroelétrica de energia apresenta alguns pontos cruciais que precisam ser levados em consideração, a localização geográfica das usinas normalmente não é próxima dos centros de consumo, o que leva a necessidade de extensa transmissão de energia, aproximadamente 87.000 km de linhas de transmissão de alta voltagem pelo país, interligadas entre si, e pode acarretar em perdas (Teixeira et al., 2015)

No ano de 2017 a empresa de energia Eletropaulo, que é responsável por abastecer a cidade de São Paulo, sofreu uma quantidade de perda técnica de energia elétrica equivalente a 2.410.291MWh, o que correspondeu a R\$ 380.746,00 mil reais. Perdas técnicas são aquelas ocasionadas por questões relacionadas a conversão da energia, ao seu armazenamento e transporte (Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL], 2018).

Esta forma de geração de energia é dependente do regime de chuvas e em períodos de seca se torna necessário o uso de outras fontes de geração de energia para suprir a demanda (Teixeira et al., 2015).

Apesar de ser considerada sustentável, a geração de energia por hidroelétricas implica em muitos impactos negativos ao meio ambiente como o aumento nos gases de efeito estufa, devido a alta liberação de metano proveniente da decomposição das florestas alagadas para a criação do reservatório, intervenção em áreas de conservação ou indígenas, perdas minerais e degradação do solo, perdas arqueológicas, mudança na qualidade da água, interferência na reprodução dos peixes e redução da biodiversidade aquática, e problemas sociais como expulsão de populações ribeirinhas (Teixeira et al., 2015).

A geração de energia necessita de um sistema de distribuição para que a energia possa ser amplamente utilizada, este sistema é conhecido como rede elétrica e possui duas possibilidades que serão abordadas no próximo tópico.

2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO À COMPRA E USO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

As políticas públicas servem como incentivos à compra e uso de veículos elétricos, híbridos e de células de combustível. São práticas necessárias devido ao alto custo inicial

destes veículos, seu custo de carregamento e manutenção e falta de infraestrutura. Tais veículos podem promover melhorias na qualidade de vida da população porque minimizam a emissão de poluentes e a poluição sonora e são uma tecnologia promissora para atingir metas de redução de gás carbônico e de gases do efeito estufa, auxiliando a cumprir tratados como protocolo de Kyoto e Acordo de Paris (Quak, Nesterova, Rooijen, & Dong, 2016).

No Município de São Paulo há um incentivo a adoção de VEs, híbridos e de célula de combustível a hidrogênio, sendo estes isentos do rodízio municipal de veículos, de acordo com a Lei nº 15.997/2014. Entretanto, de acordo com o Decreto nº 58.584/2018 os veículos destinados a transporte de combustível aeronáutico e ferroviário, transporte de insumos ligados a as atividades hospitalares, transporte de produtos alimentares perecíveis e veículos urbanos de carga são isentos do rodízio municipal de veículos, independente do seu combustível. Este decreto reafirma a isenção para veículos elétricos, a célula de combustível e híbridos, deixando a cargo da Secretaria Municipal de transportes a divulgação dos modelos de veículos enquadrados nesta isenção

Esta mesma Lei nº 15.997 de 27 de maio de 2014, complementada pelo Decreto nº 58.584/2018, promove a devolução de 50% do valor do imposto a propriedade de veículo automotor [IPVA] aos donos de veículos elétricos, híbridos ou de células de combustível a hidrogênio. O ressarcimento é fornecido somente nos primeiros cinco anos de posse do veículo e somente para veículos que possuam valor venal de no máximo cento e cinquenta mil reais. Não há especificação ao tipo de veículo enquadrado.

Quanto a subsídios para compra dos veículos, não existem leis específicas, mas existe o projeto BNDES Finem – Mobilidade urbana que promove o financiamento de veículos com tecnologias limpas. Desta forma as únicas legislações as quais os VCEs podem se submeter atualmente são a isenção do rodízio e diminuição no valor do IPVA.

O Brasil é um país que tem investido em pesquisas relacionadas a eletromobilidade com iniciativas em diferentes setores. Os principais programas são citados abaixo:

PAC Mobilidade – Programa de aceleração e crescimento da mobilidade, mais focado ao transporte de passageiros e bem estar social, no que tange a eletromobilidade lida com projetos sob trilhos e monotrilhos (Pascoal et al., 2018).

Inova Energia - Plano de Ação Conjunta Inova Energia que é uma parceria entre a Finep, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social [BNDES], e a Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL]. Trata-se de uma iniciativa destinada a coordenação das ações de fomento à inovação e dentre seus fomentos se destinam as cadeias produtivas de

motores ou sistemas de tração, baterias e acumuladores de energia e a produção em escala (Pascoal et al., 2018).

BNDES Finem: Mobilidade urbana – Programa voltado ao financiamento de projetos voltados a mobilidade urbana. O financiamento é em valores a partir de vinte milhões de reais e engloba a aquisição de ônibus e caminhões híbridos, elétricos ou movidos a combustíveis limpos (Pascoal et al., 2018).

Inovar-Auto - foi iniciado em 2013 e encerrado em 2017, o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores [Inovar-Auto], criado pela Lei nº 12.715/2012, foi um programa do governo brasileiro e teve como objetivo a criação de condições para o aumento de competitividade no setor automotivo, produzir veículos mais econômicos e seguros, investir na cadeia de fornecedores, em engenharia, tecnologia industrial básica, pesquisa e desenvolvimento e capacitação de fornecedores (Pascoal et al., 2018).

Muitos projetos de empresas públicas ou privadas e até parcerias entre elas foram desenvolvidos ou estão em andamento no Brasil para o incentivo e desenvolvimento da eletromobilidade (Pascoal et al., 2018). A Figura 16 apresenta as empresas envolvidas e os projetos propostos.

Instituições públicas	<ul style="list-style-type: none"> Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana (SEMOB), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ITAIPU (Centro de Inovação em Mobilidade Elétrica Sustentável e o Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Montagem de Veículos Elétricos), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL) da UFRJ, Grupo de Estudos de Veículos Elétricos (GRUVE) da UERJ, Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE) da Unicamp, Laboratório de Veículos Elétricos (da UnB).
Instituições e empresas privadas	<ul style="list-style-type: none"> Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), Centro de pesquisa em mobilidade elétrica (da ENEL), FGV Energia, SAE Brasil (Comissão Veículos Elétricos & Híbridos) Serttel, Hitech Electric, Eletra, BYD, Renault/Nissan.
Projetos	<ul style="list-style-type: none"> Projeto Emotive (da CPFL), PROMOB-e (Cooperação MDIC/Alemanha), Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (da ANEEL), Projeto Veículo Elétrico (da ITAIPU) Veículos Alternativos para Mobilidade (VAMO) em Fortaleza/CE, Projeto Ônibus Elétrico (da Universidade Federal de Santa Catarina), Projeto Faísca e Projeto Venturo (da Escola de Engenharia de São Carlos), Projeto Porto Leve em Recife/PE, Projeto EcoElétrico em Curitiba/PR, Projeto Sivi (Sistema Veicular Inteligente) da UFGRS, Projetos de táxis elétricos no RJ e SP (já finalizado).

Figura 16:Instituições, Projetos e Empresas de Apoio a eletromobilidade no Brasil

Fonte: Pascoal et al. (2018).

Dentre estes projetos, os que envolvem o desenvolvimento no setor de logística e transporte de carga são o Projeto Veículo Elétrico e Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do setor de Energia Elétrica, que engloba o Projeto Emotive.

2.4.1 Projeto Veículo Elétrico Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do setor de Energia Elétrica da Agência Nacional de Energia Elétrica

É um dos principais programas, destina-se a pesquisa e desenvolvimento, alocando recursos financeiros e mão de obra qualificada em projetos a aplicabilidade e relevância econômica de produtos e serviços relacionados à energia (Pascoal et al., 2018).

Dentre os projetos que ele engloba, dois são especificamente voltados a implantação de veículos elétricos no transporte de cargas:

- Projeto Mobilidade Elétrica – em parceria com a Companhia Paulista de Força e Luz [CPFL], o projeto visa a inserção técnica e comercial de veículos elétricos em frotas empresariais da região metropolitana de Campinas/SP.

Iniciado em 2013 e com fim em 2018 o projeto promoveu a instalação de 30 postos de recarga e trabalhou em parceria com as empresas 3M e Natura, cedendo veículos da marca Renault (Kangoo Z.E) para estas empresas realizassem suas entregas (Arioli et al., 2018). Alguns resultados obtidos por esta frente são apresentados na Figura 17.

	Qtde Veículos	Qtde Eletro-postos	Km percorrido	Energia consumida (kWh)	Consumo (kWh/km)	Custo energia ¹	Equivalente combustível ²	Emissões CO2 evitadas (kg)
	02 Kangooos 02 ZOEs ³	02	8.735	1.599	0,18	R\$ 496	R\$ 2.009	1.188
	02 Kangooos	02	18.478	3.849	0,21	R\$ 1.193	R\$ 4.250	2.513
	01 Kangoo	01	7.669	1.136	0,15	R\$ 352	R\$ 1.764	1.043
TOTAL	05 VEs	05	34.882	6.584	0,19	R\$ 2.041	R\$ 8.023	4.744

Figura 17: Resultados obtidos na primeira fase do projeto Emotive

Fonte: Arioli et al. (2018)

- Projeto realizado em parceria com a empresa Light energia com a elaboração de metodologia de planejamento e análise para implantação de veículos elétricos no setor de transporte (Pascoal et al., 2018).

2.4.2 Projeto Veículo Elétrico (ITAIPU)

Com o objetivo de pesquisar sobre mobilidade elétrica e suas soluções o projeto busca soluções para o transporte de passageiro, seja ele particular ou coletivo e para o transporte de carga. Neste último setor foi desenvolvido em parceria com a empresa IVECO o protótipo do caminhão Iveco Daily Elétrico (Pascoal et al., 2018), apresentado na Figura 18.



Figura 18: IVECO Daily elétrico

Fonte: “Encontracarros” (2009)

Na próxima seção há uma descrição do que foi encontrado na literatura pesquisada a respeito de veículos comerciais elétricos.

2.5 APRESENTAÇÃO DA LITERATURA ENCONTRADA NA PESQUISA SISTEMÁTICA

Foi realizada uma pesquisa sistemática da literatura, melhor explicada na próxima seção, a fim de identificar as principais barreiras e suas possíveis soluções em países que possuem o uso de veículos elétricos em um estágio inicial mais avançado. A seguir os artigos são discutidos por ordem de data apresentando uma pequena explicação do trabalho realizado.

Lebeau, Marcharis, Mierlo e Maes (2013) realizaram um estudo comparativo para avaliar as diferentes performances de um centro de distribuição urbano utilizando caminhão a diesel e veículo elétrico, com a finalidade de investigar o impacto causado pelos veículos elétricos na operação do centro de distribuição urbano. Para tal a operação do centro de distribuição foi modelada como um evento discreto, tendo como base o centro de distribuição de CityDepot, em Hasselt.

Para poder rodar a modelagem computacional foi realizada observação direta do centro de distribuição urbana por dois dias e depois foi utilizado o *software* Arena para rodar a simulação. Para validar a veracidade da simulação foi rodado um modelo com informações do centro como ele atua e comparada com a realidade. O centro de distribuição urbana já atuava utilizando um caminhão a diesel, uma van elétrica e uma bicicleta, para realizar a simulação optou-se por não alterar a rotina da van elétrica e da bicicleta, de forma que somente o caminhão a diesel, de 16m³, foi substituído por um veículo elétrico (Lebeau et al., 2013).

A substituição se deu em dois cenários, no primeiro foi utilizada uma van elétrica de 4,5m³ de capacidade. Com esta substituição não se notou mudanças na rotina operacional da bicicleta, porém a van elétrica original teve de realizar mais viagens já que a van elétrica substituta possuía menos capacidade de carga que o caminhão. Como as vans realizavam mais viagens foi observada a rotina de carregamento para avaliar se seriam necessárias mais recargas. Para tal assumiu-se que as entregas têm uma distância mínima de 5 km e máxima de 15 km e a média de 10km e que a bateria das vans tem uma autonomia de 100km (Lebeau et al., 2013).

Apesar da intensificação no uso a bateria das vans não descarregou mais do que 60% de forma que ainda foi possível manter o carregamento noturno. Outro cenário analisou a substituição do caminhão a diesel por um elétrico. Observou-se que não houve alteração na rotina operacional do centro de distribuição urbana e que a autonomia do caminhão não foi um fator limitante já que a bateria não descarregou mais do que 60% (Lebeau et al., 2013).

As conclusões deste estudo apontaram que a substituição do caminhão por uma van elétrica é economicamente mais atrativa, porém acaba gerando maior intensidade de tráfego e não é uma solução atrativa caso o centro de distribuição esteja pensando em racionalizar ou agrupar entregas. Utilizar vans elétricas é uma alternativa para substituir as vans convencionais já que não afeta a distribuição e é economicamente mais vantajoso. A substituição por um caminhão elétrico não impacta nas operações, porém devido ao custo de compra de um caminhão elétrico não se mostra uma opção vantajosa, porém é observado que

a tendência das tecnologias é avançar e com isso é provável que o preço das baterias caia no futuro e essa situação se altere (Lebeau et al., 2013).

Macharis, Lebeau, Mierlo e Lebeau (2013) promoveram uma pesquisa comparando o custo total de posse de veículos a diesel, a gasolina e elétricos. Para realizar esta comparação o custo total de posse foi calculado, via fórmulas financeiras, de forma a fornecer os custos de posse, manutenção, uso e depreciação dos veículos por um período.

O custo de posse total incluiu os valores de impostos, apoios governamentais e incentivos fiscais, baterias, manutenção, inspeção do veículo, combustível e eletricidade e o custo de compra. Apenas o custo da estação de recarga não foi considerado. Tomou-se como modelo as leis, incentivos e custos da Bélgica. O custo de manutenção dos VE é menor do que o custo dos a combustão, considerado a metade praticamente. O custo de seguro é igual para todos os tipos de veículos. A taxa de depreciação anual para veículos a diesel, gasolina e híbridos é de 18,57% e para veículos puramente elétricos é de 24,43% (Macharis et al., 2013).

A vida útil da bateria varia com o tipo de bateria utilizada, considerando que os veículos elétricos foram carregados uma vez por dia durante 260 dias por ano a bateria de chumbo ácido deve ser substituída em 2 anos, a de sódio-níquel em 4 anos e a de íon lítio em 6 anos. O suporte para o uso de veículos elétricos na região estudada varia de acordo com o porte da empresa, sendo de 25% para empresas grandes, 35% para médias e 45% para pequenas, as porcentagens se aplicam sobre o custo de investimento (Macharis et al., 2013).

O sistema fiscal local permite uma dedução de 120% no imposto de renda corporativo sobre qualquer custo relacionado aos VE. Para veículos a combustão a dedução varia entre 50% e 100% sendo que para combustíveis fósseis é sempre considerada de 75%. Para realizar a comparação foram utilizados 8 veículos elétricos, variando em capacidade de carga (450Kg a 1.700Kg) e em tipo de bateria. Para manter a comparação fiel foram buscados os modelos mais similares no mercado e foram utilizados cinco veículos a diesel e dois veículos a gasolina. Os veículos selecionados podem ser divididos em três categorias de acordo com a classificação regional, quadriciclos, veículos comerciais leves com menos de 1.000Kg e veículos comerciais com mais de 1.000Kg (Macharis et al., 2013).

A comparação mostrou que os veículos a diesel têm um custo inicial superior aos veículos a gasolina, porém um custo menor com combustível, o que conta muito para operações logísticas fazendo seu custo total de posse ser inferior, o que explica as operações logísticas serem dominadas por veículos comerciais leves a diesel. Para os quadriciclos os veículos elétricos se mostraram os mais competitivos pois sua bateria pequena é economicamente viável e com a redução nos custos de manutenção e combustível ele é

economicamente mais favorável que suas versões a diesel e gasolina. Para os veículos comerciais leves com capacidade inferior a 1.000Kg o mesmo efeito foi observado sendo os modelos elétricos os com menor custo total de posse em comparação com os a diesel e gasolina (Macharis et al., 2013).

Para a categoria mais pesada [acima de 1.000Kg] o oposto foi observado, sendo os veículos elétricos os menos competitivos. O custo da bateria se mostrou um fator de impacto significativo para a competitividade dos VE. Da mesma forma o custo dos combustíveis diesel e gasolina foram significativos para a competitividade de seus respectivos veículos, sendo mais acentuada nas categorias de quadriciclo e veículos comerciais leves. Se houver a combinação de fatores de baixa no preço das baterias e alta no preço dos combustíveis, os veículos elétricos são mais competitivos em todas as categorias (Macharis et al., 2013).

O incentivo fiscal se mostrou mais significativo para os veículos mais pesados já que seu custo inicial é maior e quase insignificante para a categoria de quadriciclos. Desta forma os veículos comerciais leves com capacidade inferior a 1.000Kg são mais competitivos que os similares a diesel ou gasolina e o oposto é válido para os veículos pesados, majoritariamente devido ao custo das baterias (Macharis et al., 2013).

Tipagornwong e Figliozzi (2014) realizaram uma análise entre a competitividade de triciclos elétricos e vans movidas a diesel para entrega de mercadorias. A pesquisa desenvolveu um modelo de custo que incorporou modelos de posse e de operação bem como avaliou as janelas de tempo, capacidade de carga, consumo de combustível e energia. O número de triciclos requeridos foi o dobro do número de vans já que sua capacidade de carga é menor, com isso também um triciclo promove menos entregas que uma van de forma que seu tempo de viagem para entregas é aproximadamente 3h menor que o tempo da van.

O custo do salário do motorista é o fator mais impactante para a competitividade dos triciclos e das vans. Um fator logístico impactante é o tempo, o que torna os triciclos mais competitivos já que eles demoram menos para achar vagas, estacionar, realizar a entrega e por eles serem menos influenciados por limites de velocidade da via ou engarrafamentos. O uso de vans se mostra mais influenciável no que diz respeito a variação de custo do veículo, porém ela se torna mais competitiva em distâncias mais longas ou capacidade de carga (Tipagornwong & Figliozzi, 2014).

Pode-se concluir que cada tipo de veículo tem uma característica específica e que a eficiência logística e competitividade deles depende da escolha do tipo de entrega e o tipo de local no qual a entrega deve ser feita. Triciclos são mais apropriados para áreas urbanas mais densas e populosas, onde o trânsito é mais difícil e onde os locais de entrega estão mais

próximos do centro de distribuição e vans ou caminhões são mais indicados para situações nas quais o local de entrega é mais afastado. Os triciclos são mais competitivos com políticas públicas como construção de ciclovias, redução do limite de velocidade de vias, proibição de estacionamento de veículos, dentre outros (Tipagornwong & Figliozzi, 2014).

Menga, Buccianti, Bedogni e Moroni (2013) promoveram um estudo para avaliar os potenciais benefícios do uso de veículos elétricos para transporte de carga em uma área de circulação restrita de Milão. Para isso realizaram uma comparação entre os veículos a combustão interna e os elétricos. Foi feita uma análise dos veículos de carga que circulavam na região mostrando que eles carregavam de 400Kg a 1.500Kg, 70% deles era movido a diesel e sua rotina diária de trabalho era de uma média de 36,8km, nunca ultrapassando os 100km. Desta forma podem ser substituídos por veículos elétricos sem alteração na operação logística.

