



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
GESTÃO TERRITORIAL

Silvia Dequech Machado

**MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: O CASO DO SISTEMA DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DE
FLORIANÓPOLIS**

Florianópolis
2022

Silvia Dequech Machado

**MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: O CASO DO SISTEMA DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DE
FLORIANÓPOLIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da
Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção
do título de Mestre em Engenharia de Transportes e
Gestão Territorial.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Souza

Coorientador: Prof. Dr. Bernardo Meyer

Florianópolis
2022

Ficha de identificação da obra

Machado, Silvia Dequech
MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: O CASO DO SISTEMA DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DE
FLORIANÓPOLIS / Silvia Dequech Machado ; orientador, João
Carlos Souza, coorientador, Bernardo Meyer, 2022.
103 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2.
Mobilidade Urbana Sustentável. 3. Sistemas de transporte
público de ônibus . 4. Tecnologia de combustível não
poluente. I. Souza, João Carlos . II. Meyer, Bernardo.
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão
Territorial. IV. Título.

Silvia Dequech Machado

Título: Mobilidade urbana sustentável: o caso do sistema de transporte público de ônibus da Região Metropolitana de Florianópolis

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Arnaldo Debatin Neto Dr.
Instituição UFSC

Prof. Eduardo Lobo Dr.
Instituição UFSC

Prof. Leonardo Varella Dr.
Instituição UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. João Carlos Souza
Orientador

Florianópolis, 2022

RESUMO

A ideia de sustentabilidade na mobilidade urbana está ligada ao uso de meios de transporte que não comprometam o meio ambiente, evitem a degradação da área urbana e não prejudiquem o próprio transporte. A Região Metropolitana de Florianópolis (RMF) tem vivenciado nas últimas décadas os mesmos problemas que os grandes centros urbanos sofrem com o aumento da frota veicular e sua influência na qualidade de mobilidade e, conseqüentemente, na qualidade de vida dos cidadãos, quando não oferecem um transporte público eficiente, fazendo com que seus cidadãos prefiram o uso de carros particulares, causando congestionamento e aumentando as emissões de gases poluentes. Num momento em que estudiosos e governantes da RMF vêm repensando o modelo de sistema de transporte público coletivo, a ideia de incluir, na sua frota de ônibus, veículos com tecnologias de combustíveis não poluentes vem ao encontro de uma forte tendência mundial de mobilidade urbana sustentável. A presente pesquisa trouxe conhecimento de estudos que levam em consideração a utilização de combustíveis com menor fator de emissão de CO₂ para minimizá-la nos sistemas de transportes de passageiros, que utilizam ônibus como veículo. E com o intuito de deixar visível a tendência de adoção do transporte público não poluente, na esfera global, a pesquisa apresentou as razões socioambientais que afloram nessa mudança de comportamento na mobilidade urbana para um modelo mais sustentável. A presente pesquisa é um estudo de caso, que teve como enfoque o transporte público de ônibus utilizado na RMF, e empregou como metodologia de pesquisa uma revisão bibliográfica sistemática e uma revisão de literatura integrativa, que buscou a identificação do problema, a busca na literatura, a coleta e avaliação dos dados, a análise e interpretação e, por fim, a apresentação dos resultados. Para validar o cenário atual do sistema de transporte utilizado pela RMF, foram feitas entrevistas com os atores envolvidos no setor, focando nos objetivos da pesquisa. A revisão de literatura e as entrevistas trouxeram as conclusões necessárias para que a presente pesquisa possa colaborar com o novo conceito de sistema de transporte de ônibus, nos moldes sustentáveis que o futuro exige. Será um requisito não só para a RMF, como para toda a esfera mundial, em um momento em que os países se unem para uma urgente redução das emissões de gases poluentes que estão colocando em risco o planeta. Pode-se concluir que o transporte público tem um papel central a desempenhar, se oferecer as condições necessárias para atrair a população em geral, diminuindo o número de automóveis nas ruas, e trazendo uma grande contribuição na redução de emissões de gases poluentes. O que a pesquisa traz aos governantes da RMF é que, com a melhoria do serviço oferecido no transporte público de ônibus e com a inclusão dessas mudanças, como um modelo de tecnologia não poluente, como o ônibus elétrico, certamente o transporte público de ônibus se tornará absolutamente essencial.

Palavras-chave: Mobilidade urbana sustentável. Sistemas de transporte público. Tecnologias de combustíveis não poluentes.

ABSTRACT

The idea of sustainability in urban mobility is linked to the use of means of transport that do not compromise the environment, avoid the degradation of the urban area and do not harm transport itself. The Metropolitan Region of Florianópolis (RMF) has experienced in recent decades the same problems that large urban centers suffer from the increase in the vehicular fleet and its influence on the quality of mobility and, consequently, on the quality of life of citizens, when they do not offer a efficient public transport, making its citizens prefer the use of private cars, causing congestion and increasing emissions of polluting gases. At a time when scholars and governors of the RMF have been rethinking the model of collective public transport, the idea of including vehicles with non-polluting fuel technologies in their bus fleet is in line with a strong global trend towards sustainable urban mobility. The present research brought knowledge of studies that take into account the use of fuels with a lower CO₂ emission factor to minimize it in passenger transport systems, which use buses as a vehicle. And in order to make visible the trend of adoption of clean public transport, in the global sphere, the research presented the socio-environmental reasons that emerge in this change of behavior in urban mobility towards a more sustainable model. The present research is a case study, which focused on the public bus transport used in the RMF, and used as research methodology a systematic literature review and an integrative literature review, which sought to identify the problem, search the literature, the collection and evaluation of data, the analysis and interpretation and, finally, the presentation of the results. To validate the current scenario of the transport system used by the RMF, interviews were carried out with the actors involved in the sector, focusing on the research objectives. The literature review and interviews brought the necessary conclusions so that the present research can collaborate with the new concept of bus transport system, in the sustainable ways that the future requires. It will be a requirement not only for the RMF, but for the entire world sphere, at a time when countries are uniting to urgently reduce the emissions of polluting gases that are putting the planet at risk. It can be concluded that public transport has a central role to play, if it offers the necessary conditions to attract the general population, reducing the number of cars on the streets, and bringing a great contribution to the reduction of pollutant gas emissions. What the research brings to the rulers of the RMF is that, with the improvement of the service offered in public bus transport and with the inclusion of these changes, as a model of non-polluting technology, such as the electric bus, public transport by bus will certainly become absolutely essential.

Keywords: Sustainable urban mobility. Public transport. Non-polluting fuel technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dimensões da mobilidade urbana sustentável	23
Figura 2 – Fatores que promovem a adoção de e-ônibus.....	33
Figura 3 – Tipos de infraestrutura de carga usada em ônibus elétricos	34
Figura 4 – Sistema utiliza um pantógrafo montado no ônibus elétrico, incluindo gerenciamento remoto que garante alto tempo de atividade durante toda a operação.....	36
Figura 5 – Sistema utiliza um pantógrafo montado no ônibus elétrico, incluindo gerenciamento remoto que garante alto tempo de atividade durante toda a operação.....	37
Figura 6 – Pontos de recarga de veículos.....	37
Figura 7 – Linha do tempo das medidas envolvendo mudanças climáticas	39
Figura 8 – 17 Indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	43
Figura 9 – Resumo dos procedimentos metodológicos da pesquisa	45
Figura 10 – Região Metropolitana de Florianópolis	48
Figura 11 – Elementos da análise socioeconômica.....	60
Figura 12 – Modelo de ônibus que utiliza <i>Full Cell</i>	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tecnologias veiculares elétricas	31
Quadro 2 – Diferenças entre planejamento tradicional de transportes e planejamento de mobilidade urbana sustentável.....	41
Quadro 3 – ODS conectados com o transporte público sustentável.....	43
Quadro 4 – Modelo de tipologia em entrevista	49
Quadro 5 – Resumo das entrevistas.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Seleção de artigos por base de dados	47
Tabela 2 – Seleção de artigos por base de dados	47
Tabela 3 – População por município.....	48
Tabela 4 – Custo ambiental por kg de CO ₂ emitido por km rodado em 2015	67
Tabela 5 – Custo ambiental por kg de CO ₂ emitido por km rodado em 2021	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALESC	Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina
ARESC	Agência Reguladora de Serviços Públicos de Santa Catarina
BEI	Banco Europeu de Investimento
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
Camex	Câmara de Comércio Exterior
CAPEX	Capital Expenditure
CC	Créditos de Carbono
CCA	<i>California Carbon Allowance</i>
CND	Contribuições Nacionalmente Determinadas
Coderf	Comitê de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis
COMDES	Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis
COP	Conferência das Partes
COP21	21ª Conferência das Partes
COP26	26ª Conferência das partes
ECMT	European Conference of Ministers of Transport
EEA	European Environment Agency
FAPESC	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina
FCB	<i>fuel cell buses</i>
FELICITY	<i>Financing Energy for Low-carbon Investment - Cities Advisory Facility</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GLT	<i>Guided Light Transit</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICCT	International Council on Clean Transportation
ICEV	<i>Internal combustion engine vehicles</i>
II	Imposto de Importação
IKI	<i>Internationale Klimaschutzinitiative</i>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
ITS	<i>Intelligent Transport System</i>