A comparação econômica se deu em torno de quatro fatores para o governo, a energia primária importada pelo país, custos externos pela qualidade do ar (gastos com a saúde), custos externos por impacto ao ecossistema (gastos para mitigar efeitos da chuva ácida, degradação de prédios e estruturas) e custos com emissão de carbono (Menga et al., 2013).

As vans a combustão tem um gasto de 73% de energia contra 54% das a gás natural e 26% das elétricas, em relação a custos com a saúde as vans a combustão são responsáveis por 44%, as de gás natural 17% e as elétricas 11%, em relação a gastos com o meio ambiente não há valores significativos e em relação a gastos com emissão de CO₂ as vans a combustão representam 18%, as de gás natural 16% e as elétricas 12% (Menga et al., 2013).

As vans elétricas apresentaram menores porcentagens de gastos para o governo em todas as categorias, sendo a mais impactante a do custo de combustível. O alto custo inicial dos VE ainda os torna menos competitivos do que os VCI quando se compara um custo de posse total (Menga et al., 2013).

Assim sendo, para que se possa promover a adoção das vans elétricas são necessárias medidas de incentivo que podem ser econômicas, a nível local ou nacional, podem ser regulatórias em nível municipal, e irão beneficiar economicamente os operadores logísticos. Um exemplo é que as áreas de circulação restrita de Milão permitem a circulação de VE. Concluiu-se que é necessária a participação de todos os setores para se traçar os melhores planos de transição de tecnologia para o setor (Menga et al., 2013).

Foltynski (2014) realizou um estudo com foco na mobilidade elétrica no setor de transporte de carga observando questões técnicas, legais e fatores sociais para pequenas e

médias cidades. O estudo englobou o projeto ENCLOSE aplicado em cidades europeias. Muitas barreiras são enfrentadas para adoção de veículos elétricos, sejam elas técnicas (autonomia do veículo, tempo de recarga, falta de infraestrutura de recarga, alto investimento inicial, ausência de incentivos), regionais (características geográficas, sociais e econômicas) e administrativas (falta de recursos, pessoas qualificadas, estrutura organizacional).

O projeto tratou de estudos de múltiplos casos avaliando as melhorias obtidas em cada cidade pela adoção de veículos elétricos. O caso da cidade de Lucca, localizada na Toscana, Itália, local com zona de tráfego restrito, velocidade máxima de circulação de 30 km/h, permissão de circulação de veículos de carga apenas para veículos comerciais leves [abaixo de 3,5ton] e no horário das 7h-10h e das 14:30h as 15:30h, houve uma reforma no centro de distribuição urbano de Lucca-Port, uma reestruturação interna e a substituição dos veículos utilizados por VE de forma que Lucca Port conseguiu fazer 15 viagens corresponder a 15% das entregas na cidade e reduzir em 44% o número de veículos de carga na cidade (Foltynski, 2014).

Na cidade de Trondheim, Noruega, a otimização se deu no serviço de entrega postal com a substituição dos veículos a diesel por veículos elétricos e a instalação de um centro de consolidação urbano dentro da cidade para diminuir distância e tempo de viagens dos entregadores (Foltynski, 2014).

Na cidade de Hertogenbosch, Países Baixos, o investimento está sendo feito em políticas públicas de incentivo a descarbonização como aumento de zonas de circulação restritas a veículos de baixa emissão, vagas especiais para veículos elétricos, melhor gerenciamento do transporte, incentivo ao uso de bicicletas e rodovias com placas para carregamento magnético de veículos elétricos (Foltynski, 2014).

Estes estudos de caso mostram que para superar as barreiras apontadas à adoção dos VE é necessária a participação do setor público e de uma estratégia municipal de mobilidade que englobe fortemente os VE, além disso é necessária a participação conjunta de todas as partes envolvidas (Foltynski, 2014).

Taefi, Tessa, Kreutzfeldt, Held e Fink (2015) realizaram um estudo para compreender o que as empresas estão fazendo para aumentar a usabilidade de veículos elétricos no transporte de carga em centros urbanos, para tal foi realizado um estudo de múltiplos casos abrangendo 57 casos de adoção de VE na região do Mar do Norte.

A coleta de dados foi feita por revisão sistemática da literatura e entrevistas semiestruturadas.

O estudo envolveu apenas veículos puramente elétricos e separou as operações logísticas em quatro segmentos: Transporte comercial (operadores logísticos, distribuidores), transporte por conta própria (no qual a empresa tem um veículo próprio para transportar a mercadoria de uma loja a outro, por exemplo), serviços (entrega de comida, carro de mudança) e serviços municipais de coleta de lixo (Taefi et al., 2015).

A viabilidade econômica de se usar VE para o transporte de carga não se mostrou variável com a geografia do local, tipo de veículo e tipos de carga ou segmento de transporte, mas se mostrou influenciável pelo ano de aquisição do veículo e motivação para adoção de VCE. Quando a motivação é a redução de emissão de poluentes os VE se mostraram viáveis (Taefi et al., 2015).

Algumas medidas para aumentar a viabilidade dos veículos foram apontadas, reduzir o investimento inicial e o investimento operacional [subsídios e incentivos e a depreciação do uso de veículos a diesel], aumentar a autonomia dos veículos [recarregar enquanto carrega e descarrega, pontos de recarga rápida, mudanças no gerenciamento das entregas e conscientização dos motoristas], promover capitalização com a imagem eco ambiental da empresa [maior comunicação dos benefícios da eletro mobilidade: ausência de emissões e de ruídos] e explorar novas possibilidades de negócios [como entregas noturnas já que os veículos não emitem ruídos] (Taefi et al., 2015).

A tendência encontrada em relação ao tamanho de veículo apontou preferência para veículos comerciais leves como motos, bicicletas e quadriciclos elétricos. As motos e bicicletas são mais utilizadas para serviços já que sua capacidade de carga é em torno de 50Kg, já quadriciclos elétricos podem substituir as vans elétricas já que sua capacidade pode chegar a 1ton, podem ser aproveitados no setor de serviços municipais (Taefi et al., 2015).

Os veículos lentos e pequenos como motos e bicicletas têm a vantagem de poder se mover melhor em congestionamentos, utilizar ciclovias, ter permissão de acesso em zonas restritas e facilidade de estacionar. Sua baixa autonomia pode ser suprida pela instalação de micro centros urbanos diminuindo a distância necessária para entrega. Os veículos semi-leves (entre 3 e 7,5 ton de capacidade) também se mostraram uma tendência para substituir caminhões em todos os setores. O estudo encontrou uma quantidade insignificante de vans e nenhum caminhão pesado, este último devido ao alto custo das baterias para caminhões (Taefi et al., 2015).

A maioria dos casos estudados puderam ser classificados como transporte comercial pois os veículos elétricos são adequados a esta função. Os veículos eram utilizados em rotinas

pré planejadas e recarregados no próprio centro de distribuição, a rotina de entregas envolve muitas paradas, o que auxilia no carregamento por frenagem regenerativa (Taefi et al., 2015).

Conclui-se que VE são adequados para transporte de carga em centros urbanos, sendo os menores (até 2,3ton) os mais adequados. Para os tomadores de decisão dos municípios fica a sugestão de aumentar medidas de incentivo dos VE pequenos como instalação de ciclovias e aumentar a disseminação de informações da tecnologia encorajando as companhias a adotá-las e promovendo oferta de mercado com fabricação local e auxílio no fim de vida do veículo, além da infraestrutura auxiliar necessária, criar vantagens reguladoras como zonas de circulação restrita e criar vantagens financeiras (Taefi et al., 2015).

Lebeau, Cauwer, Mierlo, Macharis, Verbeke e Coosemans (2015) realizaram um estudo cujo objetivo foi comparar o uso de veículos com o uso de convencionais em transporte de carga. Baseados em um problema de rotina veicular e baseados em dados obtidos pela observação direta de um centro de distribuição em Bruxelas, Bélgica, foi feita a análise de qual composição de frota era mais econômica. Foi realizada uma modelagem computacional para se estimar a melhor composição de frota. Foram considerados quadriciclos, vans pequenas, vans grandes e caminhões e veículos movidos a gasolina, diesel, elétricos e híbridos.

A análise por classe veicular mostrou que a frota não pode ser formada apenas de quadriciclos nem apenas por vans pequenas, pois sua baixa capacidade de carga faz com que sejam necessárias mais viagens e diferentes estratégias de rotas. Os caminhões apresentaram alto custo e nem sempre estarão operando em sua capacidade total, o que faz com que a frota não possa ser formada apenas por eles. Para uma frota homogênea a melhor escolha são as vans grandes embora o cenário ideal seja operar com um caminhão para entregas de alta demanda, vans pequenas para entregas normais e quadriciclos para pequenas entregas mais localizadas (Lebeau et al., 2015).

Quanto à tecnologia do veículo, para aproximadamente cinco estabelecimentos o veículo ideal é a van grande e nesta categoria os veículos movidos a diesel ganham em competitividade dos elétricos. Para dez estabelecimentos o caminhão é o veículo mais apropriado e neste segmento é preferível o uso de veículos híbridos devido ao seu menor custo de manutenção e de operação. Para aproximadamente vinte e cinco estabelecimentos o ideal é a combinação de um caminhão com vans elétricas pequenas (Lebeau et al., 2015).

Pode-se concluir que o ideal é o uso de uma frota com tecnologias mistas. Para o segmento de veículos de carga leves como quadriciclos e vans pequenas a tecnologia dos elétricos é sempre mais competitiva que as demais. Para vans grandes o diesel ainda é a opção mais econômica e para os caminhões a melhor escolha é a tecnologia híbrida. Isto prova a dependência da tecnologia com a classe de veículo operada. A autonomia dos veículos elétricos se mostrou compatível com a operação em centros urbanos (Lebeau et al., 2015).

Taefi, Kreutzfeldt, Held e Fink (2016) realizaram uma análise multicritério das políticas públicas para incentivar a adoção de veículos elétricos para transporte de carga na Alemanha com base nas opiniões dos responsáveis pela criação destas políticas e dos operadores logísticos. A coleta de dados se deu por uma análise das políticas públicas encontradas na literatura. As medidas encontradas foram avaliadas e classificadas pelos tomadores de decisão de políticas públicas e pelos operadores logísticos por meio de um questionário *on line*. As respostas dos dois grupos foram comparadas e analisadas e assim as principais medidas puderam ser sugeridas.

As principais políticas públicas encontradas na literatura foram divididas em quatro categorias:

Comunicação – categoria que engloba a disponibilidade de informações a respeito dos VE, tanto de tecnologias como de preços, disponibilidade no mercado, regulamentações e leis acerca do assunto (Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016).

Medidas legais – permitir que motoristas com carteira de habilitação classe B dirijam veículos elétricos superiores a 3,5ton em determinadas ocasiões, permitir que VE utilizem a faixa exclusiva de ônibus, vagas de estacionamento reservadas para VE, poder estacionar em áreas restritas, permissão para circular em áreas de restrição, criação de áreas de restrição a zero emissão, certificações para as empresas que reduzirem a emissão de poluentes da frota, criação de áreas restritas a empresas certificadas (Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016).

Medidas fiscais – Subsídios para o investimento inicial em VE, benefícios como eliminar taxações para VE, dedução fiscal de 50% no primeiro ano de compra do VE, descontinuar o subsídio de outros tipos de combustíveis (Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016).

Medidas organizacionais – utilizar frota elétrico nos serviços do município, implementar infraestrutura pública de recarga, oferecer espaços para criação de micro centros de consolidação urbanos, criar centros de manutenção de VE (Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016).

As medidas que foram as mais bem classificadas por ambos os grupos foram apoiar projetos piloto com subsídios no preço de compra do veículo, oferecer redução fiscal de 50% no primeiro ano, oferecer incentivos em relação as taxas dos veículos, utilizar somente VE nos serviços e transportes de carga do município, permitir que motoristas categoria B na habilitação dirijam VE acima de 3,5ton (Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016).

Conclui-se que medidas políticas são essenciais para adoção da tecnologia de VE e que há um certo desentendimento sobre as prioridades entre os tomadores de decisão e os operadores logísticos, além disso, a responsabilidade local/municipal é a maior já que cada município possui uma característica e as medidas adotadas devem variar de acordo com essas características (Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016).

Taefi, kreutzfeldt e Fink (2016) promoveram um estudo para explicar o motivo de VE de transporte de carga serem um bom nicho de mercado apontando medidas que podem facilitar sua inclusão no mercado. Foi utilizado um estudo de caso múltiplo com empresas que participaram de um programa de incentivo a adoção de VE no transporte de carga na Alemanha. Medidas que as empresas de operação logística podem tomar e que auxiliam na competitividade dos VE foram apontadas como trocar caminhões convencionais por VE menores como pequenos quadriciclos e pequenas Vans, equipar os veículos e as empresas com placas fotovoltaicas para carregar os VE, utilizar os benefícios ambientais como propaganda para fidelizar clientes e ganhar novos clientes, recarregar os veículos entre as viagens, utilizar recargas intermediárias.

Saenz-Esteruelas, Figliozzi, Serrano e Faulin (2016) realizaram um estudo de caso no qual avaliaram a alteração na emissão de gases do efeito estufa em uma distribuidora ao substituir vans movidas a diesel por triciclos elétricos. A metodologia empregada foi avaliação de ciclo de vida e os dados foram coletados por medição direta. A adoção de seis triciclos equivale a de duas vans e a redução na emissão anual de dióxido de carbono foi de 50%, houve aumento na quilometragem rodada, já que os triciclos comportam menos carga, chegando a ser rodado o dobro da quilometragem, o impacto ambiental devido a emissão de gases de efeito estufa foi 80% menor.

Quak, Nesterova, Rooijen e Dong (2016) analisaram a viabilidade de usar veículos de carga elétricos pela perspectiva do operador logístico, incluindo questões técnicas, políticas públicas, incentivos financeiros e não financeiros, tipo de operação, características urbanas e características da empresa. Foram considerados veículos pesados e vans. Os dados foram obtidos do projeto FREVUE na Europa. Em relação

as questões técnicas os VE se mostraram mais eficientes pois requerem menos manutenção, entretanto, quando a manutenção é necessária há ausência de mão de mão de obra. Além disso, nem sempre a rede de energia é capaz de abastecer 100% dos veículos elétricos no período em que não estão sendo usados, eventualmente são necessários custos extras com a rede energética, além dos custos com a infraestrutura de recarga.

A maioria dos operadores logísticos acredita que VCE são favoráveis para distribuição de mercadorias em centros urbanos, porém a forma como devem ser utilizados, em questões de operação logística, ainda é a maior discussão. Na maioria dos casos analisados a melhor solução logística foi simplesmente substituir os veículos convencionais por VE. Os VE são mais adequados para viagens curtas devido a sua autonomia, mas eventualmente, a alteração de rotas de entrega e um planejamento inteligente pode adequar o veículo as operações da empresa. Quando a autonomia do veículo realmente impossibilita seu uso nas operações logísticas, uma solução apontada foi a utilização de um centro de distribuição urbano próximo aos locais de entrega, embora nem sempre seja fácil ou financeiramente viável conseguir estes espaços (Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016).

Economicamente falando as dificuldades encontradas são o elevado custo inicial, a diferença de custo dos VE para os VCI é diretamente relacionada ao tamanho dos veículos, sendo maior para caminhões, dos veículos, o elevado custo de reparo, dificuldade de compra de peças ou baterias para manutenção. A forma apontada para driblar as dificuldades econômicas foram políticas públicas e as principais medidas citadas foram fornecimento de subsídios, isenção nas taxações, vagas especiais, ausência de cobranças por estacionamento, permissão para utilizar faixas de ônibus, permissão para entrada em zonas de acesso restrito, ampliação do horário permitido para entregas (Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016).

Quanto a percepção da tecnologia, os motoristas se mostraram muito satisfeitos e com menor grau de ansiedade ao usar VE combinados com concessões especiais para estacionar, os operadores logísticos se mostraram preocupados em relação a adaptabilidade dos VE as necessidades da empresa, a autonomia, aos custos envolvidos, a ausência de opções no mercado, a capacidade da rede elétrica e a infraestrutura de recarga. A preocupação principal é relacionada as questões econômicas o que reforça a necessidade de políticas de incentivo. Os clientes se mostraram favoráveis a nova tecnologia, porém não estão dispostas a pagar mais por ela (Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016).

Concluiu-se que os VE ainda não são competitivos para entrega de cargas por questões econômicas, tecnológicas, de organização e de regulamentação, porém, com devidos incentivos públicos e avanço da tecnologia eles serão mais competitivos pois seu custo de

operação é 80% menor quando comparado aos veículos a diesel (Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016).

Quak, Nesterova e Rooijen (2016) realizaram uma revisão do estado da arte de barreiras e oportunidades do uso de veículos elétricos no transporte de carga. Os dados foram obtidos na literatura e nas informações do projeto FREVUE. Foi observada uma alteração da preocupação com a autonomia das baterias para uma preocupação maior com qual tipo de transporte é mais beneficiado pelo uso de VE e qual melhor rota de distribuição, o alto investimento inicial ainda foi um ponto crucial para a adoção dos VE e os incentivos financeiros se mostraram a melhor alternativa a curto prazo sendo potencializados por incentivos não financeiros. Uma barreira crucial foi o alto custo de manutenção e a falta de mão obra especializada, bem como dificuldades com a rede energética. O estudo concluiu que no âmbito tecnológico os VE de carga já são satisfatórios tendo suas principais barreiras nas questões econômicas.

Lebeau, Macharis e Mierlo (2016) realizaram um estudo com o objetivo de analisar as preferências das companhias de operação logística no que diz respeito ao tipo de veículo utilizado. Para tal foi realizada uma análise conjunta de escolha por meio de uma *survey*.

Foi apontado que o custo inicial do veículo é um fator muito importante para os operadores logísticos e que a preferência é por menores preços iniciais, eles também possuem preferência por menores custos de operação, porém foi observado que o menor custo de operação dos VE não influencia tanto quanto um aumento no custo de operação dos VCI. Quanto ao tempo de carregamento, embora não haja impacto na operação logística os tempos longos (8h) são considerados inviáveis enquanto o carregamento super-rápido (de 5 min a 30 min) é a opção preferida já que é possível carregar o veículo durante o carregamento da carga (Lebeau et al., 2016).

O volume preferido dos respondentes foi o de um veículo de 8m³ (Vans), nem o menor (3m³) e nem o maior (12m³), apontando que veículos médios são mais preferíveis. Em parte, este atributo se dá pelas leis e normas regulatórias a respeito da circulação de veículos com mais de 3,5ton de peso em áreas urbanas, entretanto, as vans se mostram mais eficazes em centros urbanos devido ao seu menor tamanho que proporciona maior facilidade de locomoção e estacionamento (Lebeau et al., 2016).

O impacto ambiental não foi considerado importante para os respondentes. Para as empresas que realizam o transporte de carga, os fatores mais significativos no nível de ansiedade foram falta de infraestrutura de recargas e a baixa autonomia e as

principais barreiras foram o custo inicial e a falta de especialistas na manutenção deste tipo de veículo (Lebeau et al., 2016).

As principais vantagens apontadas foram a capacidade de carregar no local de trabalho, o que poupa tempo e dinheiro de ir até postos de combustível, baixo custo operacional, assim como a ausência de ruídos e facilidade em dirigir o veículo (Lebeau et al., 2016).

Foi observada uma ausência de conhecimento a respeito dos veículos elétricos e seus modelos disponíveis no mercado e a crença de que o governo deveria estimular a adoção destes veículos, a medida apontada como principal foi a isenção de taxação por quilometragem, seguida de subsídios, incentivos fiscais e políticas de permissão de circulação em áreas restritas e a instalação de pontos de recarga super-rápida em postos de combustível (Lebeau et al., 2016).

Christensen, Klauemberg, Kveiborg e Rudolph (2017) realizaram uma análise em diferentes setores de negócio para determinar qual apresenta maior viabilidade de trocar a frota por VE bem como analisou as medidas de políticas públicas para auxiliar nesta viabilidade. O estudo se deu na Dinamarca e Alemanha por pesquisa bibliográfica e documental e foram estudados veículos leves usados para fins comerciais e vans pequenas (até 3,5ton).

Em termos de capacidade do veículo, distância diária percorrida, quilometragem geral, e distância média de viagem, em ambos os países, os setores e construção civil, saúde e prestação de serviço apresentaram viabilidade de troca para frota de VE (Christensen et al., 2017)

O estudo mostrou que as políticas regulatórias de cada país influenciam muito na viabilidade de uso de VE, incluindo políticas de taxações e regulamentações como tipo de habilitação para cada tipo de veículo (Christensen et al., 2017).

Cagliano, Carlin, Mangano e Rafele (2017) investigaram a difusão dinâmica de vans comerciais elétricas e híbridas na cidade de Torino, Itália e foi utilizado um modelo de sistema dinâmico baseado na teoria de difusão de Bass (Cagliano et al., 2017).

O modelo incluiu variáveis sobre a demanda de transporte de carga, frequência de entregas, capacidade de carga da van, rotinas, paradas, distância viajada e estações de recarga de veículos. Foi realizada uma análise para identificar os pontos que alavancam a difusão como contribuições públicas, propagandas, taxação a veículos poluentes e estratégias de otimização de rotina (Cagliano et al., 2017).

Concluiu-se que veículos de baixo impacto ambiental não oferecem vantagens econômicas sobre os convencionais pois requerem elevado investimento inicial e elevados custos operacionais. Para acelerar a adoção se mostraram viáveis a combinação de subsídios para os veículos e para as estações de recarga, taxação por emissão de carbono, taxação sobre tráfego de veículos poluentes. A intervenção pública foi eficiente somente quando utilizou um conjunto de medidas que facilitavam o uso de veículos menos poluentes e desencorajavam utilização dos veículos convencionais (Cagliano et al., 2017).

Teoh, Kunze, Teo e Wong (2018) avaliaram a influência de diferentes opções de carregamento no custo do ciclo de vida e na emissão de gás carbônico para veículos de transporte de carga. Dez cenários foram estudados, um para um veículo movido a diesel, dois para veículos elétricos sem aplicação de oportunidades de recarga, e sete para veículos elétricos com aplicação de oportunidades de recarga. As oportunidades de recarga consideradas foram: durante intervalos e mudanças de turno, durante atividades de carregamento, durante atividades de descarga e enquanto dirigindo em rodovias. O modelo de veículo usado para a simulação foi um veículo semi leve (caminhão pequeno).

A utilização de oportunidades de recarga diminuiu significativamente os custos do ciclo de vida e diminuiu a emissão de gás carbônico. Entretanto, esta medida isoladamente não é significativa para alterar a viabilidade do uso de veículos elétricos no transporte de carga, ela deve ser usada conjuntamente com outras medidas como redução do custo da bateria, redução no custo da energia e aplicação de políticas públicas. É uma opção altamente dependente de infraestrutura de recarga, especialmente as públicas (Teoh et al., 2018).

Morganti e Browne (2018) realizaram entrevistas com transportadoras e operadores logísticos que utilizavam vans elétricas em seus serviços de entrega para descobrir quais eram seus obstáculos técnicos e operacionais na rotina e realizaram entrevistas com os responsáveis pelas políticas públicas para entender as melhorias que poderiam ser feitas para aumentar a adesão dos veículos. Estas entrevistas ocorreram em Paris e Londres (Morganti & Browne, 2018).

As principais barreiras encontradas foram classificadas em quatro categorias: autonomia, risco de filas, restrições na capacidade de carga e rede elétrica (Morganti & Browne, 2018).

A autonomia dos veículos foi um dos principais problemas apontados e as soluções propostas foram aumentar a disponibilidade de infraestrutura de recarga, tanto pública quanto privada, para que operadores possam ter uma segurança maior de que não ficarão sem bateria ou recarregar seu veículo durante o horário de almoço (Morganti & Browne, 2018).

Os operadores mostraram preocupação em relação a pegar filas para reabastecer seus veículos em pontos externos. Este tempo de espera pode se dar pela baixa quantidade de estações com o tipo de *plug* necessário, pela demora para realizar registros ou pagamentos. Algumas soluções propostas foram o motorista ter sempre como saber o nível de bateria, aplicativos ou sites que mostrem postos de recarga, seus tipos de *plug* e sua ocupação e um registro a nível local, nacional e interestadual para facilitar pagamentos (Morganti & Browne, 2018).

O tamanho e o peso da bateria influenciam no quanto de carga o veículo comporta, principalmente para veículos menores como vans. Para evitar que o veículo ultrapasse o peso estipulado duas soluções foram propostas, uma é reduzir a quantidade de carga transportada o que requer alteração nas rotas e jornadas de trabalho e a outra foi contratar motoristas habilitados a dirigir uma categoria de maior peso, o que implica em salários mais altos. Uma outra alternativa é que vans elétricas recebam dispensa da limitação de peso ou recebam uma limitação de peso diferenciada (Morganti & Browne, 2018).

As estações de recarga são caras e instalá-las na empresa, apesar de permitir maior flexibilidade, apresentou alguns inconvenientes como necessidade de espaço, necessidade de certificações e avaliações por parte do corpo de bombeiros, necessidade de renovar a rede elétrica local e a necessidade de desenvolver habilidade de planejamento de recargas. Incentivos públicos para estações de recarga privadas são a solução proposta para os custos envolvidos (Morganti & Browne, 2018).

As políticas públicas propostas foram implantação de infraestrutura de recarga super rápida em larga escala pela cidade, permissão para circular em vias específicas, como linhas de ônibus, ampliação do horário permitido de circulação, agendamento para utilizar postos de recarga ou tomadas exclusivas para operadores logísticos, aumentar o limite de peso das vans elétricas e permitir que motoristas com habilitação B possam pilotar vans elétricas com mais de 3,5 ton (Morganti & Browne, 2018).

Concluiu-se que as barreiras envolvem uma complexa gama de questões técnicas, econômicas e políticas. As questões técnicas podem ser resolvidas com o avanço da tecnologia, mas como isso pode levar tempo são necessárias intervenções políticas a nível

operacional e econômico para que as vans elétricas possam ter adesão no mercado (Morganti & Browe, 2018).

Mirhedayatian e Yan (2018) realizaram um estudo no qual avaliaram o impacto de diferentes políticas públicas em uma empresa do setor de logística que utiliza veículos elétricos. Notou-se que subsídios de compra de veículo, criação de zonas livres de CO₂ na cidade nas quais apenas veículos elétricos podem circular e taxação de veículos a combustão aumentaram muito a viabilidade dos veículos elétricos. Concluiu-se que é muito importante a interação entre operadores logísticos e responsáveis por políticas públicas para que a viabilidade dos veículos de carga elétricos aconteça.

Fiori e Marzano (2018) desenvolveram um modelo de simulação de consumo de energia por veículos elétricos de transporte de carga, o modelo foi comprovado pela comparação com dados reais coletados em Roma e contrastado com os resultados obtidos para veículos de passageiros. O modelo pode ser utilizado conjuntamente com modelos de simulação de tráfego e ser aplicado para solucionar ou otimizar questões de rotina operacional, rotas de entrega, aproveitamento energético e até fornece uma melhor rotina para promover economia energética.

Breunig, Baldacci, Hartl e Vidal (2019) elaboraram um programa de simulação computacional, que se baseia em toda a rotina de uma região e nas operações logísticas da empresa para criar as melhores rotas e planejamentos logísticos. O programa foi capaz de elaborar as melhores rotinas de entrega para uma empresa com até 200 clientes dentro da mesma região.

Rizet e Hoai-Thu (2019) fizeram uma simulação do impacto econômico e social da substituição de toda a frota a diesel de entrega *last mile* da França por veículos de carga elétrico. Foram utilizados dois cenários, um no qual os veículos adotados foram vans com capacidade de carga de até 2 ton e outro no qual foram substituídos por um caminhão de 6 ton de capacidade de carga.

Em relação a emissão de gases do efeito estufa, o primeiro cenário, com as vans, diminui a emissão em 28% e o segundo cenário, com caminhões, em 35%. Quanto a questões econômicas, para os operadores logísticos o primeiro cenário implicou num aumento de custos operacionais de 4,6 bilhões de euro por ano enquanto o segundo cenário proporcionou uma redução de custos operacionais de 2,46 bilhões de euros ao ano. As autoridades deixariam de lucrar com as taxas sobre o diesel, essa

perda de lucros foi de aproximadamente 0,89 bilhões de euros por ano em ambos os casos.

Ambos os cenários diminuem a poluição urbana e o congestionamento sendo este efeito maior no segundo cenário. Desta forma concluiu-se que o primeiro cenário não é viável, porém o segundo cenário se mostrou favorável e economicamente mais vantajoso.

Na próxima seção é apresentada a metodologia do presente estudo, sua caracterização, a forma de coleta e análise dos dados e as limitações da pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção contém os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente, o estudo foi caracterizado por meio do delineamento da pesquisa como sendo uma pesquisa aplicada, exploratória, configurada como estudo de campo. Em seguida, foram apresentadas as fases do estudo com descrição dos recursos empregados para coleta e análise de dados.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este estudo tem como interesse principal identificar as principais barreiras a adoção de veículos elétricos no transporte de cargas na cidade de São Paulo.

Esta pesquisa pode ser classificada, quanto a sua natureza, como uma pesquisa aplicada, uma vez que é motivada pela necessidade de identificar as formas de acelerar a adoção de veículos elétricos no setor de logística em centros urbanos e apresenta uma exposição das barreiras e possíveis soluções para elas (Vergara, 2013).

Quanto ao objetivo, esta pesquisa pode ser classificada como exploratória pois propõe que a análise do uso de veículos elétricos encontrada e discutida na literatura seja validada quanto ao cenário na cidade de São Paulo (Prodanov & Freitas, 2013).

Quanto ao procedimento, este estudo pode ser considerado uma pesquisa de campo já que envolve uma investigação empírica, pelo levantamento de informações com os operadores logísticos e a realização de entrevista em uma empresa que utiliza veículos elétricos em suas atividades de transporte de carga (Vergara, 2013).

A metodologia deste trabalho engloba os seguintes procedimentos técnicos:

- Revisão estruturada da literatura
- Entrevista
- Elaboração e validação de questionário (Apêndice A)
- Levantamento dos dados

A Figura 19 resume as etapas que foram executadas nesta pesquisa, assim como os momentos nos quais determinados procedimentos foram adotados.

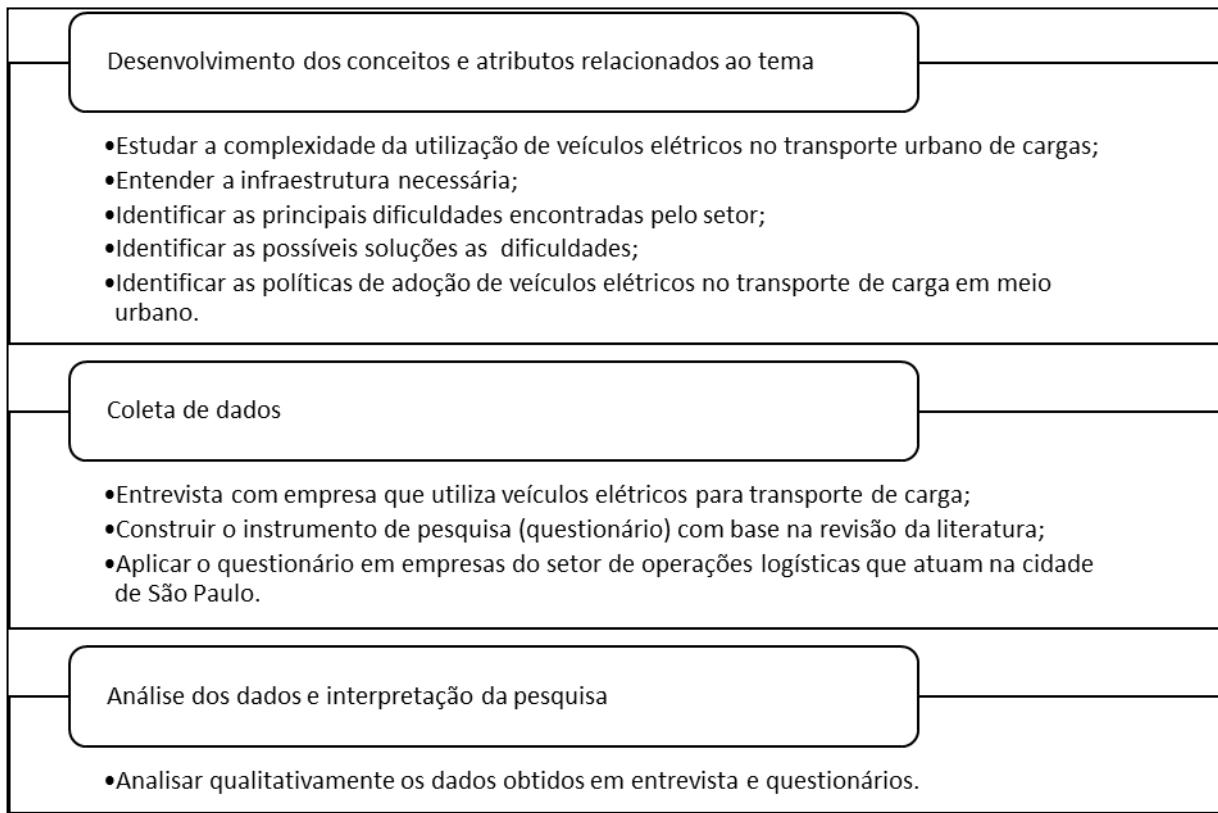


Figura 19: Síntese das etapas e procedimentos técnicos desta pesquisa

Fonte: O Autor

Este estudo foi estruturado com as fases necessárias para se realizar uma pesquisa de campo, segundo Prodanov e Freitas (2013), sendo a primeira fase uma pesquisa bibliográfica estruturada sobre as barreiras a adoção de veículos elétricos no transporte de carga urbano. A segunda fase foi a determinação do método de coleta de dados e a definição da amostra, sendo nesta fase realizada uma entrevista com uma empresa que utiliza veículos de carga elétricos para entrega de mercadorias na cidade de São Paulo e elaborado, como relatado no na seção 3.2, um instrumento de pesquisa sobre a viabilidade de uso de veículos elétricos no transporte de carga urbano, aplicado a operadores logísticos que atuam na cidade de São Paulo.

A última fase constituiu na análise qualitativa da entrevista e das respostas obtidas no questionário, de forma a obter os pontos mais cruciais que impedem a adoção dos veículos e os principais aceleradores desta adoção (Prodanov & Freitas, 2013).

Realizou-se uma revisão sistemática da literatura, para a qual seguiram-se os seguintes passos, como proposto por Thomé, Scavarda e Scavarda (2016):

- 1- Seleção das bases de dados, que incluiram *SCOPUS*, *Web of Science* e *Science direct*. A escolha das bases se deu por acessibilidade.

- 2- Identificação das palavras chave para a busca que resultaram na seguinte estrutura: (*“last mile” or “urban freight”*) and (*barrier or adoption or challenge or policies*) and *vehicle and electric*) direcionada ao título, resumo e palavras-chave dos artigos para selecionar os artigos que envolviam as barreiras, políticas de adoção e desafios relacionados ao uso de veículos elétricos no setor de transporte de carga e operação de última milha em centros urbanos. Foram consideradas publicações de artigos e anais de congressos publicados de 2013 a 2019. Como resultado, 55 publicações foram identificadas.
- 3- Exclusão das duplicatas, de forma que restaram 54 publicações.
- 4- Leitura do título e resumo, as publicações que tratavam de transporte de carga com veículos elétricos, mas não possuíam um foco em suas barreiras ou seus métodos de adoção e políticas de adoção foram excluídos e 37 publicações foram selecionadas para a leitura na íntegra.
- 5- Leitura na íntegra das publicações, com o mesmo critério de exclusão do passo anterior, gerando uma lista de 21 publicações, apresentadas na Figura 20.

Autor	Título	Ano	Periódico/Congresso
Macharis, Lebeau, Mierlo e Lebeau	Electric versus conventional vehicles for logistics: A total cost of ownership	2013	2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition, EVS 2014
Lebeau, Macharis, Mierlo e Maes	Implementing electric vehicles in urban distribution: A discrete event simulation	2013	2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition, EVS 2014
Tipagornwong e Figliozzi	Analysis of competitiveness of freight tricycle delivery services in urban areas	2014	Transportation Research Record
Foltynski	Electric Fleets in Urban Logistics	2014	Procedia - Social and Behavioral Sciences
Menga, Buccianti, Bedogni e Moroni	Promotion of freight mobility in Milan: Environmental, energy and economical aspects	2014	2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition, EVS 2014
Lebeau et al.	Conventional, Hybrid, or Electric Vehicles: Which Technology for an Urban Distribution Centre?	2015	Scientific World Journal
Taefi, Tessa T, Kreutzfeldt, Held e Fink	Strategies to increase the profitability of electric vehicles in urban freight transport	2015	Green Energy and Technology
Saenz-esteruelas, Figliozzi, Serrano e Faulin	Electrifying last-mile deliveries: A carbon footprint comparison between internal combustion engine and electric vehicles	2016	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)
Lebeau, Macharis e Mierlo	Exploring the choice of battery electric vehicles in city logistics: A conjoint-based choice analysis	2016	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review

Quak, Nesterova e Rooijen	Possibilities and Barriers for Using Electric-powered Vehicles in City Logistics Practice	2016	Transportation Research Procedia
Taefi, Kreutzfeldt, Held e Fink	Supporting the adoption of electric vehicles in urban road freight transport – A multi-criteria analysis of policy measures in Germany	2016	Transportation Research Part A: Policy and Practice
Taefi, Kreutzfeldt e Fink	Yielding a treasure: A transition management approach to electric urban freight vehicles in Germany	2016	EVS 2016 - 29th International Electric Vehicle Symposium
Quak, Nesterova, Rooijen e Dong	Zero Emission City Logistics: Current Practices in Freight Electromobility and Feasibility in the Near Future	2016	Transportation Research Procedia
Cagliano et al.	Analyzing the diffusion of eco-friendly vans for urban freight distribution	2017	International Journal of Logistics Management
Christensen, Klauenberg, Kveiborg e Rudolph	Suitability of commercial transport for a shift to electric mobility with Denmark and Germany as use cases	2017	Research in Transportation Economics
Mirhedayatian e Yan	A framework to evaluate policy options for supporting electric vehicles in urban freight transport	2018	Transportation Research Part D: Transport and Environment
Teoh, Kunze, Teo e Wong	Decarbonisation of urban freight transport using electric vehicles and opportunity charging	2018	Sustainability (Switzerland)
Fiori e Marzano	Modelling energy consumption of electric freight vehicles in urban pickup/delivery operations: analysis and estimation on a real-world dataset	2018	Transportation Research Part D: Transport and Environment
Morganti e Browne	Technical and operational obstacles to the adoption of electric vans in France and the UK: An operator perspective	2018	Transport Policy
Rizet e Hoai-Thu T	Economic cost of urban Freight GHG mitigation	2019	Advances in Intelligent Systems and Computing
Breunig, Baldacci, Hartl e Vidal	The electric two-echelon vehicle routing problem	2019	Computers and Operations Research

Figura 20: Periódicos considerados após a revisão sistemática da literatura

Fonte: Dados da pesquisa

A seção a seguir explica como se deu o procedimento de coleta de dados.