LED	<i>Light-emitting diode</i>
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Material Particulado
MPSC	Ministério Público do Estado de Santa Catarina
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMU	Observatório de Mobilidade Urbana
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PLAMU	Plano de Mobilidade Urbana Sustentável
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PPP	Parceria Público-Privada
PRT	<i>Personal Rapid Transit</i>
RCE	Reduções Certificadas de Emissões
RMF	Região Metropolitana de Florianópolis
SCPar	SC Participações
SETUF	Sindicato das Empresas de Transporte Urbano de Florianópolis
SIE	Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade
SIM	Sistema Integrado de Transporte Metropolitano
SITP	Sistema Integrado de Transporte Público
SITVA	Sistema Integrado de Transporte do Vale do Aburrá
SMPU	Secretaria Municipal de Mobilidade e Planejamento Urbano
STE	Servicio de Transportes Eléctricos
STP	Sistema de transporte público
Sudperf	Superintendência de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis
SUMP	<i>Sustainable Urban Mobility Plan</i>
SUTP	<i>Sustainable Urban Transport Project</i>
TCE-SC	Tribunal de Contas do Estado de Santa Catarina
TCO	<i>Total cost of ownership</i>
TP	Transporte Público
UE	União Europeia
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

UITP	Union Internationale des Transports Publics
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
VE	Veículo elétrico
VLP	Veículo Leve Sobre Pneus
VLT	Veículos Leves sobre Trilhos
VPL	Valor Presente Líquido
VZE	Veículo zero emissão
WRI	World Resources Institute
ZEBRA	<i>Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator</i>
ZEBusPOM	Zero-Emission Bus Purchase and Operation Model

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Objetivo geral	19
1.2.2	Objetivos específicos	19
1.3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	20
2	REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1	MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL	21
2.2	TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS	25
2.3	TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS PARA O TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS	29
2.4	MEDIDAS GLOBAIS SUSTENTÁVEIS QUE IMPACTAM NOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	38
2.4.1	Objetivos De Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o Transporte Público Sustentável	42
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	45
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	45
3.2	COLETA DE DADOS	46
3.2.1	Revisão de literatura	46
3.2.2	Estudo de caso e entrevistas	47
4	ANÁLISE DE DADOS	50
4.1	ENTREVISTAS	50
4.2	EXPERIÊNCIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DO TRANSPORTE PÚBLICO COM O USO DE ÔNIBUS ELÉTRICOS	55
•	Na Europa e na Ásia	56
•	Na América Latina	57
4.3	ATUAL PROJETO EM ANÁLISE DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS	60
5	SUGESTÃO DE UM MODELO MAIS SUSTENTÁVEL PARA O TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS	63
5.1	CUSTO AMBIENTAL DO USO DE ÔNIBUS A DIESEL	66

5.2 MODELO PARA ELABORADORES DE POLÍTICA DE TRANSPORTE PÚBLICO..	69
5.2.1 Instrumentos de planejamento	70
5.2.2 Instrumentos regulatórios.....	71
5.2.3 Instrumentos econômicos.....	72
5.2.4 Instrumentos de informação.....	72
5.2.5 Melhorias tecnológicas e instrumentos	72
6 CONCLUSÕES	75
6.1 CONCLUSÕES DA PESQUISA	75
6.2 RESULTADOS ALCANÇADOS.....	78
6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6.4 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	81
REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O crescimento acelerado da urbanização tem trazido à tona um assunto que se encontra em discussão na atualidade, a mobilidade urbana. Em diferentes cidades do mundo, independentemente da condição econômica, social e cultural do país, a mobilidade urbana tornou-se um desafio aos gestores públicos, assim como a busca por soluções viáveis para mitigar essa problemática (LUNELLI; MEYER, 2017).

A expressão “mobilidade urbana” passou a adquirir importância a partir do momento em que as pessoas perceberam uma maior dificuldade nos seus deslocamentos dentro da cidade. Portanto, o termo ganha destaque à medida que a falta de mobilidade das pessoas nos grandes centros torna-se mais evidente e também com a pandemia da covid-19, um novo enfoque somado às necessidades já existentes de melhorias.

O setor de transporte tem despertado a atenção dos gestores das cidades por todo o mundo quando se refere ao problema de mobilidade urbana, e grande parte dessa problemática decorre da baixa qualidade dos serviços oferecidos nos sistemas de transporte dos centros urbanos, seja nos deslocamentos praticados por modos motorizados ou não (SILVA FILHO; RAIA JÚNIOR, 2013).

Em paralelo a essa preocupação com a melhoria dos transportes e da mobilidade nos centros urbanos, há também uma crescente atenção em tornar os padrões de mobilidade mais sustentáveis.

A ideia de sustentabilidade no âmbito da mobilidade urbana está ligada ao conjunto de políticas públicas de deslocamentos de pessoas e bens que promovam o uso de meios de transporte que não comprometam o meio ambiente, evitem a degradação da área urbana e não prejudiquem a eficiência do transporte (BIAGUE, 2011). Essa é uma visão que cada vez mais ganha espaço nas sociedades do mundo ocidental.

A pauta da mobilidade sustentável relaciona-se também diretamente com o desenvolvimento do conceito de cidades inteligentes, ou *smart cities*. Para Reis (2014), a evolução para uma cidade mais inteligente, mais integrada, mais inovadora pressupõe uma visão holística e sistêmica do espaço urbano e a integração efetiva dos vários atores e setores urbanos. Para tal, é necessário ir além dos investimentos em inovação tecnológica e modernizar também a gestão, o planejamento, o modelo de governança e o desenvolvimento de políticas públicas. O mesmo autor ainda complementa que, como critério universal, a cidade inteligente

deve incluir a sustentabilidade, com a finalidade de garantir que uma nova racionalidade será aplicada para tornar o aglomerado urbano compatível com um novo conceito de progresso e um novo estilo de vida (REIS, 2014).

A busca por menos poluição e maior sustentabilidade é, cada dia mais, uma exigência internacional. Organismos internacionais e governos de diversos países frequentemente anunciam e firmam iniciativas com o intuito de tornar o mundo mais sustentável. Nesse sentido, o desenvolvimento de sistemas de transporte sustentáveis é fundamental para o atingimento dos objetivos de redução de poluição e proteção do meio ambiente.

Nesse contexto sustentável, as decisões tomadas hoje vão determinar como será a vida de milhões de pessoas nas próximas décadas.

O Brasil, que já é majoritariamente urbano, pode reduzir de forma substancial as emissões de gases de efeito estufa e – ao mesmo tempo – garantir o desenvolvimento econômico, ao promover combustíveis e tecnologias veiculares mais limpas, incentivar edificações energeticamente mais eficientes, qualificar os sistemas de transporte coletivo, readequar os espaços urbanos para as pessoas, e adotar um modelo de cidade conectada, compacta e coordenada. As emissões do setor de transportes, além de representarem uma parcela expressiva das emissões totais de gases de efeito estufa, impactam significativamente na qualidade do ar dos centros urbanos. Ao considerar a importância do setor de transportes para o desenvolvimento das cidades e a tendência de crescimento da população urbana, torna-se urgente minimizar os impactos ambientais do setor.

Uma das alternativas para atenuar esses impactos é o incentivo a um sistema de transporte coletivo eficiente e que não apresente emissões significativas de poluentes. No entanto, a adoção de tecnologias limpas no transporte coletivo urbano ainda enfrenta alguns desafios. Destacam-se aqui o alto investimento inicial, as incertezas da nova tecnologia, a resistência dos operadores de ônibus e os atuais modelos de contratos de operação. Para superar tais desafios e tornar os ônibus limpos uma realidade global, a atuação coletiva tem como objetivo auxiliar cidades de todo o mundo através de uma metodologia de modelo de negócios e de uma ferramenta de análise de composição de frota. (BETTI; GARCIA; CORRÊA, 2020).

Atualmente existem diversas convenções internacionais que objetivam maior sustentabilidade. A Declaração de Intenções do Ônibus Limpo (do inglês – *Clean Bus Declaration of Intent*), assinada em 2015 por 26 cidades representando o Grupo de Liderança do Clima das Cidades (do inglês – C40 Cities Climate Leadership Group) e apoiada por dez cidades latino-americanas, é um bom exemplo de um modelo inter-regional e internacional de

compromisso com os objetivos de melhorar a qualidade do ar, introduzindo veículos com baixa ou zero emissão em frotas de ônibus urbanos (BEZRUCHONAK, 2019).

O ZEBRA (do inglês – *Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator*) é uma parceria organizada pelo C40 Cities e pelo Conselho Internacional de Transporte Limpo (ICCT, do inglês – International Council on Clean Transportation) em 2018. Busca um compromisso público de instituições financeiras regionais para o investimento de US\$ 1 bilhão em tecnologia de acionamento elétrico com emissão zero na América Latina até 2021 e para a pesquisa de opções de financiamento e modelo de negócios para operações de ônibus. Nessas operações, atuará com a Cidade do México e São Paulo, duas megacidades, cada uma com mais de 20 milhões de habitantes, e com Medellín, na Colômbia, para aumentar a implantação de ônibus elétricos (C40 CITIES, 2019).

Nesse paralelo, já é possível observar medidas sendo adotadas no Brasil no intuito de reduzir a poluição gerada pelo transporte público (TP). Em São Paulo, a maior cidade brasileira, em janeiro de 2018, a prefeitura deu um importante passo para corrigir esse problema, com a aprovação da Lei nº 16.802/2018. Por meio dessa lei, em até 20 anos, os ônibus da cidade de São Paulo deverão reduzir suas emissões de gases e poluentes em: 100% de gás carbônico (CO₂); 95% de Material Particulado (MP); e 95% de óxidos de nitrogênio (NO_x) (SÃO PAULO, 2018).

Mediante esse cenário, faz-se necessário que o setor de transportes mude seus padrões para atingir todo o seu potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

No Acordo de Paris sobre mudança climática, concebido na 21ª Conferência das Partes (COP21), em novembro de 2015, 195 países concordaram em limitar o aquecimento global abaixo de 2 °C e prosseguir com os esforços para que o limite no aumento da temperatura passe a ser 1,5 °C. Isso pode ser interpretado como uma chamada para uma ação climática global transformacional no setor de transporte (MILANEZ *et al.*, 2017).

O Acordo de Paris apoia os países a aumentarem o incentivo de mitigação por meio de Contribuições Nacionalmente Determinadas (CNDs), mediante formulação de desenvolvimento, em longo prazo, de estratégias de baixas emissões de GEE (GOTA *et al.*, 2019).

O desafio de criar um sistema de transporte público (STP) sustentável nos grandes centros, que seja viável para os operadores e que não traga problemas operacionais, é uma das principais preocupações daqueles que trabalham com políticas públicas no setor.

Segundo a UITP¹ (2020a), o setor de TP avançou na linha de frente para ajudar a combater o coronavírus, apesar da queda de quase 90% no número de passageiros em todo o

¹ Do inglês – Union Internationale des Transports Publics.

mundo. O manifesto da UITP afirma que, ao reiniciar a vida urbana e relançar a atividade econômica, não se pode voltar para uma cidade ineficiente em mobilidade que alimenta a crise no clima, causando milhões de mortes prematuras e problemas de saúde crônica, devido à poluição do ar, e colocando em risco a vida econômica com o tráfego congestionado (UITP, 2020a).

Todos esses desafios não serão vencidos sem uma clara prioridade dada ao transporte público como um pilar vital para a economia e a recuperação ambiental, tanto no curto quanto no longo prazo. É preciso voltar ao normal pós-pandemia, buscando uma melhor mobilidade para construir cidades melhores e vidas com mais qualidade.

Diante dessa tendência internacional, sistemas de transporte urbano sustentáveis terão um papel cada vez mais crítico na condução de uma ação climática responsável e na redução global de emissões de gases poluentes (C40 CITIES, [2016]).

O setor de transporte apresenta importância central para o desenvolvimento de qualquer região urbana. No contexto urbano, a capacidade de mobilização das pessoas é fundamental para garantir a eficiência econômica e a qualidade de vida.

O transporte público, como a espinha dorsal da mobilidade urbana, é essencial para a construção de cidades resilientes, o combate à mudança do clima, que evite a "recuperação" de poluição do ar, incentivando um estilo de vida saudável e a dinamização das economias locais (UITP, 2020a).

Na realidade brasileira, a economia tentava recuperar-se de uma crise econômica quando se viu dentro de uma crise ainda mais profunda e de escala global, provocada pela pandemia da covid-19. Em um estudo recente, os autores Barros *et al.* (2020) destacam que, com a pandemia, importantes problemas sociais do país agravaram-se, como acesso à saúde, ao transporte e à geração de renda, e o custo da recuperação econômica implicará em aumento substancial da dívida pública. Nesse estudo, os autores apontaram que, mesmo com a capacidade de investimento limitada, a recuperação econômica deve ser muito estratégica para beneficiar os setores, especialmente os que resultem em maior geração de emprego, combate à desigualdade e economia de baixo carbono. Ainda, de acordo com os autores, a década inicia com uma característica que representa uma vantagem econômica única para o Brasil: há claro interesse e cobrança de investidores internacionais pela manutenção e pela melhor gestão do capital natural do país, combinadas com produção de alimentos, energia e oportunidades de investimento em negócios sustentáveis, em escala rara em outras nações (BARROS *et al.*, 2020).

Diante de um cenário que necessita da interferência do poder público, o Governo Federal criou a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) por meio da Lei nº

12.587/2012, que impõe aos municípios com mais de 20 mil habitantes a elaboração de um Plano de Mobilidade de forma integrada com o Plano Diretor previsto pelo Estatuto da Cidade. Essa medida contribuiu para organizar os padrões de mobilidade e de ocupação das áreas urbanas brasileiras (LUNELLI; MEYER, 2017).

Com base na exigência da Lei nº 12.587/2012, a Região Metropolitana de Florianópolis (RMF) vem sendo objeto de estudos no que se refere à mobilidade urbana, visando contribuir com o processo de transformação do modelo de transporte público coletivo atualmente utilizado. Esses estudos estão embasados nos resultados do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS), elaborado pelo Governo do Estado de Santa Catarina e concluído em 2015, em parceria com a Superintendência de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis (Sudarf).

Foi o primeiro estudo técnico, na esfera metropolitana, buscando desenvolver e aplicar uma visão abrangente sobre a mobilidade urbana para além da discussão de modais e oferta de infraestrutura. O plano tratou o conceito de mobilidade por facilidade de se chegar a destinos, promover sustentabilidade econômica e ambiental, estimular o crescimento inteligente e orientar o desenvolvimento urbano para um sistema de transporte coletivo mais eficaz. (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015).

Com a pandemia da covid-19, o conceito de “mobilidade urbana sustentável” obteve um destaque importante (LEWIS, 2020). Segundo o mesmo autor, em uma perspectiva global, essa transformação no cotidiano e no estilo de vida da população causou uma série de impactos ao planeta. Lewis (2020) cita que o isolamento social para combater o coronavírus, imposto em diferentes regiões do mundo, derrubou as emissões de GEE como consequência da redução da mobilidade humana e da atividade industrial.

Os benefícios sentidos pela redução da poluição no período de maior distanciamento social durante a pandemia motivaram setores da sociedade a demandar políticas públicas que possam manter níveis mais baixos de poluição. Diante disso, cabe ao poder público produzir políticas que sejam capazes de reduzir os níveis de produção de poluição gerada pelo transporte público nas cidades, sem que esta afete negativamente os padrões operacionais.