3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS

A segunda fase da pesquisa de campo consiste na delimitação da técnica empregada para coleta de dados que foi a realização de uma entrevista e a aplicação de questionário.

A entrevista foi realizada no dia 12 de abril de 2017, presencialmente na sede da empresa, com o responsável da sobre sustentabilidade, marcas e produtos e o analista de melhoria contínua, de forma não estruturada. Não foi permitida a gravação da entrevista e nem a divulgação do nome da empresa, de forma que neste estudo irá se referir a ela como empresa X.

A escolha da empresa para entrevista se deu respeitando o requisito de ser uma empresa que promovesse o transporte de cargas, utilizasse veículos elétricos e atuasse na cidade de São Paulo.

O questionário foi baseado nos pontos encontrados pela pesquisa estruturada e no trabalho de Morganti e Browne (2018), é semiestruturado, com perguntas em escala *Likert* e perguntas abertas, específico para os prestadores de serviço logístico, operadores logísticos e transportadores, com o intuito de identificar as principais barreiras e as soluções mais eficientes para a adoção de veículos elétricos de carga no setor.

O questionário foi enviado a especialistas da área a fim de refinar o instrumento de estudos. Os especialistas foram selecionados por acessibilidade e relevância ao setor (Vergara, 2013) sendo um deles pesquisador acadêmico do setor de logística urbana, pós doutor, pesquisando sobre transporte de carga em centros urbanos a três anos e o outro um profissional da área, especialista, atuando no setor a sete anos e meio e na mesma empresa há três anos.

Após análise do questionário pelos especialistas foram sugeridas alterações de linguagem e algumas alterações de conteúdo que foram acatadas neste estudo.

O questionário, apresentado no Apêndice A foi dividido em quatro blocos, descritos a seguir:

Bloco 1 – Informações sociais e caracterização da empresa.

Bloco 2 – Identificar as principais barreiras relacionadas a adoção de veículos elétricos para o transporte de carga,

Bloco 3 – Identifica as possíveis medidas para acelerar a adoção de VCE e sua influência.

Bloco 4 – Identifica barreiras ou medidas não citadas na literatura.

Para realização da coleta de dados utilizou-se a plataforma *Google Forms* e as respostas foram armazenadas em um banco de dados de acesso exclusivo ao pesquisador. O link da pesquisa foi enviado por e-mail para empresas que constam no banco de dados da Associação Brasileira de Operadores Logísticos (ABOL) e enviado diretamente para conhecidos que atuam no setor, pedindo que os mesmos repassassem a colegas de trabalho da

mesma ou de outras empresas, com a intenção de realizar um efeito bola de neve, no período de novembro de 2018 a janeiro de 2019.

Devido à dificuldade em mensurar a população de interesse, Operador Logístico que atua na cidade de São Paulo, a população foi considerada infinita e a amostragem se deu por conveniência.

A unidade amostral é o respondente já que o objetivo é identificar a visão agregada das empresas de operação logística.

Foram obtidas vinte e sete respostas ao total, das quais onze foram eliminadas por estarem incompletas resultando em dezesseis questionários válidos.

Os resultados do levantamento de dados dos dezesseis questionários coletados foram qualitativamente analisados conforme descrito a seguir.

3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS

Para a entrevista a análise de dados se deu de maneira qualitativa, com descrição narrativa.

Para o questionário a análise dos dados se deu com uma abordagem qualitativa com técnicas descritivas das questões abertas.

Desta forma, pretende-se obter um melhor entendimento da relevância dos atributos da adoção de veículos elétricos na cidade de São Paulo e sua complexidade.

3.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Uma das limitações apresentada pela pesquisa foi a falta de abertura por parte das empresas, principalmente as que já utilizam veículos elétricos na frota. Era previsto a realização de entrevistas com pelo menos três empresas diferentes que utilizam veículos elétricos para transporte de carga na cidade de São Paulo, porém duas delas não retornaram o contato e a que retornou não permitiu a gravação da entrevista, dificultando os procedimentos metodológicos.

Ainda relacionado a falta de abertura das empresas do setor, houve dificuldade em obter os contatos para envio dos questionários. A baixa taxa de respostas fez com que a pesquisa não caracterizasse devidamente a população alvo do estudo.

Outra limitação é o risco de o instrumento de dados não apresentar ajuste adequado. Apesar de ter passado pela análise de dois especialistas da área, um empresarial e um acadêmico, pode-se considerar que a validação do instrumento é deficiente e que seria ideal possuir mais especialistas, e até mesmo realizar uma reunião com todos estes especialistas juntos para gerar ideias e discutir a melhor configuração do instrumento. Essa limitação se deu em virtude da falta de abertura dos especialistas da área, principalmente dos empresários, em contribuir com a pesquisa.

Os respondentes dos questionários eram de cargos diversos dentro das empresas de forma que isso pode produzir viés das respostas obtidas.

O desconhecimento a respeito da tecnologia por parte dos respondentes do questionário também gera um viés de respostas já que eles não podem opinar ou opinam de forma neutra em relações q fatores que não entendem bem como volume de carga dos veículos, periculosidade do carregamento, entre outros fatores.

Teria sido ideal ter a participação de representantes do setor governamental e tomadores de decisões a respeito de políticas públicas, porém não foi possível o contato com essas pessoas, principalmente devido ao fato de haver mudanças no cenário político no ano de 2018.

Em relação a forma de disseminação do instrumento de estudos, o meio virtual acarreta algumas dificuldades e contribui para baixa taxa de respostas devido a diversos fatores como a impessoalidade do instrumento, ao anonimato no envio, a problemas técnicos e eletrônicos e promove a falta de interesse por parte dos respondentes. Este meio foi escolhido pela questão da acessibilidade já que não seria possível a veiculação do instrumento de forma presencial nas empresas devido as suas rotinas de trabalho.

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E MEDIDAS DE INCENTIVO

A literatura avaliada apresentou concordâncias tanto em relação as barreiras encontradas para a adoção de veículos de carga quanto em relação as medidas e soluções que podem contornar estas barreiras e até mesmo promover uma aceleração na adoção de veículos elétricos de carga por parte do setor de operação logística.

As barreiras apontadas pela literatura e suas possíveis soluções são apresentadas, de forma resumida na Figura 21.

Barreiras	Solução	Autores
Elevado custo do veículo / da bateria	Avanço da tecnologia	(Cagliano et al., 2017; Lebeau et al., 2016, 2013; Macharis et al., 2013; Mirhedayatian & Yan, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi et al., 2015; Tipagornwong & Figliozzi, 2014)
	Fornecimento de subsídios para aquisição do veículo	
	Diminuição do preço do veículo/ bateria	
Falta de opções de modelos no mercado	Utilização de veículos menores	
	Promoção de maior oferta de mercado com incentivos públicos as fabricantes locais	(Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi et al., 2015)
Baixa autonomia do veículo	Instalação de CDU perto da cidade	
	Instalação de infraestrutura de carregamento magnético nas ruas	(Foltyński, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018)
	Instalação de pontos de carregamento rápido	
	Recarregar a bateria durante momentos de carga, descarga e intervalo de almoço	
	Otimização das rotinas de entrega	
Capacidade de Carga	Utilização de fontes de geração de energia portáteis no veículo	
	Aumentar no número de veículos na frota	
	Aumentar no número de viagens	(Lebeau et al., 2013; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016)
Infraestrutura de recarga (pouca disponibilidade de infraestrutura pública, elevado custo de instalação de infraestrutura particular, periculosidade de manuseio)	Reestruturação da logística de distribuição	
	Instalação de infraestrutura de carregamento magnético nas ruas	
	Instalação de pontos de carregamento rápido	
	Recarregar a bateria durante momentos de carga, descarga e intervalo de almoço	(Foltyński, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018)
	Fornecimento de subsídios para instalação de infraestrutura de recarga	
Elevado tempo necessário para recarga	Recarregar a bateria durante momentos de carga, descarga e intervalo de almoço	
	Instalação de infraestrutura de carregamento magnético nas ruas	(Foltyński, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018)
	Utilização de fontes de geração de energia portáteis no veículo	
Baixa disponibilidade de mão de obra especializada para manutenção		(Lebeau et al., 2016; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016)
Elevado custo de		(Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak,

manutenção	Nesterova, Rooijen, et al., 2016)	
Necessidade de		
Reestruturação da	Utilização de modelos computacionais,	(Breunig et al., 2019; Fiori & Marzano, 2018;
logística de	simuladores e softwares	Lebeau et al., 2016)
distribuição		

Figura 21: Barreiras a adoção de VCE e suas respectivas soluções, encontradas na literatura

Fonte: O Autor

A principal barreira apontada por toda a literatura analisada neste estudo, desde 2013, é o elevado custo de compra dos veículos (Cagliano et al., 2017; Foltynski & Marcin, 2014; Lebeau et al., 2013; Lebeau et al., 2016; Macharis et al., 2013; Menga et al., 2013; Morganti & Browne, 2018; Quak et al., 2016a; Quak et al., 2016; Taefi et al., 2015).

Os veículos elétricos possuem valor equivalente a quase o dobro dos mesmos modelos a combustão interna, o que dificulta sua inserção no mercado. O componente mais custoso de um veículo elétrico é a sua bateria, desta forma, quanto maior for a categoria do veículo mais caro ele é e maior é a disparidade de preço quando comparado a um veículo convencional similar. O oposto vale para veículos pequenos como bicicletas, motocicletas, triciclos, quadriciclos e veículos de passeio. Como sua bateria é menor eles tendem a ser mais baratos tendo preços competitivos com outras opções convencionais e tornando-os mais viáveis (Lebeau et al., 2015; Macharis et al., 2013; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016).

O investimento inicial impacta significativamente no custo total de posse e com isso os veículos menores (até 1ton de capacidade de carga) são os considerados mais competitivos e economicamente viáveis no mercado (Lebeau et al., 2015; Macharis et al., 2013; Menga et al., 2013).

Para driblar esta barreira a solução encontrada foi o fornecimento de subsídios para compra dos veículos, de forma a minimizar o investimento inicial necessário e o investimento em centros de pesquisa para que a tecnologia possa avançar e se tornar mais econômica (Cagliano et al., 2017; Foltynski, 2014; Lebeau et al., 2016, 2013; Macharis et al., 2013; Menga et al., 2013; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016; Taefi et al., 2015; Tipagornwong & Figliozzi, 2014).

Observou-se que existe baixa disponibilidade de modelos de veículos de carga elétricos no mercado o que impacta diretamente sobre o preço do veículo. A produção em massa seria uma alternativa para redução de valor final de venda, mas para que a produção em massa ocorra é necessária demanda de mercado, de forma a se criar um problema cíclico. O

governo poderia fornecer subsídios e incentivos financeiros para as fabricantes de forma a aumentar a oferta de mercado. Além do impacto no valor de venda, a baixa quantidade de modelos existentes desestimula os operadores a realizar a adoção de VE pois nem sempre eles encontram modelos que atendam suas necessidades (Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016).

Diretamente relacionado a este problema está o problema do preço das baterias. As baterias têm uma vida útil menor do que a do veículo e necessitam ser substituídas, seu elevado custo é um problema significativo e, assim como o preço inicial do veículo, o preço das baterias varia de diretamente de acordo com o tamanho dos veículos. Para esta questão a única alternativa apontada é a redução do custo da bateria, que possivelmente se dará com o avanço da tecnologia (Lebeau et al., 2016; Macharis et al., 2013; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016).

A baixa autonomia dos veículos foi a segunda dificuldade mais citada na literatura. Embora os VE já possuam uma autonomia suficiente para satisfazer as necessidades dentro de um centro urbano, que apresenta distâncias mais curtas, a insegurança gerada pelo medo de ficar sem energia no meio das entregas ainda é alta. Soluções propostas foram a instalação de CDU perto da cidade e de micro CDU dentro das cidades, de forma a encurtar as distâncias, aumento da disponibilidade de infraestrutura de recarga supe-rápida e de infraestrutura de recarga magnética (que permite o veículo recarregar enquanto anda), a otimização e reestruturação das rotinas de entregas, a utilização de fontes de energia portáteis nos veículos como tetos com placa fotovoltaica ou micro gerador e o gerenciamento da rotina de abastecimento (Foltynski, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018).

Por possuírem baterias, que normalmente são volumosas e pesadas, os VCE acabam tendo menos volume para transportar carga ou menor capacidade de carga, em relação a modelos similares convencionais. Com isso se mostrou necessária a utilização de mais veículos na frota ou de mais viagens para realização da mesma quantidade de entregas. Uma alternativa apontada pela literatura é a otimização e reestruturação da rotina de entregas (Lebeau et al., 2013; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016).

A literatura mostrou que as preocupações relacionadas a infraestrutura de recarga se deram em relação a sua baixa disponibilidade, com pouca ou nenhuma quantidade de eletropostos, de forma que se torna necessária a instalação de um eletroposto particular na empresa, gerando mais um alto investimento necessário. Porém pode-se ver que o fato de

possuir uma estação própria trouxe benefícios para as empresas pois elas puderam recarregar o veículo no período noturno, quando não estavam em circulação, e deixaram de gastar com idas aos postos de combustível. Pela baixa disponibilidade de infraestrutura na cidade se mostrou necessário o gerenciamento da rotina de carregamento, realizando carregamentos nos períodos de carga e descarga dos veículos ou nos intervalos de almoço do motorista. As alternativas apontadas foram a instalação de mais eletropostos, e o fornecimento de subsídios para que as empresas possam adquirir suas estações de recarga (Foltynski, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018).

O gerenciamento de recarga da bateria, em conjunto com estações de recarga super-rápida, infraestrutura de recarga magnética e instalação de placas fotovoltaicas nos tetos dos carros foram as alternativas apontadas para driblar o longo período de tempo necessário para recarregar os veículos (Foltynski, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018).

Outras barreiras encontradas foram a baixa disponibilidade de mão de obra especializada para manutenção dos veículos, a dificuldade de encontrar peças de reposição, o elevado custo de manutenção e a necessidade de reestruturação da logística de entregas, para as quais as soluções seriam investimento em treinamento e capacitação de mão de obra para manutenção e utilização de modelos computacionais e softwares para otimização de logística de entrega (Breunig et al., 2019; Fiori & Marzano, 2018; Lebeau et al., 2016; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016).

A Figura 22 apresenta uma síntese das medidas que podem ser tomadas para promover a disseminação de VE no setor de logística e transporte de carga.

Formas de acelerar a adoção de VCE	Autores
Fornecimento de subsídio para investimento inicial	(Cagliano et al., 2017; Lebeau et al., 2016; Macharis et al., 2013; Mirhedayatian & Yan, 2018; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016; Taefi et al., 2015)
Elevar ou taxar os combustíveis fósseis	(Cagliano et al., 2017; Macharis et al., 2013; Mirhedayatian & Yan, 2018; Taefi et al., 2015)
Dedução do imposto de renda corporativo para quem comprar VE (com limite de tempo)	(Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Descontinuar os subsídios a outros tipos de combustíveis	(Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Diminuir a taxação para VE	(Christensen et al., 2017; Lebeau et al., 2016; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi,

	Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Criação de áreas de zero emissão de carbono na cidade	(Foltynski, 2014; Mirhedayatian & Yan, 2018; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016; Taefi et al., 2015)
Criação de vagas de estacionamento reservadas para VE	(Foltynski, 2014; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Permitir que veículos elétricos circulem em horário ampliado	(Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi et al., 2015)
Permitir que motoristas com carteira de habilitação categoria B dirijam VE com peso superior a 3,5 toneladas	(Christensen et al., 2017; Morganti & Browne, 2018; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Permitir que VE utilizem a faixa exclusiva de ônibus (ou qualquer outro tipo de faixa reservada)	(Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Permitir que VE estacionem em áreas reservadas ou estacionem gratuitamente em áreas pagas	(Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Permitir que VE acessem áreas de circulação restrita	(Lebeau et al., 2016; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Criação de política de certificação das empresas com benefícios para as certificadas	(Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Promoção de maior oferta de mercado com incentivos públicos as fabricantes locais	(Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi et al., 2015)
Obrigar a utilização de VE para prestação de serviços municipais	(Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Investimentos em infraestrutura de recarga	(Foltynski, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018)
Criação de micro CDU nas cidades (políticas como cessão de espaço ou diminuição de custos)	(Foltynski, 2014; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Promover a ampliação de oferta de mão de obra qualificada para manutenção de VE	(Lebeau et al., 2016; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016)
Utilizar os benefícios ambientais da eletromobilidade como marketing e captação de novos clientes	(Foltynski, 2014; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016)
Utilização de veículos menores como bicicletas, triciclos e quadriciclos	(Lebeau et al., 2015, 2016, 2013; Macharis et al., 2013; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016; Taefi et al., 2015; Tipagornwong & Figliozzi, 2014)

Figura 22: Formas de acelerar a adoção de VCE encontradas na literatura

Fonte: O autor

As principais formas de melhorar a viabilidade de VCE são as que envolvem as questões financeiras relacionadas ao uso deles. Para driblar o elevado investimento inicial propôs-se o fornecimento de subsídio para aquisição dos veículos ou investimento inicial

(Cagliano et al., 2017; Lebeau et al., 2016; Macharis et al., 2013; Mirhedayatian & Yan, 2018; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016; Taefi et al., 2015), a diminuição de taxas sobre VCE ou sobre empresas que os utilizem (Christensen et al., 2017; Lebeau et al., 2016; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016) e a dedução no imposto de renda corporativo para quem adquirir os veículos, em um período de tempo determinado, após a aquisição (Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016).

Além disso, outras medidas que alteram as questões econômicas relacionadas ao uso dos VCE, como elevar a taxação sobre os combustíveis fósseis (Cagliano et al., 2017; Macharis et al., 2013; Mirhedayatian & Yan, 2018; Taefi et al., 2015) e descontinuar o subsídio oferecidos a outros tipos de combustíveis (Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016) também auxiliam na viabilidade e aceleração de mercado.