A administração pública tem um papel central na promoção da “economia verde” e no impulso do desenvolvimento sustentável no pós-crise (MAZZUCATO, 2014). Por isso, há a necessidade de haver um envolvimento direto dos atores estatais no desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento de uma economia verde.

O estímulo ao transporte público, de acordo com Bertolotto (2020), passa pela troca de fonte de energia usada, substituindo a combustão pela eletricidade. Na ótica desse mesmo autor, a troca do motor por combustão para o motor elétrico seria o ideal para movimentar a economia e mudar a realidade das cidades.

Por sua vez, o estudo da European Environment Agency (EEA, 2020), de março de 2020, já indicou melhoria da qualidade do ar e menos emissões nas principais áreas metropolitanas.

E é nesse cenário de recuperação de uma rotina reinventada pela pandemia da covid-19 – no qual a necessidade de um transporte coletivo já apresentava uma grande urgência em melhorias para que se tornasse mais atrativo aos usuários –, que este trabalho contribuiu para a evolução do conceito de ganho de eficiência das empresas que atendem à mobilidade urbana diária na RMF e para a implementação de políticas públicas nas dimensões sustentáveis, gerando conhecimento de relevância acadêmica.

1.2 OBJETIVOS

Para responder à questão da pesquisa, “qual será o impacto socioambiental da adoção de um modelo não poluente no sistema de transporte público de ônibus da Região Metropolitana de Florianópolis?”, foram elencados o objetivo geral e os específicos apresentados a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o impacto socioambiental da adoção de um modelo não poluente no STP de ônibus na RMF.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar os atores envolvidos na adoção de um modelo não poluente no STP de ônibus da RMF;
- Analisar as variáveis sociais e ambientais afetadas pela adoção de um modelo não poluente no STP de ônibus;
- Identificar tecnologias não poluentes disponíveis para uso no transporte público de ônibus;

- Analisar opções de combustíveis e infraestrutura necessárias para que o uso de ônibus não poluente, não provoque grande prejuízo à eficiência operacional para o STP de ônibus da RMF.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O objetivo geral da pesquisa é analisar o impacto socioambiental da adoção de um modelo sustentável no STP de ônibus na RMF, para que se possa oferecer um estudo sobre o tema, que traga à luz conhecimento sobre o que se tem já em evidência ao redor de todo o mundo, tendo em vista que isso é uma mudança urgente e necessária para gradualmente se substituir o uso de combustíveis poluentes por alternativas mais eficientes em termos ambientais.

Para que fosse identificado com mais amplitude o impacto social e ambiental que a adoção de um modelo sustentável aos ônibus utilizados pode gerar no STP da RMF, buscou-se, com a presente pesquisa, identificar os atores envolvidos no modelo atual, os quais caracterizam a gestão e os novos projetos que demonstrem as possibilidades de uma transição do modelo atual poluente para um modelo não poluente.

Os fatores que influenciam na mudança de um modelo não sustentável para um sustentável foram trazidos na opinião de diversos autores e também dos atores identificados pela presente pesquisa, em que as variáveis sociais e as ambientais são explicitadas para uma análise na qual se pode observar o impacto dessa mudança para a sociedade e o meio ambiente.

Como o ponto central da pesquisa é a adoção de tecnologias menos poluentes para o uso nos ônibus do sistema de transporte da RMF, foi imprescindível que se trouxesse conhecimento das tecnologias que estão disponíveis atualmente com uma análise global e um foco na realidade local para a adoção dessas tecnologias.

Por fim, após alcançar as respostas que os objetivos da pesquisa exigiam, foram propostos alguns cenários para que os governantes e os atores que influenciam no sistema de transporte da RMF possam levar em conta como ferramentas para uma possível implantação de um modelo mais sustentável, que traga os benefícios que a demanda atual ambiental e social exigem para um futuro melhor.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo trata da revisão de literatura com a finalidade de contextualizar o atendimento aos objetivos sob a ótica de vários autores, numa abordagem conceitual, por meio da organização de dados, fatos, ideias e argumentos em torno dos temas da dissertação e que serviram de apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

Realizou-se a seleção da literatura, com bibliografias relacionadas ao tema “mobilidade urbana sustentável”; abordou-se na sequência o “transporte público e os aspectos socioambientais”; e, por fim, fundamentou-se a questão das “tecnologias sustentáveis para uso em transporte público de ônibus”.

2.1 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

A mobilidade urbana desempenha um papel vital em ajudar as cidades a prosperar, uma vez que, para muitas pessoas, é necessário mover-se para chegar ao trabalho, levar filhos na escola e fazer compras. Nas cidades modernas, um dos desafios sem fim tem sido a tarefa de fornecer às pessoas que ali vivem condições adequadas e acessíveis de mobilidade.

Quando se fala de mobilidade urbana, está-se referindo a muito mais do que deslocamentos, ou seja, está-se falando de um espaço geográfico, social, político, histórico e, acima de tudo, da individualidade de cada cidadão (SILVA FILHO; RAIA JÚNIOR, 2013).

Ainda segundo os autores, a necessidade dos deslocamentos e a dispersão do espaço urbano apresentam-se como um desafio à mobilidade para atender uma cidade cada vez mais dispersa, tendo em vista que a complexidade desses deslocamentos acentuou-se (SILVA FILHO; RAIA JÚNIOR, 2013).

Já na visão de Macario (2004), a mobilidade urbana pode ser considerada como um conjunto estruturado de modos, redes e infraestrutura, constituindo um sistema complexo. Como um fator determinante para a *performance* de todo o sistema, a forma como as suas partes encaixam-se está diretamente relacionada com o nível de interação e compatibilidade entre agentes e processos intervenientes no sistema.

A forte tendência de concentração da população em áreas urbanas aumenta os desafios dos gestores públicos na provisão da adequada infraestrutura para suportar o adensamento do espaço urbano, e cresce em importância a atividade de planejamento das cidades e a consequente implantação de políticas públicas, como a mobilidade urbana, que venham a assegurar a qualidade de vida da população (REIS, 2014).

A mobilidade urbana permite que todas as pessoas acessem emprego, educação, saúde, cultura, serviços básicos, coexistência, recreação e, em geral, o pleno exercício de seus direitos, sem exceção, o que lança as bases para uma mobilidade mais inclusiva, eficiente, sustentável e resiliente (MEXICO, 2020).

Para Lima, Silva e Albuquerque Neto (2019), a mobilidade compreende a facilidade de deslocamento das pessoas e bens na cidade em função das complexas atividades nela desenvolvidas, constituindo um componente da qualidade de vida aspirada por seus habitantes.

De acordo com UITP (2020b), as instituições públicas de trânsito e legislações de mercado diferem de acordo com as especificidades locais, mas um plano de desenvolvimento estratégico deve ser o ponto de partida, que crie uma visão comum (vertical e horizontal), na qual a mobilidade urbana seja posta para cumprir as metas estratégicas dos objetivos da cidade e garantir benefícios socioeconômicos mais amplos.

Segundo Banister (2008), a mobilidade sustentável tem uma função central a desempenhar no futuro das cidades sustentáveis, mas é apenas por meio da compreensão e da aceitação pelas pessoas que terá sucesso.

Na dimensão ambiental, a mobilidade sustentável está associada à necessidade de se considerarem os atributos de efetividade tão importantes quanto os atributos de eficiência e eficácia na gestão, na operação e no planejamento dos sistemas de transporte. Nesse sentido, não basta ter capacidade para transportar as demandas potenciais com o menor custo financeiro possível, têm de ser seguidas as medidas que respeitam o meio ambiente no qual a operação de transporte está inserida (CARVALHO, 2016).

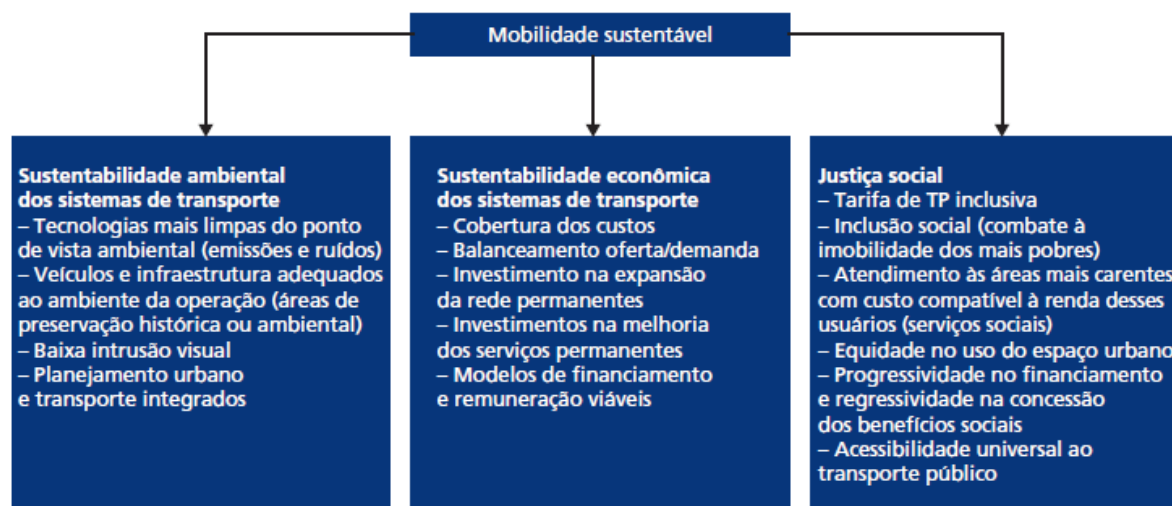
As transições de sustentabilidade contribuíram para a compreensão de mudanças complexas e multidimensionais consideradas necessárias para adaptar sociedades e economias a modos de produção sustentáveis e consumo em áreas como transporte, energia, habitação, agricultura e alimentação, comunicação e saúde (COENEN; BENNEWORTH; TRUFFER, 2012).

O termo “mobilidade urbana sustentável” deve ser considerado dentro do conceito mais amplo do desenvolvimento sustentável, que se refere à promoção do equilíbrio entre a satisfação das necessidades humanas e a proteção do ambiente natural (CARVALHO, 2016). Na opinião do mesmo autor, a satisfação das necessidades humanas implica que os bens e os serviços devem ter oferta disponível e compatível com as demandas da população, e essa oferta precisa apresentar estabilidade e regularidade ao longo do tempo.

Ainda de acordo com Carvalho (2016), o desenvolvimento sustentável manifesta-se nas três dimensões principais – econômica, social e ambiental –, o mesmo pode ser feito em relação aos sistemas de mobilidade. Conforme é mostrado na Figura 1, o autor traz essas

dimensões para o campo da mobilidade urbana, em que podem ser delineados os pressupostos básicos de uma mobilidade urbana sustentável, nos quais a proteção ambiental, a sustentabilidade econômica e a justiça social tornam-se condicionantes importantes no processo de planejamento.

Figura 1 – Dimensões da mobilidade urbana sustentável



Fonte: Carvalho (2016).

Nas últimas décadas, autores vêm defendendo um aprimoramento de estudos que envolvem urbanismo nas cidades para melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes, pesquisas que analisam usos mistos do solo são uma característica marcante do crescimento inteligente. Cerveró e Duncan (2006) apontam que os planejadores de transporte deveriam buscar equilíbrio entre empregos e habitação como forma de reduzir o período de pico de tráfego e racionalizar o fluxo de deslocamento em que as estratégias de uso do solo visassem reduzir milhas e horas de viagens de veículos.

De acordo com Cerveró, Guerra e Al (2017), no setor de transporte urbano, a sustentabilidade pode ser vista da mesma forma em termos além de gerações, satisfazendo as necessidades atuais de mobilidade das cidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras de adequar-se à ecologia e ao ambiente natural, incluindo dimensões econômicas, sociais e institucionais. Os mesmos autores ainda argumentam que muitos dos problemas ambientais no setor de transporte urbano, como poluição do ar e emissões de GEE, estão enraizados em seu setor de transporte, e combustíveis alternativos, como biomassa e veículos elétricos, os quais podem reduzir a dependência de petróleo.

Cidades e países dependentes de carro consomem substancialmente mais terras, combustíveis fósseis e habitat natural do que locais mais compactos e multimodais. Eles também produzem substancialmente mais poluição local e global. À medida que as mudanças climáticas prejudicam e ameaçam o planeta e seus habitantes, os ambientes urbanos projetados em torno de veículos de grandes dimensões, movidos a combustíveis fósseis, parecem cada vez mais desfavorecidos. (CERVERÓ; GUERRA; AL, 2017, p. 9).

Montejano *et al.* (2019) analisaram dados entre 1990 e 2010 em cidades no México, avaliando a urbanização, especialmente a urbanização rápida sem investimento suficiente em infraestrutura, que acarretou uma série de externalidades negativas, como congestionamento, poluição, danos ambientais e ameaça de problemas sociais. Nesse estudo, os autores apontam que a expansão urbana está intimamente ligada ao crescimento econômico na maioria dos lugares, e a produtividade individual é aumentada em cidades maiores, onde esse modelo de crescimento urbano gerou custos de transporte mais altos e aumentos na segregação socioeconômica.

Para Romero-Lankao *et al.* (2016), a urbanização e as áreas urbanas estão alterando profundamente a relação entre a sociedade e o meio ambiente, e, nas últimas décadas, sustentabilidade e resiliência tornaram-se conceitos-chave voltados para compreender a dinâmica urbana existente e responder aos desafios de criar áreas urbanas habitáveis para o futuro.

Segundo Garau e Pavan (2018), uma cidade inteligente e sustentável tem objetivos a serem alcançados de forma adaptável, escalável e acessível, como: melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos; garantir crescimento econômico; melhorar o bem-estar de seus cidadãos, assegurando acesso a serviços sociais e comunitários; estabelecer uma abordagem ambientalmente responsável e sustentável ao desenvolvimento; garantir a prestação eficiente de serviços e infraestrutura básica, como transporte público, abastecimento de água, telecomunicações e outros serviços públicos; e fornecer um mecanismo regulatório e de governança local eficaz, assegurando políticas equitativas.

Os sistemas de transporte urbano sustentável terão um papel cada vez mais crítico na promoção de ações climáticas responsáveis e na redução global de emissões de gases de CO₂ (C40 CITIES, [2016]).

Nos países em desenvolvimento, geralmente não é realizado um planejamento adequado de transporte, o que implica em congestionamento, altos custos e tempos de viagem. A mobilidade urbana sustentável é um desafio significativo, e em algumas dessas áreas urbanas, o problema está relacionado a sistemas de TP congestionados e ineficientes, em que tendem a ocorrer altas taxas de motorização e uso de carros particulares, causando prejuízos econômicos, problemas sociais e ambientais (SÁNCHEZ-ATONDO *et al.*, 2020).

Conforme o mesmo autor, apesar da complexidade envolvida na análise de sistemas de transporte, existe um princípio básico que se respalda na existência de três macrovariáveis fundamentais que são determinantes na mobilidade: (i) sistema de transporte que possui infraestrutura física, veículos, operação e governança; (ii) sistema de atividades, ou seja, o padrão de atividades sociais e econômicas que se desenvolve na área, o que pode estar relacionado a fatores como população, renda ou emprego; e (iii) padrões de fluxo, em outras palavras, origem, destino e volumes de tráfego nas rodovias.

Pantelaki, Maggi e Crotti (2020) destacam a importância da necessidade de mais pesquisas na mobilidade ativa, bem como de investimentos em transporte voltado para o idoso, que, com a emergência da covid-19, sublinhou ainda mais a importância dessa questão, sendo a terceira idade um dos grupos sociais mais desfavorecidos e mais frágeis. Esses autores ressaltam que, com a pandemia da covid-19, abriu-se um grande desafio para os governantes lidarem com o envelhecimento ativo no âmbito de distanciar e planejar ações de mobilidade nessa perspectiva.

A abordagem da mobilidade atual exige ações para reduzir a necessidade de viajar (menos viagens), incentivar mudanças modais, reduzir as distâncias de viagem e incentivar maior eficiência no sistema de transporte. Além disso, a participação da sociedade é essencial no planejamento, na implementação, no monitoramento e na avaliação de estratégias de mobilidade urbana sustentável e políticas públicas (MEIRA *et al.*, 2020).