A maior parte das medidas que melhoraram a viabilidade dos VCE apresentadas na literatura foram medidas legais como a criação de zonas livres de carbono nas cidades, nas quais apenas veículos que não emitem gás carbônico podem circular (Foltynski, 2014; Mirhedayatian & Yan, 2018; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016; Taefi et al., 2015), permitir que os VCE possa circular em zonas de circulação restrita (Lebeau et al., 2016; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016), permitir a entrega de cargas em horários ampliados ou a entrega noturna quando estas forem realizadas por VCE (Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi et al., 2015), criar vagas exclusivas para utilização de VCE (Foltynski, 2014; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016), isentar os VCE do pagamento de regiões onde o estacionamento de veículos é cobrado na rua (Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016), autorizar VCE a utilizarem faixas de rua de uso exclusivo, como faixas de ônibus (Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016) e autorizar motoristas habilitados para classe de veículos leves (como categoria B) a pilotarem VCE de classe superior, como veículos semi-pesados (Christensen et al., 2017; Morganti & Browne, 2018; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016).

O investimento em infraestrutura de recarga, tanto pública quanto privada, é crucial para promover a utilização de VCE. Esta infraestrutura deve abranger principalmente os métodos de recarga rápida e super-rápida e tecnologias de recarga em movimento, além do fornecimento de subsídios para instalação de estações de recarga próprias (Foltynski, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018).

O uso de CDU se mostrou fundamental para lidar com o problema da autonomia dos veículos, desta forma políticas que estimulem ou auxiliem a implantação destes centros, como cessão de espaço e diminuição de taxas são fundamentais, não apenas fora da cidade, mas também dentro dela para a instalação de micro CDU (Foltynski, 2014; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016).

A ausência de mão de obra qualificada para a manutenção dos veículos é um fator de preocupação dos operadores logísticos de forma que a programas de capacitação de mão de obra são essenciais (Lebeau et al., 2016; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016).

Outras medidas que se mostraram úteis na viabilização dos VCU foram a promoção de maior ofertas de modelos de veículo no mercado, por meio de incentivos aos fabricantes (Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi et al., 2015), a maior comunicação sobre a tecnologia de VE e seus benefícios ambientais e o uso destes argumentos como marketing para captação de novos clientes e nichos de mercado (Foltynski, 2014; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016), a criação de um programa de certificação para as empresas que favoreçam as certificadas com direitos exclusivos ou desconto de impostos (Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016) e a utilização de VCE para as entregas e prestações de serviço municipais (Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016).

Uma tendência observada na literatura foi a utilização de veículos menores para o transporte de carga dentro de áreas urbanas, estes veículos, como bicicletas, motocicletas, triciclos e quadriciclos possuem maior facilidade de circulação, muitas vezes podem utilizar ciclovias, estacionar em calçadas ou lugares pequenos e evitar os congestionamentos. Seus modelos elétricos são mais baratos pelo menor tamanho da bateria e alguns são competitivos em relação aos modelos convencionais, o uso dos modelos elétricos se mostrou mais econômico, em questões operacionais, que o de modelos a diesel ou gasolina (Lebeau et al., 2015, 2016, 2013; Macharis et al., 2013; Taefi, Kreutzfeldt, Held, et al., 2016; Taefi et al., 2015; Tipagornwong & Figliozzi, 2014).

Com base nas medidas apontadas pela literatura, um questionário foi enviado aos operadores logísticos de São Paulo com a intenção de identificar quais destas medidas seriam úteis para acelerar o uso de VCE. As respostas obtidas são discutidas na subseção a seguir.

4.2 ENTREVISTA

A entrevista foi realizada em forma de mesa redonda, simultaneamente com representantes de sustentabilidade e melhora contínua da empresa X. Foi realizada presencialmente, no dia 12 de abril de 2018, na sede da empresa e se deu de forma não estruturada.

A empresa X é uma companhia de capital aberto, atuante do setor de produtos de uso pessoal, perfumaria e cosméticos, com receita líquida de R\$ 7.912,7 em 2016, ativo total de R\$ 8.421,579 e patrimônio líquido de R\$ 996.385.

Foi fundada em 1969 e hoje atua de forma internacional. No Brasil possui duas fábricas, sendo uma delas no estado de São Paulo, sede no mesmo estado, além de um *hub* e oito centros de distribuição.

Possui uma filosofia sustentável e engloba em seus projetos internos medidas para mitigação e diminuição de poluentes, uma destas medidas é um programa de carbono neutro no qual a empresa almeja eliminar o que for possível de emissão de gás carbônico e mitigar a emissão do que não for possível eliminar, em toda a sua cadeia produtiva.

Os respondentes da entrevista foram o gerente de sustentabilidade e o analista de melhoria contínua da empresa.

Em parceria com a empresa de energia CPFL e a empresa de veículos Renault, a empresa X adotou em sua frota cinco veículos elétricos, em caráter de projeto piloto, para avaliar como seria o uso destes veículos para a entrega de produtos.

Os veículos foram integrados a frota em 2013, os modelos escolhidos foram os furgões Renault Kangoo Z.E. A Figura 23 apresenta as características técnicas destes veículos.

Nome	Fabricante	Capacidade de carga (Kg)	Velocidade máxima (Km/h)	Autonomia (Km)	Tempo de recarga da bateria (h)	Preço (R\$)
Renault						
Kangoo Express	Renault	650	130	175	8h em rede 220V 24h em rede 110V	Aproximadamente 4x mais que o modelo convencional
Z.E.						

Figura 23: Características técnicas dos veículos adotados pela empresa X

Fonte: Entrevista com representantes da empresa X

O carregamento destes veículos é realizado no próprio *hub* da empresa, onde foi instalada uma estação de recarga em parceria com a empresa de energia.

Apesar de possuírem um custo operacional inferior, os veículos se mostraram insuficientes para a rotina normal de entregas da empresa, que incluía muitas entregas de pequeno porte, com muitas paradas, de forma que a autonomia do veículo não era suficiente. As estações de recarga públicas, além de existirem em quantidades insuficientes, estão completamente depredadas, de acordo com a empresa X.

Os veículos eram úteis somente para entregas grandes, numa rotina de duas entregas por mês, sendo realizadas sete paradas em apenas um dia de trabalho.

O fato de a vida útil da bateria equivaler a metade da vida útil do veículo e do preço da bateria ser muito alto também foi apontado pela empresa como um fator de complicação.

No quesito de redução de emissões a empresa apontou que uma análise de todo o ciclo de vida dos veículos concluiu que veículos movidos a etanol, variando com a safra da cana, podiam chegar a mesma quantidade de emissões de gás carbônico que os elétricos.

A empresa afirmou que os veículos estavam se mostrando onerosos, não podiam ser utilizados na rotina normal de trabalho e que a empresa estava arcando com os custos por estes veículos apenas em prol do marketing que eles promoviam. A ausência de políticas públicas de incentivo foi pontuada como um dos principais problemas ao uso dos veículos para o transporte de cargas.

A Figura 24 resume os problemas encontrados pela empresa X para o uso de veículos de carga elétricos na cidade de São Paulo.

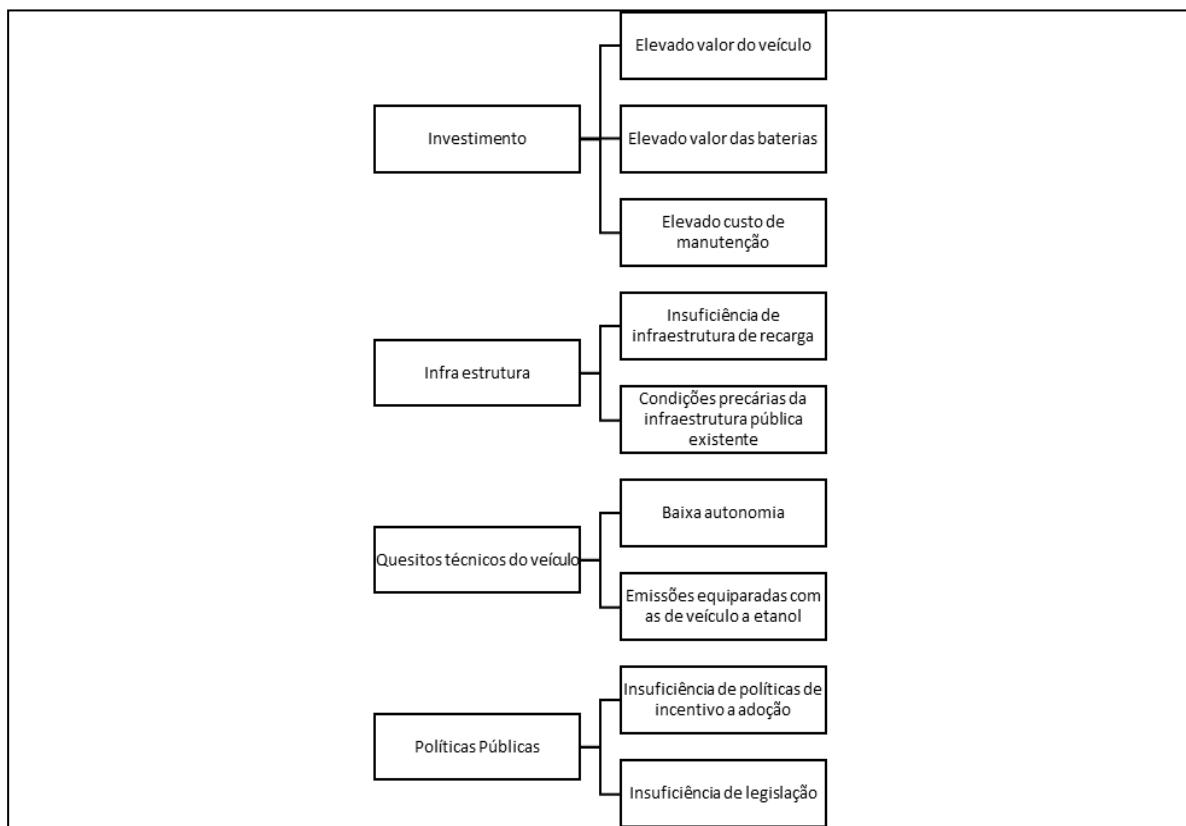


Figura 24: Problemas na adoção de veículos de carga elétricos da empresa X

Fonte: entrevista

A próxima subseção apresenta a análise dos questionários veiculados as empresas de operação logística.

4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS COM OPERADORES LOGÍSTICOS

Este tópico apresenta o levantamento de dados obtido por meio do questionário veiculado aos operadores logísticos.

Foram obtidas vinte e sete respostas ao total, sendo que apenas dezesseis foram consideradas válidas pois as demais estavam incompletas. O questionário foi veiculado a empresas de operação logística que atuam na cidade de São Paulo, não houve delimitação de cargo ou posição hierárquica para os respondentes.

O primeiro bloco do questionário diz respeito a caracterização dos respondentes e das empresas, a maioria dos respondentes possui ensino superior completo, são do gênero

masculino, estão em uma faixa etária de 36 a 45 anos e ocupam cargos de auxiliar de logística ou gerente de operações logísticas e estão na empresa a mais de 14 anos.

A maioria das empresas possui frota com mais de 30 veículos, utiliza utilitário, veículos comerciais leves e caminhões, abastecidos a diesel, etanol e gasolina. Apenas um respondente possuía veículos elétricos na frota da empresa.

O segundo bloco diz respeito as barreiras e medidas aceleradoras da adoção dos veículos elétricos.

Quanto as dificuldades encontradas para o uso de veículos elétricos na cidade de São Paulo, a principal delas apontada nos questionários foi o elevado custo do veículo, tendo concordância parcial ou total por parte de todos os respondentes e sendo o fator mais pontuado nas questões abertas como motivo para não utilizar a tecnologia.

Na entrevista realizada com a empresa X, foi pontuado que a empresa só utilizava os veículos pelo fato de eles terem sido oferecidos como uma parceria entre a fabricante e a empresa de energia e que caso tivessem que arcar com os custos do veículo eles não adotariam esta opção já que os veículos chegam a custar de duas a quatro vezes mais o valor de seus similares convencionais. Este fator, apontado na literatura por diversos autores como apresentado anteriormente na Figura 21, tem como principal solução apontada o fornecimento de subsídios para o investimento inicial.

De acordo com as respostas dos questionários, o subsídio, para efetivamente ser útil na adoção dos veículos elétricos teria de ser superior a 30% do valor do veículo, preferencialmente de 50% do valor do veículo. Além do fornecimento de subsídios, os respondentes apontaram que a adoção dos veículos seria possível caso o valor dos veículos, tanto do puramente elétrico quanto do híbrido, de pelo menos 30% e ideal de 50%.

Em relação a outros incentivos financeiros, a redução do imposto de renda corporativo em 50%, no primeiro ano de compra dos veículos, apontada na literatura por Lebeau et al. (2013) e por Taefi, Kreutzfeldt, Helld, et al. (2016) foi considerada, por unanimidade, uma medida que auxiliaria na adoção dos veículos elétricos e híbridos. Políticas de redução nas demais taxações sobre o veículo também foram apontadas como significativas, porém em menor intensidade que os subsídios e a redução de imposto de renda.

O custo da bateria, fator similar ao custo do veículo, também foi apontado em unanimidade como fator impeditivo ao uso da tecnologia pelos respondentes. As medidas para amenizar esta barreira são as mesmas que as oferecidas para amenizar o custo do veículo.

Sobre as opções de modelo no mercado, a maioria dos respondentes apontou como uma barreira, colocou como fator limitante nas questões abertas e afirmou não conhecer

nenhum modelo de veículo elétrico de carga, de forma que esta barreira também está em concordância com a literatura e as medidas necessárias para amenizá-la são incentivos as fabricantes e montadoras para aumentar a oferta de mercado. Neste ponto a influência das políticas públicas é fundamental já que por regulação de mercado a falta de procura do produto gera falta de opções de mercado e a falta de opções de mercado gera falta de procura pelo produto sendo um problema cíclico e que será contornado apenas com medidas reguladoras de promoção da tecnologia, como apontado por Taefi et al. (2015) e Quak et al. (2016).

Um dos fatores mais polêmicos apresentados pela literatura é a autonomia do veículo, nas respostas obtidas observou-se uma variação em relação a este fator, sendo que a maior parte dos respondentes acreditam que a autonomia dos veículos seria suficiente para suas necessidades, havendo uma discordância em relação a este fator ser uma barreira.

Durante a entrevista realizada a autonomia se mostrou uma barreira, sendo que os veículos elétricos só podiam ser utilizados em determinados tipos de entrega, que eram de menor frequência e maior volume. A literatura afirma que para o uso dos veículos elétricos existe a necessidade de adequação nas operações de distribuição e muitas vezes a necessidade de um remanejamento de entregas e distribuição de cargas, a maioria dos respondentes apresentou uma opinião neutra quanto a este fator (Foltynski, 2014; Taefi et al., 2015 e Taefi, Kreutzfeldt, Helld, et al., 2016). Ainda como questão apresentada na literatura em relação a autonomia dos veículos, para a maioria dos serviços de entrega em área urbana a autonomia dos veículos é suficiente, mas que este fator compõe o rol de ansiedade dos operadores logísticos em relação a tecnologia.

Uma alternativa apontada pela literatura para minimizar a ansiedade e para auxiliar na difusão da tecnologia é a instalação de infraestrutura de recarga pública (Foltynski, 2014; Lebeau et al., 2016; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Taefi et al., 2015; Teoh et al., 2018). Os respondentes do questionário acreditaram que a instalação de uma estação de recarga própria é muito cara e na cidade de São Paulo as ofertas de postos de recarga público são insuficientes ou inexistentes. A maior parte dos respondentes apontaram que a instalação de postos de recarga rápido em postos de gasolina influenciaria a empresa na adesão da tecnologia. Este é outro fator cíclico já que a falta de oferta de infraestrutura diminui a adesão a tecnologia e a baixa adesão faz com que não haja preocupação com oferta de infraestrutura sendo apontado na literatura a necessidade de políticas públicas relacionadas a disseminação de infraestrutura de recarga.

Na entrevista realizada na empresa X, a empresa recebeu da companhia de eletricidade um posto de recarga particular, o que eliminou esta barreira, porém afirmaram que quando havia necessidade de utilizar um ponto público de recarga, além da falta de oferta, os pontos existentes estavam depredados e muitas vezes inutilizados. Este fator aponta uma característica regional, sendo necessária a vigilância e manutenção sobre os pontos de recarga existentes e está relacionado ao baixo uso da tecnologia.

Foi apontado pela literatura que para o transporte de carga a maioria dos operadores logísticos prefere recarregar o veículo em períodos noturnos na própria empresa. Em São Paulo, uma série de políticas públicas incentiva a distribuição de carga no período noturno e muitas empresas realizam entregas 24h, entretanto nas respostas obtidas, o tempo de recarga não foi considerado longo nem incompatível com as atividades da empresa, contrariando a literatura. Durante a entrevista o tempo de recarga também não foi pontuado como um problema pela empresa X. Os respondentes também não consideram o uso de infraestrutura própria como algo perigoso.

No entanto a instalação de infraestrutura de recarga particular foi considerada de elevado custo pelos respondentes e a maioria acredita que a rede de distribuição de energia é insuficiente ou falha para promover a recarga dos veículos sendo estes fatores que desestimulam a utilização de veículos elétricos. Este fato se confirma pela literatura que mostrou que caso a frota seja muito grande ou hajam muita demanda na rede de energia elétrica os veículos não se carregam completamente no período ideal de recarga (Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016).

Ainda em relação a medidas para sanar problemas com a autonomia do veículo, a literatura acredita que o uso de centros de distribuição urbana, tanto próximos quanto no interior da cidade é uma medida efetiva, mas apontou que esta medida tem entraves como o custo dos terrenos e a dificuldade em encontrar locais para tal instalação (Quak, Nesterova, Rooijen et al., 2016). Os respondentes apontaram que se houvessem tais centros na cidade de São Paulo a adesão da tecnologia seria aumentada.

Em relação a capacidade de carga dos veículos elétricos e híbrido, eles tendem a ter menor volume para o transporte de carga já que as baterias ocupam espaço e são pesadas. Na literatura este foi um fator importante para a baixa adesão da tecnologia já que seriam necessários mais veículos para transportar a mesma quantidade de carga, entretanto nas respostas do questionário foi observado que este não é um fator relevante e a maioria dos respondentes acredita que não há diferença entre os volumes para carga e a maioria expressou

opinião neutra em relação as necessidades de gerenciamento de rotas de entregas de mercadorias.

Isso pode mostrar a falta de conhecimento em relação a tecnologia, que é um fator apontado pela literatura, não exatamente como uma barreira, mas como uma forma de auxiliar a adoção da tecnologia. A promoção de informações a respeito da tecnologia, por meio de propagandas e campanhas.