Desses diversos autores citados acima, é unânime a opinião de que existe a necessidade de repensar qual tipo de mobilidade deve-se buscar para os centros urbanos, e que o conceito de sustentabilidade deve estar inserido em todo o planejamento para a mobilidade e seus modais.

2.2 TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS

O transporte público é público em múltiplos, e não inteiramente sobrepostos, sentidos e refere-se a um meio de transporte compartilhado e aberto ao público, geralmente por compra de *tickets*, ao contrário de modos privados (PAGET-SEEKINS; TIRONI, 2016). Ainda de acordo com esses autores, também pode referir-se à propriedade de um sistema, se for de domínio de uma entidade pública ou mesmo se o sistema for operado por uma empresa privada financiada por recursos públicos, e pode identificar TP como um bem público, algo para benefício geral da população, mesmo que esta não o use diretamente.

É neste ponto que se pretende refletir sobre o sistema de transporte de ônibus como um elemento-chave para uma estratégia de sustentabilidade (urbanismo, mobilidade e qualidade do

ar) em qualquer cidade do mundo sob a perspectiva das estratégias de diferentes cidades, culturas e operadores do mundo, analisando suas percepções como especialistas e planejadores do futuro serviço de ônibus urbano (FERNANDEZ-SANCHEZ; FERNANDEZ-HEREDIA, 2018).

Conforme Bezruchonak (2019), o transporte público é considerado um componente integral do cotidiano urbano na rotina logística, que atende às necessidades crescentes dos cidadãos, tanto na área privada quanto na empresarial, em que, nas últimas décadas, a parcela da população urbana global aumentou significativamente, afetando fortemente a forma como as pessoas movem-se dentro e além dos limites da cidade.

Para conseguir que as pessoas mudem seus meios de transporte para modos mais sustentáveis, é necessário fazer uma análise abrangente dos diferentes aspectos da mobilidade urbana e do sistema de transporte, na qual as melhorias devem ser levantadas considerando as variáveis que os usuários atuais valorizam mais, e como essas variáveis podem agir para facilitar a decisão de mudar de veículos privados para TP (SÁNCHEZ-ATONDO *et al.*, 2020).

Soluções inovadoras, compreendendo novas tecnologias, infraestruturas adequadas e novas medidas organizacionais, são importantes para implementar as inovações bem-sucedidas que podem ajudar a indústria de transporte público (WIESENTHAL; CONDEÇO-MELHORADO; LEDUC, 2015).

Pedroso (2017) descreve que, entre os sistemas dedicados ao TP, encontram-se peruas, ônibus comuns e elétricos, metrô pesado, trens suburbanos e modalidades de média capacidade de transporte denominadas *Bus Rapid Transit* (BRT), metrô leve, *Personal Rapid Transit* (PRT), Veículo Leve Sobre Pneus (VLP) ou *Guided Light Transit* (GLT) e Veículos Leves sobre Trilhos (VLT). O mesmo autor classifica os diferentes sistemas disponíveis por tipo de uso, pela segregação dos diferentes modais na infraestrutura de rolamento, pela tecnologia empregada e pelos tipos de serviços oferecidos. Por tipo de uso, classifica em privados, alugados e públicos.

Sobre o TP de ônibus, os autores Corazza *et al.* (2016) citam que as novas gerações de ônibus podem ser um modo apropriado para atender às necessidades nos campos das salvaguardas ambientais (em termos de energia, eficiência, emissões e ocupação do espaço) e da eficácia operacional, pois podem ser mais facilmente adaptados aos diferentes requisitos dos passageiros e não requerem infraestruturas pesadas. Segundo os mesmos autores, também vale lembrar que os ônibus são modos de transporte de passageiros altamente eficientes, com baixos níveis de consumo de combustível, mesmo com níveis modestos de ocupação, contribuindo assim para a redução de CO₂ e outras emissões de GEE. Além disso, ressaltam que a segurança

é mais um ponto forte para os ônibus, pois as taxas de acidentes relacionadas são muito baixas se comparadas a outros modos de transporte de passageiros (CORAZZA *et al.*, 2016).

Na maioria das cidades brasileiras, o sistema de transporte coletivo por ônibus predomina no atendimento de grandes massas por possuir, entre outros motivos, grande flexibilidade para conexão de pontos de origem e destino e custos baixos de implantação e oferta adaptáveis a incrementos na demanda (ARAÚJO *et al.*, 2011).

Para Soares e Medeiros (2017), parte considerável da população nas grandes cidades depende do transporte público para trabalhar, fazendo com que este seja um dos serviços mais críticos, e sugerem que, para resolver esse problema, a qualidade do serviço deve ser melhorada ao ponto de as pessoas ficarem satisfeitas ao utilizá-lo.

Sob o aspecto socioambiental, falar em qualidade de vida no trânsito implica em abordar o sistema de transporte das cidades, sobretudo o coletivo, de maneira a problematizar sua influência na fixação em áreas geográficas do desenho urbano e o consequente impacto na acessibilidade e na mobilidade dos atores sociais (ARAÚJO *et al.*, 2011). Ainda, segundo os mesmos autores, o transporte coletivo é um serviço essencial nas cidades, pois democratiza a mobilidade, constitui um modo de transporte imprescindível para reduzir congestionamentos, níveis de poluição e uso indiscriminado de energia automotiva, além de minimizar a necessidade de construção de vias e estacionamentos.

Zielinski (2015) amplia essa questão, o que significa entender o transporte público como algo que visa atender às necessidades básicas das pessoas e do planeta como um todo, independentemente do fato de essas necessidades serem de cunho social, ambiental ou econômico.

O TP fornece benefícios à sociedade que os transportes particulares não propiciam, particularmente, no uso mais eficiente de infraestrutura dos serviços públicos, como o espaço rodoviário, onde todos se beneficiam e, por ser aberto ao público, serve como opção de *backup* automático para todos os usuários de transporte privado (PAGET-SEEKINS; TIRONI, 2016).

Em áreas urbanas, grandes quantidades de compostos químicos são emitidas para a atmosfera pelas indústrias, pelos veículos e por outras atividades humanas, e os efeitos da poluição do ar podem ser caracterizados pela alteração de condições consideradas normais e pela potencialização de problemas já existentes, afetando a qualidade de vida da população com o agravamento da qualidade do ar e, conseqüentemente, causando prejuízos à saúde ao ambiente e ao bem-estar da população (GUARIEIRO; VASCONCELLOS; SOLCI, 2011).

Na Europa, a redução de emissões de GEE e CO₂, a eficiência energética, a melhoria da qualidade do ar e a redução da poluição sonora são prioridades para o desenvolvimento sustentável de cidades que possuem políticas, estratégias e medidas que fornecem a estrutura legislativa

regional necessária para o desenvolvimento de transportes públicos mais limpos no continente, refletindo a visão geral sobre a mobilidade urbana europeia (BEZRUCHONAK, 2019).

As mudanças climáticas também podem ser vistas, na ótica de Corazza *et al.* (2016), como meios de proporcionar novas oportunidades econômicas e, dentre elas, o desenvolvimento de soluções integradas que melhorem a eficiência energética no setor de transportes. Ainda, observam que grande ênfase é colocada na promoção de estudos e na implementação de soluções para atender a requisitos mais sustentáveis em sistemas locais de transporte e entre os projetos de pesquisa em campo, uma série deles são especificamente dedicados a ônibus. Para os mesmos autores, a tarefa comum é dupla, por um lado, é necessário desenvolver soluções inovadoras para aumentar a atratividade desse modo de transporte e, por outro, para operar veículos mais ecológicos.

Ainda para Corazza *et al.* (2016), as pessoas continuam dirigindo como conveniência pessoal os automóveis de passageiros, sendo um hábito difícil de mudar entre o público, também provocado pela falta de atratividade de utilizar um ônibus.

Recentemente, muitas agências de transporte estão investindo em seus sistemas públicos para transformá-los em um sistema integrado (CHOWDHURY *et al.*, 2018). Segundo os autores, um sistema de TP integrado possui cinco atributos principais: (a) integração de rede; (b) integração de tarifas; (c) integração de informações; (d) integração física de estações; e (e) horários coordenados. Citam ainda que a integração de sistemas de transporte público vem recebendo atenção das autoridades governamentais, que estão investindo em nova infraestrutura para melhorar a qualidade desses serviços, em que um plano regional é normalmente desenvolvido para delinear mudanças no sistema existente para transformá-lo em um sistema integrado.

No Brasil, diferentemente da maioria dos países da América Latina que promoveram a desregulamentação do TP, os serviços de ônibus são normalmente prestados por médias e grandes empresas com rotas fixas, horários e tarifas estabelecidos em contratos (CARVALHO, 2019).

Na opinião de Daraio *et al.* (2016), em termos de metas de equidade, um nível razoável de acesso aos serviços de TP é unanimemente considerado um direito essencial em uma sociedade democrática. No que diz respeito às metas de eficiência, as partes envolvidas geralmente estão interessadas tanto nos efeitos diretos, melhorando a eficiência e a qualidade da oferta do STP, quanto nos efeitos externos, como redução da poluição e congestionamentos e melhora da oferta de mão de obra nos centros urbanos.

2.3 TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS PARA O TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS

Os ônibus estão entre as maiores fontes de emissões de GEE em muitas cidades, mas estão passando por uma revolução silenciosa. A união de novas tecnologias e a crescente demanda por investimentos na área, impulsionadas pela poluição do ar cada vez mais evidente e rigorosas metas de redução de carbono, estão levando mais cidades a investir em tecnologias limpas para ônibus. Em paralelo, porém, surgem dúvidas sobre quais são as melhores tecnologias e os modelos de negócios mais adequados para o sucesso em longo prazo.

A indústria automobilística está passando por um período de turbulência e mudança, na qual, por um lado, os fabricantes de automóveis têm lucros baixos e variáveis, porque incorporam uma tecnologia madura de forma globalmente competitiva em um mercado e, por outro lado, o setor enfrenta demandas crescentes da sociedade para reduzir as emissões de veículos rodoviários, especialmente GEE (KÖHLER *et al.*, 2013). Segundo esses autores, houve um desenvolvimento muito extenso de tecnologias de baixo carbono na indústria automobilística.

As tecnologias sustentáveis são um tema emergente em muitos setores econômicos, e nos transportes essa realidade não é diferente. Atualmente, há uma diversidade de tecnologias disponíveis ao setor.

De acordo com ECMT² (2004), um sistema de transporte sustentável é aquele que:

- Permite que os indivíduos, as empresas e as sociedades tenham satisfeitas as necessidades básicas de mobilidade de modo a preservar a saúde humana e do ecossistema, e promover a equidade dentro de uma geração e entre gerações sucessivas.
- É acessível financeiramente, eficiente, oferece uma escolha do modo de transporte, e apoia uma economia competitiva, assim como o desenvolvimento regional equilibrado, e
- Limita as emissões e perdas à possibilidade do planeta de absorvê-los, usa recursos renováveis iguais ou inferiores às suas taxas de produção, e usa recursos não renováveis iguais ou inferiores às taxas de desenvolvimento de substitutos renováveis, enquanto minimiza o impacto no uso do solo e geração de ruído.

² Do inglês – European Conference of Ministers of Transport.

Com a crescente evidência das consequências da poluição sobre as condições ambientais, inicia-se a discussão da substituição de combustíveis fósseis por outras fontes energéticas (PEREIRA, 2017).

Com o Acordo de Paris – que visa reduzir as emissões de GEE na atmosfera em quantidade suficiente para manter o aquecimento global abaixo de 2 °C, além de redobrar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C –, também será necessário desenvolver alternativas de energia renovável para o setor de transportes, que, embora muitas vezes negligenciado nas discussões internacionais sobre a mudança climática, representa quase um quarto das emissões globais de CO₂ (MILANEZ *et al.*, 2017).

É abundante a literatura científica sobre os problemas decorrentes do estilo de vida com o uso do automóvel que afetam as mudanças climáticas, em que, entre as soluções propostas, está a promoção de sistemas de trânsito mais limpos, mais especificamente, o ônibus como um dos mais recorrentes (CORAZZA *et al.*, 2016).

Os principais poluentes lançados na atmosfera pelos veículos são provenientes do processo de combustão incompleta, quando o combustível injetado no cilindro não encontra a quantidade necessária de ar para sua queima (GUARIEIRO; VASCONCELLOS; SOLCI, 2011). Ainda de acordo com esses autores, no que diz respeito aos veículos do ciclo diesel, muitos estudos empregam óleos vegetais como alternativa para o óleo diesel, e, no Brasil, a utilização de biodiesel adicionado ao diesel pode ser considerada uma estratégia econômica (redução da importação de diesel), social (fixação do homem no campo) e principalmente ambiental (redução da emissão de alguns poluentes).

Um levantamento feito por Kozerski e Hess (2006) avaliou que o emprego do biodiesel como combustível, em substituição total ou parcial ao diesel, também está associado a outros relevantes benefícios, como:

- Redução das emissões de gás carbônico, que contribui para o efeito estufa.
- Redução das emissões de enxofre e compostos aromáticos tóxicos (como o benzeno), já que o biodiesel não contém esses contaminantes.
- Combustão mais completa, decorrente do maior percentual de oxigênio presente nas moléculas que compõem o biodiesel.
- Geração de empregos no setor primário, mantendo os trabalhadores no campo e evitando o êxodo rural.
- Diminuição na importação de petróleo, favorecendo a balança comercial do país.

Porém, o estudo desses autores mostrou que, por outro lado, avariar a utilização do gás natural em motores a ciclo diesel é tecnicamente muito complicada e, assim, para a utilização do gás natural como combustível em ônibus e micro-ônibus, seria necessária a substituição dos motores atualmente em uso, que são de ciclo diesel. Isso, certamente, acarretaria custos elevados e rejeição ao uso desse combustível, além de uma eficiência menor do que a de ciclo diesel, causando um consumo maior de combustível, o que não compensa os preços menores do gás natural com relação ao diesel.

Para o cenário brasileiro, Lima, Silva e Albuquerque Neto (2019) destacam que a eletrificação dos veículos rodoviários surge como uma opção relevante para superar o problema da poluição atmosférica, uma vez que o setor de transportes é um dos maiores responsáveis por emissões de CO₂ no Brasil, e a proporção de viagens por modalidades que se utilizam da queima de combustíveis fósseis é bastante elevada.

De acordo com esses autores, os veículos eletrificados podem ser separados em totalmente elétricos ou híbridos elétricos. Os autores ainda descrevem, de maneira breve, cada uma dessas tecnologias, como segue no Quadro 1:

Quadro 1 – Tecnologias veiculares elétricas

Tecnologia veicular	Características
Veículo totalmente elétrico	Utilizam a eletricidade armazenada nas baterias embarcadas para a alimentação do motor elétrico de tração ou propulsão. Essas baterias são recarregadas conectando o veículo a carregadores externos ou à rede. Uma vez que não há combustão na operação, emite zero gás de efeito estufa na sua operação e uma quantidade significativamente menor de material particulado, este proveniente somente do atrito de peças mecânicas e do pneu com o solo. Possuem menos peças do que um veículo convencional, o que também facilita e diminui o custo de manutenção.
Veículos híbridos elétricos	Maior eficiência na operação quando comparado a um modelo de veículo convencional, movido a motor de combustão interna; modo silencioso de operação, utilizando somente o motor elétrico; funcionamento como gerador estacionário para alimentação de instalações ou de outros veículos; redução no tamanho dos componentes, uma vez que as baterias também atuam como <i>buffers</i> para picos de potências instantâneas, e os extensores de autonomia podem ser dimensionados de acordo com as potências médias.

Fonte: Lima, Silva e Albuquerque Neto (2019).

De acordo com Todoruț, Cordos e Iclodean (2020), na substituição dos ônibus a diesel por ônibus elétricos para a redução das emissões de CO₂, podem-se considerar três aspectos: o desejável, as vantagens e as desvantagens. Topal e Nakir (2020) propuseram uma nova abordagem chamada de modelo de compra e operação de ônibus com emissão zero (ZEBusPOM, do inglês – Zero-Emission Bus Purchase and Operation Model) para passar do poluente clássico STP para um sistema sustentável com zero emissão local de poluentes, de acordo com o seguinte algoritmo:

1. Monitore a operação em tempo real dos ônibus a diesel e ônibus elétricos no trânsito urbano após um horário predeterminado, com passageiros, em condições de clima quente/frio.
2. Desenvolva um banco de dados com resultados monitorados durante a operação de ônibus a diesel/elétricos.
3. Compare os dois modelos de ônibus em termos de energia e eficiência.