A oportunidade de experimentar a tecnologia como forma de campanhas publicitárias se mostrou um influenciador importante na adoção de veículos elétricos de passeio. As pessoas se tornam mais abertas e propensas a utilizar a tecnologia depois que a experimentam (Vassileva & Campillo, 2017). Pode-se assumir que o mesmo fator acontece para veículos de transporte de carga já que está relacionado com questões de adesão de tecnologia e percepção por parte do usuário.

Outro ponto que mostra um possível desconhecimento em relação a tecnologia de veículos elétricos foi o fato da maioria dos respondentes apresentar opinião neutra quanto a custos operacionais do veículo e quanto a eficiência. Na entrevista foi considerado que o veículo possui um custo operacional inferior aos de combustão interna e maior eficiência, e esta é uma das principais vantagens apontadas na literatura.

Para fatores relacionados a manutenção do veículo, as três fontes de informação, literatura, entrevista e questionários concordaram que há ausência de oferta de mão de obra especializada no mercado e que os custos com manutenção são muito elevados sendo este um entrave, principalmente no transporte de carga em que os veículos não podem ficar muito tempo parados para não gerar prejuízos a empresa.

Um resumo das concordâncias entre literatura, entrevista e respondentes do questionário, quanto as barreiras apresentadas para adoção de veículos elétricos para o transporte de carga, é apresentado na Figura 25, na qual o fator considerado uma barreira foi sinalizado com um x.

Barreiras	Literatura	Entrevista	Questionários
Elevado custo do veículo	x	x	x
Elevado custo da bateria	x	x	x
Falta de opções de modelos no mercado	x		x
Baixa autonomia do veículo	x	x	
Menor capacidade de Carga	x		
Ausência de infraestrutura de recarga pública	x	x	x
Elevado custo de instalação de infraestrutura particular	x		x
Periculosidade de manuseio para recarga	x		
Elevado tempo necessário para recarga	x		
Baixa disponibilidade de mão de obra especializada para manutenção	x		x
Elevado custo de manutenção	x		x
Necessidade de Reestruturação da logística de distribuição	x	x	

Figura 25: Comparativo entre barreiras a adoção de veículos elétricos para o transporte de carga por diferentes fontes

Fonte: O Autor

O terceiro bloco consiste na identificação de medidas que podem auxiliar na adoção de veículos elétricos. A literatura sugere uma série de medidas que podem acelerar a adoção dos veículos elétricos, apresentadas na Figura 22. A maior parte das medidas apresentadas é relacionada a políticas públicas sejam elas de incentivo financeiro, fiscal ou regulamentadoras.

Na coleta de dados deste estudo a entrevista apontou uma lacuna nas políticas públicas relacionadas a veículos elétricos de carga e a maioria dos respondentes do questionário afirmou não conhecer estas políticas e que elas eram insuficientes para incentivar o uso dos veículos.

A medida com maior impacto sobre a adesão de veículos elétricos de carga apresentada pela literatura foi o fornecimento de subsídios para o investimento inicial ou aquisição do veículo. Para os respondentes do questionário este subsídio teria de ser de 30% ou mais em relação ao valor do veículo, preferencialmente superior a 50%.

A redução de taxações sobre o veículo também se mostrou uma medida importante para os respondentes do questionário, em concordância com a literatura. A medida com maior impacto se mostrou ser a dedução de 50% no imposto de renda corporativo no primeiro ano de compra do veículo, afirmando a proposição de Lebeau et al. (2013) e por Taefi, Kreutzfeldt, Helld, et al. (2016).

A literatura aponta que o aumento de taxação sobre os combustíveis fósseis e a descontinuação de subsídios para estes é um fator crucial na adoção dos veículos elétricos (Cagliano et al., 2017; Macharis et al., 2013; Mirhedayatian & Yan, 2018; Taefi et al., 2015). As respostas dos questionários afirmaram a influência desta medida, pontuando os aumentos no preço dos combustíveis, independentemente do tipo de combustível (Diesel, biodiesel, gasolina, etanol, GNV) como um fator que levaria ao uso de veículos elétricos, principalmente para aumentos superiores a 50% do valor atual.

No Brasil, com as diversas políticas e subsídios de incentivo ao etanol e ao biodiesel, essa medida pode ser crucial para tornar os veículos elétricos competitivos.

Em relação as medidas e políticas de caráter regulatório, a literatura aponta que benefícios relacionados ao estacionamento dos veículos para carga e descarga como vagas especiais e ausência de cobrança do estacionamento influenciam na adesão dos veículos, tais medidas não se mostraram significantes para os respondentes do questionário (Foltynski, 2014; Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi et al., 2015; Kreutzfeldt, & Fink, 2016).

Outras medidas apresentadas pela literatura que não se confirmaram importantes aos respondentes do questionário foram a permissão para circular em áreas restritas, permissão de horário ampliado para circulação e permissão para utilizar faixas exclusivas, como as de ônibus (Morganti & Browne, 2018; Quak, Nesterova, & Rooijen, 2016; Quak, Nesterova, Rooijen, et al., 2016; Taefi et al., 2015).

A regulamentação para veículos de carga em São Paulo já trabalha para estimular as entregas noturnas possuindo uma zona de máxima restrição de circulação para caminhões onde estes não podem circular na maior parte do período diurno. Em consequência desta legislação, a maioria dos operadores logísticos passou a atuar com veículos urbanos de carga, que são permitidos nesta área em período integral, desta forma, este tipo de medida regulatória poderia ser útil caso os VUC movidos a combustíveis fósseis passassem a ser proibidos na ZMRC ou se outras áreas, com restrição a emissão de carbono fosse criada.

As medidas de certificações e de permissão para que motoristas com um nível de habilitação dirijam veículos maiores foram pontuadas como muito significativas pelos respondentes, sendo as únicas medidas regulatórias nas quais houve concordância entre a literatura e as respostas dos questionários (Christensen et al., 2017; Morganti & Browne, 2018; Taefi, Kreutzfeldt, & Fink, 2016).

Como já discutido anteriormente, é fundamental que haja incentivo aos fabricantes para aumentar a oferta de veículos para o transporte de carga com propulsão elétrica no

mercado, investimentos em infraestrutura pública de recarga e em capacitação de mão de obra especializada para manutenção dos veículos e o incentivo a criação de centros de distribuição urbana de carga na cidade.

A Figura 26 apresenta um resumo dos pontos de concordância entre as diferentes fontes pesquisadas em relação as medidas de aceleração da adoção de veículos elétricos de carga.

Tipo de medida	Medidas para acelerar a adoção de VCE	Literatura	Entrevista	Questionários
Medidas de incentivo financeiro e fiscal	Fornecimento de subsídio para investimento inicial	x	x	x
	Elevar ou taxar os combustíveis fósseis	x	x	x
	Dedução do imposto de renda corporativo para quem comprar VE (com limite de tempo)	x	x	x
	Descontinuar os subsídios a outros tipos de combustíveis	x	x	x
	Diminuir a taxação para VE	x	x	x
Medidas regulatórias	Criação de áreas de zero emissão de carbono na cidade	x		
	Criação de vagas de estacionamento reservadas para VE	x		
	Permitir que veículos elétricos circulem em horário ampliado	x		
	Permitir que motoristas com carteira de habilitação categoria B dirijam VE com peso superior a 3,5 toneladas	x		x
	Permitir que VE utilizem a faixa exclusiva de ônibus (ou qualquer outro tipo de faixa reservada)	x		
	Permitir que VE estacionem em áreas reservadas ou estacionem gratuitamente em áreas pagas	x		
	Permitir que VE acessem áreas de circulação restrita	x		
	Criação de política de certificação das empresas com benefícios para as certificadas	x	x	x
	Promoção de maior oferta de mercado com incentivos públicos as fabricantes locais	x		x
	Obrigar a utilização de VE para prestação de serviços municipais	x		
Medidas organizacionais	Investimentos em infraestrutura de recarga	x	x	x
	Criação de micro CDU nas cidades (políticas como cessão de espaço ou diminuição de custos)	x		x
	Promover a ampliação de oferta de mão de obra qualificada para manutenção de VE	x		x
	Utilizar os benefícios ambientais da eletromobilidade como marketing e captação de novos clientes	x	x	x
	Utilização de veículos menores como bicicletas, triciclos e quadriciclos	x	x	

Figura 26: Comparação de importância das medidas para adoção de veículos elétricos de carga

Fonte: O Autor

Muitas das medidas acima citadas não foram discutidas na entrevista, principalmente por conta do caráter de projeto piloto do uso dos veículos elétricos pela empresa. Em relação

ao marketing ambiental, a empresa afirmou que este é o único motivo por manter os veículos elétricos em circulação. Esse fator não foi abordado diretamente no questionário, mas apareceu como um fator importante nas questões abertas.

Pela legislação vigente em São Paulo, já houve uma tendência a usar veículos menores para o transporte de carga, principalmente VUC e motocicletas. Algumas empresas utilizam bicicletas para as entregas de produtos menores ou em menor quantidade, como entrega de alimentos a domicílio, entretanto a geografia da cidade e a falta de manutenção da infraestrutura para estes veículos dificulta sua adesão. Quanto a triciclos e quadriciclos, a falta de regulamentação e legislação específica são um fator crucial. Estes pontos não foram abordados no questionário. Durante a entrevista, a empresa X afirmou usar triciclos elétricos com elevado índice de sucesso em uma cidade do Nordeste.

A comparação entre a literatura internacional analisada e as respostas fornecidas pelos prestadores de serviço da cidade de São Paulo apresentou alguns pontos de convergência e outros de divergência sendo que, para a realidade da cidade de São Paulo, a Figura 27 apresenta as principais barreiras pontuadas, em ordem de importância e a Figura 28 apresenta as principais medidas e políticas públicas a serem adotadas, em ordem de importância.

Barreiras
Elevado custo do veículo
Elevado custo da bateria
Falta de opções de modelos no mercado
Ausência de infraestrutura de recarga pública
Elevado custo de instalação de infraestrutura particular
Baixa disponibilidade de mão de obra especializada para manutenção
Elevado custo de manutenção
Necessidade de Reestruturação da logística de distribuição

Figura 27: Principais barreiras a adoção de veículos elétricos de carga para a cidade de São Paulo

Fonte: O autor

Medidas para acelerar a adoção de VCE
Fornecimento de subsídio para investimento inicial
Elevar ou taxar os combustíveis fósseis
Dedução do imposto de renda corporativo para quem comprar VE (com limite de tempo)
Descontinuar os subsídios a outros tipos de combustíveis
Diminuir a taxação para VE
Permitir que motoristas com carteira de habilitação categoria B dirijam VE com peso superior a 3,5 toneladas
Criação de política de certificação das empresas com benefícios para as certificadas
Promoção de maior oferta de mercado com incentivos públicos as fabricantes locais
Investimentos em infraestrutura de recarga
Criação de micro CDU nas cidades (políticas como cessão de espaço ou diminuição de custos)
Promover a ampliação de oferta de mão de obra qualificada para manutenção de VE

Figura 28: Principais medidas para adoção de veículos de carga elétricos na cidade de São Paulo

Fonte: O autor

O quarto bloco teve como objetivo identificar possíveis barreiras ou medidas de adoção que não tivessem sido citadas na literatura. Quanto as questões abertas, os principais motivos pontuados para não adoção de veículos elétricos foi o custo inicial do veículo e a ausência de infraestrutura de recarga pública e a principal razão pontuada para veículos elétricos híbridos foi o custo do veículo. Quanto aos benefícios apontados na utilização destes veículos foram considerados o custo benefícios e o impacto ambiental como principais vantagens relacionadas ao uso.

A seção a seguir apresenta as conclusões a respeito deste estudo e sugestões de aprimoramentos e futuras pesquisas.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Existe uma tendência mundial a eletrificação das frotas de transporte visto as necessidades ambientais de redução de emissão de GEE e a intenção da comissão europeia de reduzir pela metade o número de veículos convencionais circulando nos centros urbanos até

2030 e reduzir totalmente o número destes veículos circulando em centros urbanos até 2050 (Giordano et al., 2018).

O Brasil tem o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa [GEE] em 37% abaixo dos níveis de 2005 até o ano de 2025 e em 43% abaixo dos níveis de 2005 até o ano de 2030 (Marcovitch, 2016).

O transporte urbano de cargas tem um impacto significativo na emissão de gases poluentes e de GEE sendo que em 2017, na região metropolitana de São Paulo, foi responsável por 25% das emissões (CETESB, 2017).

Com isso surge a necessidade de eletrificação do transporte de carga por meio da adoção de veículos elétricos. A comissão europeia pretende tornar o transporte de carga livre de emissões de gás carbônico na fonte até 2030 (Giordano et al., 2018).

O uso de veículos elétricos no transporte de carga apresenta diversas dificuldades econômicas e técnicas como o elevado preço dos veículos e das baterias, a necessidade de reposição da bateria aproximadamente a metade da vida útil do veículo, gastos com instalação de estação de recarga, elevados custos de manutenção, ausência de mão de obra especializada para manutenção, falta de infraestrutura de recarga pública, elevado tempo de recarga, diminuição do volume disponível para o transporte de carga, baixa autonomia do veículo, baixa disponibilidade de modelos no mercado e uma necessidade de gerenciamento das entregas e das viagens para se adequar a autonomia do veículo, como foi apresentado na Figura 21.

Como medidas que auxiliam a adoção destes veículos foram citadas medidas de caráter fiscal e econômico como fornecimento de subsídios, diminuição na taxação dos veículos, aumento sobre a taxação dos combustíveis fósseis, medidas reguladoras como vagas especiais para estacionar estes veículos, permissão de circulação em áreas restritas, permissão para utilização de faixas restritas, certificação de empresas dentre outras e medidas operacionais como investimento na instalação de infraestrutura de recarga, criação de micro centros de distribuição urbana, promoção de maior oferta de mercado, como apresentado na Figura 22.

Para avaliar as dificuldades e as medidas de incentivo do uso de veículos elétricos de carga pelo setor logístico na Cidade de São Paulo este trabalho realizou entrevista com uma empresa que já utilizava veículos elétricos e coletou informações de operadores logísticos no geral por meio da veiculação de questionários. Estas informações foram tratadas qualitativamente e comparadas com as informações encontradas na literatura.

O estudo concluiu que a principal barreira ao uso dos veículos elétricos de carga na cidade de São Paulo é o elevado custo dos veículos, seguida da falta de infraestrutura de recarga e baixa disponibilidade de modelos no mercado.

Também foram pontuados como entraves o elevado custo para a instalação de estação de recarga própria, elevado custo de manutenção e ausência de mão de obra especializada. Observa-se que as principais barreiras apontadas são de caráter econômico, de forma que as principais medidas para acelerar a adoção destes veículos serão as medidas fiscais e financeiras, como fornecimento de subsídios, diminuição na taxação e descontinuar os subsídios sobre outros combustíveis como etanol e biodiesel, além de elevar a taxação sobre todos os combustíveis fósseis.

Estas medidas visam apenas o benefício de adoção a veículos elétricos e não consideram um contexto econômico geral, sendo necessário um estudo de impactos econômicos e sociais relativos a elas.

As medidas de caráter regulador que se mostram promissoras para a cidade de São Paulo são a criação de certificações especiais para empresas que utilizam os veículos elétricos e permitir que motoristas de categoria mais baixa dirijam veículos mais pesados caso estes veículos sejam elétricos.

Por conta da legislação de zona de máxima restrição a circulação na cidade de São Paulo, que proíbe caminhões mas permite a circulação de VUC no período diurno e os isenta do rodízio municipal de veículos, as medidas que envolvem permissões para circular em áreas restritas se tornam ineficientes, sendo necessária alteração na permissão de circulação desta região para que haja maior influência no uso dos veículos elétricos.

Medidas organizacionais como incentivar as montadoras a terem mais oferta de veículos no mercado, investimento em infraestrutura pública de recarga e a criação de micro centros urbanos de distribuição de carga também podem ser eficientes para a cidade.

Os veículos elétricos de carga ainda não são viáveis na cidade de São Paulo, principalmente por conta de questões econômicas e ausência de infraestrutura. É de fundamental importância a aplicação de políticas públicas em nível regional e municipal para que haja aceleração no processo de eletrificação dos veículos do setor de logística.

Este estudo apresenta uma análise das barreiras para adoção de veículos de carga elétricos na cidade de São Paulo, contribuindo assim para a teoria de estudos sobre veículos elétricos no Brasil e sobre adoção de veículos elétricos para o transporte de carga de forma geral.

Neste estudo destacaram-se as principais barreiras para adoção de veículos elétricos no setor de logística na cidade de São Paulo e as medidas de aceleração da adoção destes veículos que teriam mais impacto na cidade, isto pode contribuir na prática fornecendo uma ferramenta para que empresas e tomadores de decisão política saibam quais os principais aspectos devem abordar ou para que saibam quais são os aspectos mais cruciais e tenham assim um auxílio na tomada de decisões.

A sugestão para continuidade deste estudo e para estudos futuros é o panorama de políticas públicas com previsões para a cidade por meio de entrevistas com os responsáveis pelo setor de mobilidade urbana e estudos de caso com empresas pioneiras no uso destes veículos de forma a tentar conciliar as necessidades, aproveitar as soluções encontradas e definir quais as medidas seriam efetivamente mais eficientes para a cidade.

REFERÊNCIAS

- Aditjandra, P. T., Galatioto, F., Bell, M. C., & Zunder, T. H. (2016). Evaluating the impacts of urban freight traffic: Application of micro-simulation at a large establishment. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 16(1), 4–22. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3831>
- Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL]. (2018). *Perdas de Energia*. Retrieved from http://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800
- Arbex, M. A., Santos, U. de P., Martins, L. C., Saldiva, P. H. N., Pereira, L. A. A., & Braga, A. L. F. (2012). A poluição do ar e o sistema respiratório. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 38(5), 643–655. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>
- Arioli, V. T., Pinto, D. R., Hax, G. R. T., Nascimento, T. C. D., Beck, R. F., Goiabeira, V. C. P. M., & Teixeira, W. W. (2018). Results and Experiences Obtained from the Living Lab of the Electric Mobility Project-A Brazilian Case Study. In *2017 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2017 - Proceedings* (Vol. 2018–Janua, pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/VPPC.2017.8330962>
- Associação Brasileira de Veículos Elétricos [ABVE]. (2018). Portal da Associação Brasileira de veículos elétricos. Retrieved March 24, 2018, from <http://www.abve.org.br/>
- Ballou, R. H. (2001). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial* (4th ed.). Porto Alegre. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000206&pid=S1519-7077200300030000800001&lng=pt
- Breunig, U., Baldacci, R., Hartl, R. F., & Vidal, T. (2019). The electric two-echelon vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 103, 198–210. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.11.005>
- Brito, J. M., Belotti, L., Toledo, A. C., Antonangelo, L., Silva, F. S., Alvim, D. S., ... Rivero, D. H. R. F. (2010). Acute Cardiovascular and Inflammatory Toxicity Induced by

- Inhalation of Diesel and Biodiesel Exhaust Particles. *Toxicological Sciences*, 116(1), 67–78. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfq107>
- Browne, M., Allen, J., & Attlassy, M. (2007). Comparing freight transport strategies and measures in London and Paris. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 10(3), 205–219. <https://doi.org/10.1080/13675560701467052>
- Cagliano, A. C., Carlin, A., Mangano, G., Rafele, C., Cagliano, A. C., Carlin, A., ... Mangano, G. (2017). Analyzing the diffusion of eco-friendly vans for urban freight distribution. *International Journal of Logistics Management*, 28(4), 1218–1242. <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2016-0123>
- Chan, B. C. C. (2007). The State of the Art of Electric , Hybrid , and Fuel Cell Vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95(4).
- Christensen, L., Klauenberg, J., Kveiborg, O., & Rudolph, C. (2017). Suitability of commercial transport for a shift to electric mobility with Denmark and Germany as use cases. *Research in Transportation Economics*, 64, 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.08.004>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB]. (2017). *Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2016*. São Paulo.
- Companhia de Engenharia de Tráfego [CET]. (2018). Portal da Comapnha de Engenharia de Tráfego. Retrieved April 23, 2018, from <http://www.cetsp.com.br/>
- D'Agosto, M. A. (2015). *Transportes, uso de energia e impactos ambientais – Uma abordagem introdutória* (1^a). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2017). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017*.
- Encontracarros. (2009). Veco Eco Daily 55C/E protótipo elétrico tem autonomia de 100km/h. Retrieved November 5, 2018, from <https://www.encontracarros.com/iveco-daily-55-ce-prototipo-eletrico-tem-autonomia-de-100-kmh/>
- Faccio, M., & Gamberi, M. (2015). New City Logistics Paradigm: From the “Last Mile” to the “Last 50 Miles” Sustainable Distribution. *Sustainability*, 7(11), 14873–14894. <https://doi.org/10.3390/su71114873>

- Fiori, C., & Marzano, V. (2018). Modelling energy consumption of electric freight vehicles in urban pickup / delivery operations : analysis and estimation on a real- world dataset. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 65, 658–673. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.09.020>
- Foltynski, M. (2014). Electric fleets in urban logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 151, 48–59. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.007>
- Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2011). *Characteristics and Typology of Last-mile Logistics from an Innovation Perspective in an Urban Context*. *City Distribution and Urban Freight Transport*. <https://doi.org/10.4337/9780857932754.00009>
- Giordano, A., Fischbeck, P., & Matthews, H. S. (2018). Environmental and economic comparison of diesel and battery electric delivery vans to inform city logistics fleet replacement strategies. *Transportation Research Part D*, 64(November 2017), 216–229. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.10.003>
- Gongra, M. (2015). Projeto Mobilidade Elétrica CPFL. In *Seminário de Propulsões alternativas*. São Paulo.
- Guarieiro, L. L. N., Vasconcellos, P. C., & Solci, M. C. (2011). Air Pollutants from the Burning of Fossil Fuels and Biofuels: A Brief Review. *Revista Virtual de Química*, 3(5). <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20110047>
- Iwan, S., Kijewska, K., & Kijewski, D. (2014). Possibilities of Applying Electrically Powered Vehicles in Urban Freight Transport. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 151, 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.010>
- Lebeau, P., Cauwer, C. De, Mierlo, J. Van, Macharis, C., Verbeke, W., & Coosemans, T. (2015). Conventional , Hybrid , or Electric Vehicles : Which Technology for an Urban Distribution Centre ? *Scientific World Journal*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/302867>
- Lebeau, P., Macharis, C., & Mierlo, J. Van. (2016). Exploring the choice of battery electric vehicles in city logistics : A conjoint-based choice analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 91, 245–258.

<https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.04.004>

Lebeau, P., Macharis, C., Mierlo, J. Van, & Maes, G. (2013). Implementing electric vehicles in urban distribution: A discrete event simulation. In *2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27)* (pp. 1–10). Barcelona, Espanha: IEEE. <https://doi.org/10.1109/EVS.2013.6914770>

Lindholm, M., & Behrends, S. (2012). Challenges in urban freight transport planning - a review in the Baltic Sea Region. *Journal of Transport Geography*, 22, 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.001>

Macharis, C., Lebeau, P., Mierlo, J. Van, & Lebeau, K. (2013). Electric versus conventional vehicles for logistics: A total cost of ownership. In *2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27)* (pp. 1–10). Barcelona, Espanha: IEEE. <https://doi.org/10.1109/EVS.2013.6914980>

Marcovitch, J. (Org.). (2016). *Os Compromissos de Paris e os ODS 2030: Energia, Florestas e Redução de GEE*. São Paulo. Retrieved from <https://www.usp.br/mudarfuturo/cms/>

MCTIC. (2017). *Emissões Totais de Gases de Efeito Estufa no Brasil*. Retrieved from http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission

Menga, P., Buccianti, R., Bedogni, M., & Moroni, S. (2013). Promotion of Freight Mobility in Milan: Environmental, Energy and Economical Aspects. In *2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27)* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EVS.2013.6914715>

Mirhedayatian, S. M., & Yan, S. (2018). A framework to evaluate policy options for supporting electric vehicles in urban freight transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58(November 2017), 22–38. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.11.007>

Morganti, E., & Browne, M. (2018). Technical and operational obstacles to the adoption of electric vans in France and the UK: An operator perspective. *Transport Policy*, 63(March 2017), 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.12.010>

Oliveira, L. K. de. (2014). Diagnóstico das vagas de carga e descarga para a distribuição

- urbana de mercadorias: um analise em Belo Horizonte. *Journal of Transport Literature*, 8(1), 178–209. <https://doi.org/10.1590/S2238-10312014000100009>
- Pascoal, E. T., Furtado, A. E., & Ferreira Filho, V. S. (2018). Eletromobilidade no Brasil: iniciativas, oportunidades e desafios. In *XXVI Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva* (pp. 01-18). São Paulo: Editora Blucher. <https://doi.org/10.5151/simea2018-PAP04>
- Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. de. (2013). *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. (E. Feevale, Ed.), *Metodologia T. Academico* (2nd ed.). Novo Hamburgo. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=zUDsAQAAQBAJ&pgis=1>
- Quak, H., Nesterova, N., & Rooijen, T. Van. (2016). Possibilities and barriers for using electric-powered vehicles in city logistics practice. *Transportation Research Procedia*, 12(June 2015), 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.055>
- Quak, H., Nesterova, N., Rooijen, T. Van, & Dong, Y. (2016). Zero emission city logistics : current practices in freight electromobility and feasibility in the near future. *Transportation Research Procedia*, 14, 1506–1515. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.115>
- Racz, A. A., Muntean, I., & Stan, S.-D. (2015). A look into electric/hybrid cars from an ecological perspective. *Procedia Techonology*, 19, 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.02.062>
- Rizet, C., & Hoai-Thu T, T. (2019). Economic Cost of Urban Freight GHG Mitigation. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 879, pp. 394–401). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-02305-8>
- Saenz-esteruelas, J., Figliozzi, M., Serrano, A., & Faulin, J. (2016). Electrifying Last-Mile Deliveries : A Carbon Footprint Comparison between Internal Combustion Engine and. In L. G. Alba E., Chicano F. (Ed.), *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 9704, pp. 76–84). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39595-1>
- Saldiva, P. H. N., Andrade, M. de F., Miraglia, S. G. E. K., & André, P. A. (2009). Etanol e

- saúde humana: uma abordagem a partir de emissões atmosféricas. *Estudos Do SINDALCOOL*, 0–32. Retrieved from <https://sindalcool.com.br/>
- Silva, F. D. O., & Ferreira, W. R. (2017). Periodização E Evolução Da Logística Urbana De Periodization and Evolution of Urban Logistics of Loads, 142–158.
- Silveira, M. R. (2009). Logística, sistemas de movimento, fluxos econômicos e interações espaciais no território paulista: Uma abordagem para geografia dos transportes e circulação. *Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, xiii(283), 1–16.
- Suksri, J., & Raicu, R. (2012). Developing a Conceptual Framework for the Evaluation of Urban Freight Distribution Initiatives. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 321–332. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.111>
- Taefi, T. T., Kreutzfeldt, J., & Fink, A. (2016). Yielding a Treasure: A Transition Management Approach to Electric Urban Freight Vehicles in Germany Yielding a Treasure: A Transition Management Approach to Electric Urban Freight Vehicles in Germany. In *EVS 2016 - 29th International Electric Vehicle Symposium*. Montréal, Québec, Canada.
- Taefi, T. T., Kreutzfeldt, J., Held, T., & Fink, A. (2016). Supporting the adoption of electric vehicles in urban road freight transport – A multi-criteria analysis of policy measures in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 91, 61–79. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.06.003>
- Taefi, Tessa T, Kreutzfeldt, J., Held, T., & Fink, A. (2015). Strategies to Increase the Profitability of Electric Vehicles in Urban Freight Transport. *Green Energy and Technology*, 203, 367–388. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-13194-8>
- Teixeira, A. C., Silva, D., Neto, L., Diniz, A., & Sodré, J. (2015). A review on electric vehicles and their interaction with smart grids : the case of Brazil. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(4), 841–857. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10098-018-1604-5>
- Teoh, T., Kunze, O., Teo, C., & Wong, Y. (2018). Decarbonisation of Urban Freight Transport Using Electric Vehicles and Opportunity Charging. *Sustainability*

(Switzerland), 10(9). <https://doi.org/10.3390/su10093258>

Thomé, A. M. T., Scavarda, L. F., & Scavarda, A. J. (2016). Conducting systematic literature review in operations management. *Production Planning and Control*, 27(5), 408–420. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1129464>

Tipagornwong, C., & Figliozzi, M. (2014). Analysis of Competitiveness of Freight Tricycle Delivery Services in Urban Areas. *Transportation Research Record*, 2410, 76–84. <https://doi.org/10.3141/2410-09>

Vassileva, I., & Campillo, J. (2017). Adoption barriers for electric vehicles : Experiences from early adopters in Sweden, 120, 632–641. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.119>

Vergara, S. C. (2013). *Projetos e relatórios de pesquisa em Administração* (2nd ed.). São Paulo: Atlas S.A.

Wang, M., Thoben, K., Bernardo, M., & Daudi, M. (2018). Diversity in Employment of Electric Commercial Vehicles in Urban Freight Transport : A Literature Review. *Logistic Research*, 11, 1–21. https://doi.org/10.23773/2018_10

Wittmann, D., Bermann, C., & Wittmann, T. F. (2013). Análise Crítica da Integração em Larga Escala de Veículos Elétricos no Brasil. *4th International Workshop Advances in Cleaner Production - Integrating Cleaner Production Into Sustainability Strategies*. Retrieved from <http://www.abve.org.br/downloads/Artigo - Análise Crítica da Integração em Larga Escala de Veículos Elétricos no Brasil.pdf>

ANEXO A – VIAS ABRANGIDAS PELO VER.1º DO ART 2º DA POTARIA 31/16**SMT.GAB**

Vias previstas no § 1º do artigo 2º da Portaria nº 31/16-	Av. Paulista, entre Rua da Consolação e Pça. Oswaldo Cruz; Av. Rebouças, entre Av. Paulista e Av. Brig. Faria Lima; Av. Eusébio Matoso, toda extensão; Av. Prof. Francisco Morato, entre Av. Prof. Manfredo Leite e Pça. Jorge Lima; Av. Nove de Julho, toda extensão; Av. Cidade Jardim, entre Av. Brig. Haroldo Veloso e Av. Nove de Julho; Av. São Gabriel, toda extensão; Av. Santo Amaro, entre Av. São Gabriel e Rua São Sebastião; Av. Santos Dumont, entre Rua dos Bandeirantes e Ponte das Bandeiras; Av. Tiradentes, entre Rua dos Bandeirantes e Av. Prestes Maia; Av. Prestes Maia, toda extensão; Passagem Tom Jobim; Av. Rio Branco, toda extensão; Av. Sen. Queirós, entre a Rua da Cantareira e Pça. Alfredo Issa; Av. Ipiranga, entre a Pça. Alfredo Issa e Av. São Luiz; Av. São Luiz, toda extensão; Viaduto 9 de Julho; Viaduto Jacareí; Rua Maria Paula, toda extensão; Viaduto Dona Paulina; Av. Vinte e Três de Maio, toda extensão; Av. Rubem Berta, toda extensão; Av. Moreira Guimarães, entre Viaduto República Árabe Síria e Av. Moaci; Av. Alcântara Machado, toda extensão; Rua Melo Freire, toda extensão; Av. Conde de Frontin, entre R. Melo Freire e Viaduto Eng. Alberto Badra.
SMT.GAB	

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego [CET]

ANEXO B – VIAS ABRANGIDAS PELO VER.2º DO ART 2º DA POTARIA 31/16**SMT.GAB**

Vias previstas no § 2º do
artigo 2º da Portaria nº 31/16-

SMT.GAB

Marginal Pinheiros, em todas as suas denominações, pista local e expressa, no trecho compreendido entre a Ponte do Jaguaré e Ponte do Morumbi (excluídas as referidas pontes);

Av. dos Bandeirantes, toda extensão;

Av. Affonso D'Escagnolle Taunay, toda extensão;

Av. Jornalista Roberto Marinho, toda extensão.

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

ANEXO C – VIAS ABRANGIDAS PELO VER.3º DO ART 2º DA POTARIA 31/16**SMT.GAB**

	Av. Giovanni Gronchi, entre Av. Carlos Caldeira Filho e Av. Morumbi;
	Av. Morumbi, entre Ponte do Morumbi e Av. Professor Francisco Morato;
Vias previstas	Rua Dr. Luiz Migliano, toda extensão;
no § 3º do	Av. Dr. Guilherme Dumont Villares, entre Av. Giovanni Gronchi e Rua José
artigo 2º da	Brás;
Portaria nº	Av. Dep. Jacob Salvador Zveibil, toda extensão;
31/16-	Av. João Jorge Saad, toda extensão;
SMT.GAB	Rua Engenheiro Oscar Americano, toda extensão;
	Av. Padre Lebret, toda extensão;
	Av. Jules Rimet, entre Pça. Roberto Gomes Pedrosa e Av. Padre Lebret.

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

ANEXO D – VIAS ABRANGIDAS PELO VER.4º DO ART 2º DA POTARIA 31/16
SMT.GAB

Marginal Tietê, em todas as suas denominações, sentido Rod. Ayrton Senna - Rod. Castelo Branco, pista local, central e expressa, no trecho compreendido entre a Ponte Aricanduva (excluída a referida ponte) e a Av. Raimundo Pereira de Magalhães;

Marginal Tietê, em todas as suas denominações, sentido Rod. Castelo Branco - Rod. Ayrton Senna, pista local e central no trecho compreendido entre a R. Fortunato Ferraz e Ponte Aricanduva (excluída a referida ponte);

Marginal Tietê, em todas as suas denominações, sentido Rod. Castelo Branco - Rod. Ayrton Senna, exceto pista local, sob Ponte Tatuapé no trecho compreendido entre as alças ascendente e descendente para a Av. Salim Farah Maluf;

Marginal Tietê, em todas as suas denominações, sentido Rod. Castelo Branco-Rod. Ayrton Senna, pista expressa no trecho compreendido entre o Km zero (Cebolão) e a Ponte Aricanduva (excluída a referida ponte);

Av. General Edgar Facó, no trecho compreendido entre R. da Balsa e Ponte do Piqueri;

Av. Hermano Marchetti, sentido Lapa-Centro, no trecho compreendido entre Ponte do Piqueri e Pça. Dr. Pedro Corazza (excluída a referida praça);

Av. Hermano Marchetti, sentido Centro-Lapa, no trecho compreendido entre a Pça. Dr. Pedro Corazza e a Pça Jácomo Zanella (excluídas as referidas praças) e no trecho compreendido entre a Pça. Jácomo Zanella (excluída a referida praça) e Ponte do Piqueri (incluída a referida ponte);

Av. Marquês de São Vicente, toda extensão, excluídas as praças Dr. Pedro Corazza, José Vieira de Carvalho Mesquita e Luís Carlos Mesquita;

Rua Norma Pieruccini Giannotti, toda extensão;

Vias previstas no § 4º

do artigo 2º da

Portaria nº 31/16-

SMT.GAB

Rua Sérgio Tomás, toda extensão;

Av. Pres. Castello Branco, entre R. Sérgio Tomás e Av. do Estado;

Av. do Estado, entre Av. Pres. Castello Branco (Marginal Tietê) até Av. Prof. Luiz Inácio de Anhaia Mello;

Av. Prof. Luiz Inácio de Anhaia Mello, sentido Ipiranga-V. Formosa, entre Viaduto Grande São Paulo e Av. Salim Farah Maluf;

Av. Prof. Luiz Inácio de Anhaia Mello, sentido V. Formosa-Ipiranga, entre Rua Domingos Afonso e Vd. Grande São Paulo;

Av. Pres. Tancredo Neves, toda extensão;

Rua Malvina Ferrara Samarone, toda extensão;

Rua das Juntas Provisórias, sentido Sacomã-Cambuci, entre Rua do Grito e Av. do Estado;

Rua das Juntas Provisórias, sentido Cambuci-Sacomã, entre Av. do Estado e Rua Dois de Julho;

Viaduto Bresser, sentido Brás-V. Prudente, entre Rua Cel. Antônio Marcelo e Rua Bresser;

R. Bresser, sentido Brás-V. Prudente, entre Viaduto Bresser e R. dos Trilhos e no sentido V. Prudente-Brás, entre Rua dos Trilhos e R. João Caetano;

Rua Taquari, entre Rua dos Trilhos e Rua da Mooca;

Av. Paes de Barros, toda extensão;

Av. Salim Farah Maluf, toda extensão;

Rua Ulisses Cruz, entre Rua Ivaí e Av. Salim Farah Maluf;

Viaduto Grande São Paulo, toda extensão;

Viaduto José Colassuono, toda extensão;

Complexo Viário Senador Antônio Emygdio de Barros Filho, exceto alça direcional da Av. Salim Farah Maluf, sentido Tatuapé-V. Prudente, para a Av. Prof. Luiz Inácio de Anhaia Mello, sentido V. Prudente-Sapopemba;

Viaduto Pacheco e Chaves, toda extensão;

Viaduto Gazeta do Ipiranga, toda extensão;
Complexo Viário Maria Maluf, toda extensão;
Ponte do Piqueri, toda extensão;
Av. Santos Dumont sentido Norte-Sul, entre Pça. Campo de Bagatelle e Ponte das Bandeiras;
Ponte das Bandeiras, sentido Norte-Sul, toda extensão;
Ponte do Tatuapé, sentido Norte-Sul, toda extensão;
Av. São Miguel, sentido centro/bairro, entre R. Ten. Laudelino Ferreira do Amaral e Pça. Pe. Aleixo M. Mafra;
Av. São Miguel, sentido bairro/centro, entre Pça. Pe. Aleixo M. Mafra e R. Cel. Manuel Feliciano de Souza;
Av. Marechal Tito, sentido centro/bairro, entre Pça. Pe. Aleixo M. Mafra e Av. Dep. Dr. José Aristodemo Pinotti;
Av. Marechal Tito, sentido bairro/centro, entre Av. Dep. Dr. José Aristodemo Pinotti e Rua Miguel Ângelo Lapena;
Rua Beraldo Marcondes, sentido bairro/centro, entre Rua Miguel Ângelo Lapena e Pça. Pe. Aleixo Monteiro Mafra;
Pça. Pe. Aleixo Monteiro Mafra, toda extensão.

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

ANEXO E – EXCEPCIONALIDADES PARA A ZMRC

Podem efetuar Cadastramento e solicitar Autorização Especial para ZMRC

Em período integral	Acesso a estacionamento próprio Cobertura Jornalística (links e/ou geradores) Controle de Zoonose Serviço Postal Serviços Essenciais de Sinalização de Trânsito Socorro Mecânico de Emergência (guincho) Veículo Urbano de Carga - VUC
Das 05h às 16h	Coleta de Lixo Concretagem Concretagem-Bomba Feiras Livres Mudanças Obras e Serviços Essenciais Remoção de Terra e Entulho em Obras Civis Transporte de Material Imunológico, Vacinas e Kits para Sorologia
2 ^a a 6 ^a das 05h às 12h e sábado das 10h às 14h	Transporte de Produtos Alimentares Perecíveis
das 10h às 16h	Transporte de Caçambas Estacionárias por poliguincho Transporte Produtos Perigosos (com até 2 eixos traseiros) Consumo Local e Outros Veículo Urbano de Carga (VUC) com Produtos Perigosos de Consumo Local e Outros
das 10h às 20h	Transporte de Valores

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

ANEXO F – EXCEPCIONALIDADES PARA A ZERC

Podem efetuar Cadastramento e solicitar Autorização Especial para ZERC	
em período integral	Acesso a estacionamento próprio Cobertura Jornalística (links e/ou geradores) Controle de Zoonose Serviço Postal Serviços Essenciais de Sinalização de Trânsito Socorro Mecânico de Emergência (guincho) Veículo Urbano de Carga - VUC
das 05h às 16h	Concretagem Concretagem-Bomba Feiras Livres Mudanças Obras e Serviços Essenciais Remoção de Terra e Entulho em Obras Civis Transporte de Material Imunológico, Vacinas e Kits para Sorologia
2 ^a a 6 ^a das 05h às 12h e sábado das 10h às 14h	Transporte de Produtos Alimentares Perecíveis Transporte de Caçambas Estacionárias por poliguincho Transporte de Produtos Perigosos (com até 2 eixos traseiros) de Consumo Local e Outros Veículo Urbano de Carga – VUC com Produtos Perigosos de Consumo Local e Outros
das 10h às 16h	Transporte de Valores Coleta de Lixo
das 10h às 20h	
das 21 às 16h	

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

**ANEXO G – EXCEPCIONALIDADE PARA AS VER ABRANGIDAS PELO
PRIMEIRO VERSÍCULO DO ARTIGO SEGUNDO DA PORTARIA 31/16 SMTGAB.**

**Podem efetuar Cadastramento e solicitar Autorização Especial para as VER do § 1º do artigo 2º da
Portaria nº 31/16-SMT.GAB**

em período integral	Acesso a estacionamento próprio Cobertura Jornalística (links e/ou geradores) Controle de Zoonose Serviço Postal Serviços Essenciais de Sinalização de Trânsito Socorro Mecânico de Emergência (guincho)
de 2ª a 6ª das 5h às 12h e sábado das 10h às 14h	Transporte de Produtos Alimentares Perecíveis
das 5h às 16h	Concretagem Concretagem-Bomba Obras e Serviços Essenciais, exceto os previstos nos incisos IX a XVI do § 1º do art. 26 da Portaria nº 31/16-SMT.GAB Remoção de Terra e Entulho em Obras Civis Transporte de Material Imunológico, Vacinas e Kits para Sorologia
das 10h às 16h	Transporte de Caçambas Estacionárias p/Poliguincho
das 10h às 20h	Transporte de Valores

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

**ANEXO H – EXCEPCIONALIDADE PARA AS VER ABRANGIDAS PELO
SEGUNDO VERSÍCULO DO ARTIGO SEGUNDO DA PORTARIA 31/16 SMTGAB.**

Podem efetuar Cadastramento e solicitar Autorização Especial para as VER do § 2º do artigo 2º da Portaria nº 31/16-SMT.GAB	
em período integral	Acesso a estacionamento próprio Cobertura Jornalística (links e/ou geradores) Controle de Zoonose Serviço Postal Serviços Essenciais de Sinalização de Trânsito Socorro Mecânico de Emergência (guincho) Veículo Urbano de Carga - VUC
de 2ª a 6ª das 5h às 12h e Sábado das 10h às 14h das 5h às 16h	Transporte de Produtos Alimentares Perecíveis Coleta de Lixo Concretagem Concretagem-Bomba Obras e Serviços Essenciais, exceto os previstos nos incisos IX a XVI do § 1º do art. 26 da Portaria nº 31/16-SMT.GAB Remoção de Terra e Entulho em Obras Civis Transporte de Material Imunológico, Vacinas e Kits para Sorologia
das 10h às 16h	Transporte de Caçambas Estacionárias por Poliguincho Veículo Urbano de Carga – VUC com Produtos Perigosos de Consumo Local e Outros
das 10h às 20h	Transporte de Valores

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

**ANEXO I – EXCEPCIONALIDADE PARA AS VER ABRANGIDAS PELO
TERCEIRO VERSÍCULO DO ARTIGO SEGUNDO DA PORTARIA 31/16 SMTGAB**

Podem efetuar Cadastramento e solicitar Autorização Especial para as VER do § 3º do artigo 2º da Portaria nº 31/16-SMT.GAB	
em período integral	Acesso a estacionamento próprio Cobertura Jornalística (links e/ou geradores) Controle de Zoonose Serviço Postal Serviços Essenciais de Sinalização de Trânsito Socorro Mecânico de Emergência (guincho) Veículo Urbano de Carga - VUC
de 2ª a 6ª das 5h às 12h e Sábado das 10h às 14h	Transporte de Produtos Alimentares Perecíveis
das 5h às 16h	Coleta de Lixo Concretagem Concretagem-Bomba Feiras Livres Mudanças Obras e Serviços Essenciais, exceto os previstos nos incisos IX a XVI do § 1º do art. 26 da Portaria nº 31/16-SMT.GAB Remoção de Terra e Entulho em Obras Civis Transporte de Material Imunológico, Vacinas e Kits para Sorologia
das 10h às 16h	Transporte de Caçambas Estacionárias por Poliguincho Veículo Urbano de Carga – VUC com Produtos Perigosos de Consumo Local e Outros
das 10h às 20h	Transporte de Valores

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

**ANEXO J – EXCEPCIONALIDADE PARA AS VER ABRANGIDAS PELO QUARTO
VERSÍCULO DO ARTIGO SEGUNDO DA PORTARIA 31/16 SMTGAB**

Podem efetuar Cadastramento e solicitar Autorização Especial para as VER do § 4º do artigo 2º da Portaria nº 31/16-SMT.GAB

em período integral	Acesso a estacionamento próprio Cobertura Jornalística (links e/ou geradores) Controle de Zoonose Serviço Postal Serviços Essenciais de Sinalização de Trânsito Socorro Mecânico de Emergência (guincho) Veículo Urbano de Carga - VUC
de 2ª a 6ª das 5h às 9h e Sábado das 10h às 14h	Coleta de Lixo Concretagem Concretagem-Bomba Feiras Livres Mudanças Obras e Serviços Essenciais, exceto os previstos nos incisos IX a XVI do § 1º do art. 26 da Portaria nº 31/16-SMT.GAB Transporte de Máquinas, Equipamentos e Materiais de Construção Transporte de Material Imunológico, Vacinas e Kits para Sorologia Transporte de Produtos Alimentares Perecíveis
de 2ª a 6ª das 5h às 9h e das 17 às 18h – Sábado das 10h às 14h	Remoção de Terra e Entulho em Obras Civis
das 10h às 14h	Transporte de Caçambas Estacionárias por Poliguincho Veículo Urbano de Carga – VUC com Produtos Perigosos de Consumo Local e Outros
das 17h às 20h	Transporte de Valores

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (CET)

ANEXO K – POSTOS DE RECARGA DE VEs NA CIDADE DE SÃO PAULO

Eletropostos em São Paulo	
Shopping Anália Franco	Av. Regente Feijó, 1.739, Tatuapé
Shopping Pátio Paulista	Rua Treze de Maio, 1.947,
Shopping Bela Vista Vila Olímpia	Rua Olimpíadas, 360, Vila Olímpia
Shopping JK Iguatemi	Av. Pres. Juscelino Kubitschek, 2.041, Itaim Bibi
Shopping Iguatemi	Av. Brigadeiro Faria Lima, 2.232, Jardim Paulistano
Shopping Villa Lobos	Av. das Nações Unidas, 4.777, Alto de Pinheiros
Shopping Market Place	Av. Dr. Chucri Zaidan, 902, Vila Cordeiro
Shopping Morumbi	Av. Roque Petroni Júnior, 1.019/1.101, Vila Gertrudes
	Av. Brigadeiro Luís Antônio, 316, Jardins
	Av. Ibirapuera, 1.770, Indianópolis
Super Mercado Pão de Açúcar	Rua Prof. Serafim Orlandi, 229, Jd. Vila Mariana
	Praça Panamericana, 217, Alto de Pinheiros
	Al. Gabriel Monteiro da Silva, 1.351, Jd. América
Emporium São Paulo	Rua Afonso Braz, 431, Vila Nova Conceição
USP	Av. Prof. Luciano Gualberto, 1.219/1.221, Butantã
Cubo Itaú	Rua Casa do Ator, 919, Vila Olímpia
Pet Shop Cobasi	Av. Prof. Francisco Morato, 2.385, Butantã
Neosolar	Rua Coronel Paulino Carlos, 176

Fonte: Associação Brasileira de Veículos Elétricos (2018)

ANEXO L – GÁS CARBÔNICO EQUIVALENTE

Gás carbônico equivalente, escrito como $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ou $\text{CO}_{2\text{e}}$, é um padrão internacional para medição da quantidade de gases de efeito estufa em termos equivalentes a quantidade de gás carbônico.

Para essa equivalência, leva-se em consideração o potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de efeito estufa de forma que ele calcula a quantidade de CO_2 que seria emitida se todos os GEE fossem este gás (MCTIC, 2017).

A Tabela 3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o potencial de aquecimento global dos GEE.

Tabela 3: Potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de efeito estufa.

Gás	Símbolo	GWP
Dióxido de carbono	CO_2	1
Metano	CH_4	21
Óxido nitroso	N_2O	310
Hidrofluorocarbonos	HFC-23	11.700
	HFC-125	2.800
	HFC-134a	1.300
	HFC-143a	3.800
	HFC-152a	140
Perfluorocarbonos	CF_4	6.500
	C_2F_6	9.200
Hexafluoreto de enxofre	SF_6	23.900

Fonte: MCTIC (2017)

Desta forma podemos dizer que se 1 tonelada de metano foi emitida, equivale-se a emissão de 21 toneladas de dióxido de carbono, por exemplo.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SUBMETIDO AOS ESPECIALISTAS

 <i>Universidade Nove de Julho</i>	UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE Programa de Mestrado Profissional em Administração – Gestão Ambiental e Sustentabilidade
--	--

Prezado (a),

Venho por meio deste solicitar que responda ao questionário virtual sobre o uso de veículos elétricos para o transporte de carga em centros urbanos (basta clicar no link abaixo).

<https://goo.gl/forms/QszIA2dbTjl6V0X11>

Esta pesquisa tem como objetivo identificar as principais barreiras no uso de veículos elétricos pelo setor de logística, principalmente para entregas em centros urbanos e identificar as melhores maneiras de acelerar o processo de adoção destes veículos pelo setor.

Esclarecemos que o interesse desta pesquisa é exclusivamente acadêmico, portanto todas as informações fornecidas serão estritamente utilizadas para esta finalidade.

Não é necessária a identificação da empresa nem identificação pessoal.

Sua colaboração é de fundamental importância para o sucesso de nossa pesquisa e, consequentemente, a ampliação das fronteiras do conhecimento.

Os resultados da pesquisa serão compartilhados com a comunidade acadêmica na forma de publicações de trabalhos acadêmicos assim que a pesquisa estiver concluída.

Agradecemos antecipadamente sua atenção e colaboração.

Laira Castro

Mestranda em Administração com ênfase em Gestão Ambiental e Sustentabilidade

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE

lairacastro@uninove.edu.br

Veículos elétricos no transporte de carga

Olá!

Este é um questionário acadêmico sobre a viabilidade de uso dos veículos elétricos para o transporte de cargas em centros urbanos, o questionário visa identificar as principais barreiras e suas possíveis soluções.

Por favor, só responda caso você trabalha em uma empresa que atua com transporte de cargas e operações logísticas.

Para seu maior conforto, não é necessária identificação pessoal nem da empresa.

Peço que responda atentamente até o final.

Desde já agradeço sua colaboração!

* Required

Escolaridade *

- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Superior Incompleto
- Superior Completo

Gênero *

- Feminino
- Masculino

Faixa etária *

- 16 - 25
- 26 - 35
- 36 - 45
- 46 - 55
- 56 ou mais

Cargo ocupado *

Your answer

Tempo em que atua na empresa

Your answer

A empresa realiza entregas ou serviços na cidade de São Paulo *

- Sim
- Não

Qual a quantidade de veículos da frota da empresa?

Your answer

Quais categorias de veículo são utilizadas na frota da empresa?

- Bicicletas
- Motocicletas
- Triciclos
- Quadriciclos
- Veículos de passeio
- Veículos comerciais leves/ Veículos de carga urbana (até 3,5 ton)
- Veículos semi-leves
- Caminhões

Quantas entregas são realizadas por dia?

Your answer

Qual o combustível utilizado?

- Gasolina
- Etanol
- Diesel
- Biodiesel
- GNV
- Eletricidade

Sua empresa utiliza veículos elétricos ou híbridos na frota? *

- Sim
- Não

Caso afirmativo, quais categorias de veículo elétricos ou híbridos são utilizadas na frota da empresa?

- Bicicletas
- Motocicletas
- Triciclos
- Quadriciclos
- Veículos de passeio
- Veículos comerciais leves/ Veículos de carga urbana (até 3,5 ton)
- Veículos semi-leves
- Caminhões

Você acredita que seria possível utilizar veículos híbridos para transporte de carga em sua empresa? *

- Sim
- Não

Você conhece modelos elétricos ou híbridos de veículos destinados ao transporte de carga? Caso afirmativo, quais? *

Your answer

São apresentadas a seguir algumas afirmativas sobre fatores que podem influenciar uma empresa a comprar ou não comprar veículos elétricos para a frota, selecione o quanto você concorda ou discorda das afirmativas para a realidade da sua empresa *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Veículos elétricos são muito caros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Veículos híbridos são muito caros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instalar uma estação de recarga de veículos elétricos na empresa custa muito caro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não existem muitas opções de modelos de veículos elétricos no mercado para atender as necessidades operacionais da empresa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O custo para reparos e manutenções é muito alto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Um veículo elétrico tem espaço em volume para carga menor do que um modelo similar a combustão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As baterias para troca ou reposição são muito caras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A autonomia do veículo é insuficiente para atender a rotina de entregas diárias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não existem opções de pontos para	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

carregar o veículo elétrico	<input type="radio"/>				
Veículos elétricos são mais eficientes que os convencionais	<input type="radio"/>				
O tempo que o veículo leva para ser carregado é muito longo e incompatível com as operações da empresa	<input type="radio"/>				
É perigoso carregar o veículo na própria empresa	<input type="radio"/>				
Não existem serviços especializados na manutenção de veículos elétricos	<input type="radio"/>				
A rede de distribuição de energia não tem capacidade de carregar os veículos da frota	<input type="radio"/>				
O custo operacional de veículos elétricos é menor do que os convencionais	<input type="radio"/>				
A empresa teria que alterar algumas ou todas as rotas de entregas para se adequar a autonomia do veículo	<input type="radio"/>				

Você tem conhecimento das políticas de incentivo financeiro e diminuição de taxas para veículos elétricos? *

Sim

Não

O quanto você concorda ou discorda da afirmativa a seguir: "As políticas existentes atualmente são o suficiente para incentiva a empresa a utilizar veículos elétricos" *

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente				

Se houvesse um subsídio sobre o preço de compra dos veículos a empresa utilizaria veículos elétricos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de subsídio. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abaixo são apresentadas algumas afirmações sobre políticas públicas que podem incentivar a adoção de veículos elétricos e híbridos nas frotas de transporte de carga, selecione o quanto você concorda ou discorda que elas influenciam na compra de veículos elétricos para a realidade da sua empresa. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Dedução de 50% no imposto de renda corporativo no primeiro ano de compra do veículo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduções de taxas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se os veículos e pudessem utilizar as faixas exclusivas de ônibus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se os veículos pudessem estacionar em zona azul sem pagar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se os veículos tivessem vagas reservadas nas ruas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se os veículos não precisassem pagar estacionamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se os veículos pudessem circular em na zona de máxima restrição de circulação (ZMRC) em qualquer horário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se os veículos pudessem circular na zona especial de restrição de circulação (ZERC)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se os veículos não precisassem de autorização especial de trânsito para	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

caminhões
(AETC)

Se a empresa ganhasse uma certificação especial por utilizar veículos elétricos

Se motoristas com habilitação B pudessem dirigir veículos elétricos com mais de 3.500 quilos

Se os postos de gasolina possuíssem estação de recarga

Se houvessem pequenos centros de distribuição dentro da cidade

Se o preço dos veículos elétricos sofresse redução a empresa utilizaria veículos elétricos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de redução.*

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Redução de 10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se o preço dos veículos híbridos sofresse redução a empresa utilizaria veículos híbridos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de redução. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Redução de 10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se o preço das baterias sofresse redução a empresa utilizaria veículos elétricos ou híbridos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de redução. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Redução de 10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de 50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se o preço do diesel aumentasse a empresa utilizaria veículos elétricos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de aumento. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Aumento de 10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se o preço do biodiesel aumentasse a empresa utilizaria veículos elétricos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de aumento. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Aumento de 10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se o preço da gasolina aumentasse a empresa utilizaria veículos elétricos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de aumento. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Aumento de 10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se o preço do etanol aumentasse a empresa utilizaria veículos elétricos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de aumento. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Aumento de 10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Se o preço do GNV aumentasse a empresa utilizaria veículos elétricos. Selecione abaixo o quanto você concorda ou discorda da afirmativa de acordo com as taxas de aumento. *

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não discordo nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Aumento de 10%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 20%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 30%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 40%	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de 50% ou mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Na sua opinião, quais os principais motivos da empresa não utilizar veículos elétricos? (caso ela não utilize)

Your answer

Na sua opinião, quais os principais motivos da empresa não utilizar veículos híbridos? (caso ela não utilize)

Your answer

Se sua empresa possui veículos elétricos na frota, na sua opinião, quais os principais desafios na utilização destes veículos pela empresa?

Your answer

Se sua empresa possui veículos híbridos na frota, na sua opinião, quais os principais desafios na utilização destes veículos pela empresa?

Your answer

Na sua opinião, o que faria com que fosse vantajoso para a empresa utilizar veículos elétricos?

Your answer

Na sua opinião, o que faria com que fosse vantajoso para a empresa utilizar veículos híbridos?

Your answer

Page 1 of 1

SUBMIT