Para esses autores, além de reduzir as emissões de poluentes de transporte público, substituindo ônibus a diesel por ônibus elétricos, a alteração tem vantagens imediatas (ruído reduzido no ambiente, aumento da confiança local/ nacional/internacional e visibilidade das áreas que adotam uma solução tão moderna etc.), com benefícios de médio a longo prazo (custos operacionais e de manutenção reduzidos devido à confiabilidade dos ônibus elétricos com base na construção simples do trem de força, e possibilidade de custo das viagens de ônibus diminuído, para que tantos cidadãos quanto possível deixem de usar veículos individuais na cidade, resultando em menos tráfego e em mais redução da poluição). O fato de os preços de compra dos ônibus elétricos ainda serem altos é uma desvantagem, mas programas nacionais/internacionais de financiamento para compra de veículos de energia elétrica limpa poderiam facilitar a aquisição de veículos não poluentes.

Segundo Bezruchonak (2019), os legisladores e as administrações municipais podem considerar que a eletrificação da frota do transporte público e a redução das emissões de GEE garantem um ambiente saudável para a população. O autor considera que a implantação de ônibus elétricos é internacionalmente reconhecida como uma tecnologia emergente, com fortes atrativos e limitações, por isso, nos últimos anos, muitas cidades europeias decidiram incorporar ônibus elétricos ao existente sistema de TP que suporta a nova tecnologia.

A mobilidade elétrica é considerada um mecanismo eficaz de transformação e redução das emissões de GEE no transporte urbano de ônibus, sendo uma importante contribuição no

futuro da mobilidade, uma vez que pode superar as desvantagens existentes dos ônibus convencionais que usam combustível fóssil e apoiar a transferência modal para o transporte público (NIKITAS *et al.*, 2017).

Para ilustrar de uma forma resumida, Leeder, Jain, Jennings, Wang e Tvedt (2021) mostram no esquema subsequente (Figura 2) as motivações e os facilitadores para o uso de e-ônibus:

Figura 2 – Fatores que promovem a adoção de e-ônibus



Fonte: Leeder, Jain, Jennings, Wang e Tvedt (2021).

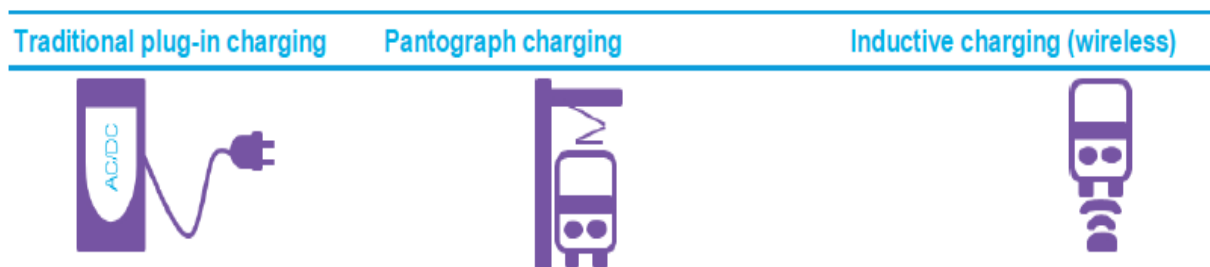
Em uma pesquisa citada por Tozzi, Guida e Knote (2014), considerando diferentes sistemas de propulsão, descreve-se um padrão muito dinâmico que reflete a mudança dos

sistemas de propulsão menos tradicionais, nos quais a tração elétrica parece ser a opção futura mais popular.

Segundo Lima, Silva e Albuquerque Neto (2019), os tipos mais comuns de baterias utilizados em veículos elétricos são as de íons de lítio, as de níquel-hidreto metálico e as de chumbo ácido. De acordo com esses autores, as baterias de íons de lítio são as mais utilizadas por disporem de grande energia específica e alta eficiência na operação, já as baterias de níquel-hidreto metálico possuem grande vida útil em ciclos e também são amplamente utilizadas em veículos elétricos, porém seu alto custo, grande autodescarga e quantidade de calor gerada em altas temperaturas ainda limitam a tecnologia. Para os mesmos autores, as baterias de chumbo ácido são as mais antigas no meio automobilístico, uma vez que são baratas e podem ser projetadas para fornecer altas potências instantâneas, porém a sua baixa densidade de energia e vida útil as descartam para a utilização em larga escala em veículos eletrificados.

De acordo com Bloomberg New Energy Finance (BNEF, 2018), existem três tipos principais de infraestrutura para carregar ônibus elétricos: sistemas *plug-in*, carregamento de condutor pantógrafo (aéreo) e carregamento indutivo, conforme a Figura 3:

Figura 3 – Tipos de infraestrutura de carga usada em ônibus elétricos



Fonte: BNEF (2018).

- Carregamento de *plug-in* tradicional (*traditional plug-in charging*): atualmente a opção mais barata disponível e um dos sistemas mais comuns para carregamento durante a noite no depósito ou durante uma parada durante o dia. Usando um carregador lento (15- 22 kW), um e-bus geralmente pode estar totalmente carregado em cerca de 10 horas. Um carregador rápido (22-50 kW) e um super-rápido (50-120 kW) permitem carga mais ágil, com de cerca de 2-6 horas.
- Carregamento do pantógrafo (*pantograph charging*): usa equipamento numa montagem no telhado para fazer uma conexão elétrica entre o ônibus e uma fonte de alimentação aérea. O pantógrafo pode ser instalado no teto do ônibus, e o

carregamento começa quando o ônibus chega no local com a ferramenta e o pantógrafo é estendido para fazer contato com o carregador. Esses sistemas são geralmente localizados em pontos de ônibus ou em terminais de ônibus. A potência de saída do carregador é geralmente 150-300 kW, permitindo uma rápida carga da bateria. Existem vários fornecedores de tecnologias de carregamento hoje, e tais sistemas são oferecidos como opção por muitos dos principais fabricantes de e-bus: Proterra, Solaris, VDL, Volvo ou Van Hool.

- O carregamento sem fio (*wireless charging*) usa bobinas instaladas sob a superfície da estrada que pode transferir energia para bobinas instaladas sob o piso do ônibus. Dois tipos estão disponíveis: estacionários e dinâmicos. No carregamento estacionário, o veículo precisa ser posicionado sobre as bobinas da estrada para ativar o carregamento. Tais sistemas estão disponíveis comercialmente e oferecem uma gama de benefícios, desde a melhoria da conveniência de carregamento, para permitir reduzir os tamanhos de baterias em ônibus. Sistemas com classificação de até 200 kW estão disponíveis, permitindo recargas rápidas de bateria. As unidades de carregamento estacionárias são geralmente instaladas nos terminais – para permitir a recarga da bateria durante o tempo de espera – ou em paradas de ônibus selecionadas para permitir recarregar a bateria durante o embarque dos passageiros. No carregamento sem fio dinâmico, os veículos são carregados enquanto estão em movimento. A tecnologia ainda está em fases-piloto e de demonstração.

O modelo mais promissor, de acordo com a UITP (2020c), é o ônibus de célula de combustível (FCBs, do inglês – *Fuel Cell Buses*), que são ônibus elétricos, os quais incluem uma célula de combustível e uma bateria. Segundo a UITP, é uma solução totalmente elétrica, de emissão zero, que oferece uma operação semelhante a de um barramento a diesel e, portanto, é comercializada como a mais próxima possível da opção de emissão zero para substituir o diesel.

Nessa arquitetura híbrida, a *full cell* fornece energia para manter as baterias carregadas, trabalha com as baterias para fornecer potência de tração máxima e fornece a energia necessária para as cargas auxiliares do barramento. A *full cell* usa hidrogênio para gerar eletricidade e deixa apenas água e calor como subprodutos. O calor do subproduto pode ser usado para aquecimento da cabine, mantendo o conforto do passageiro enquanto melhora a eficiência do veículo. Um *FCB* pode operar por um dia inteiro de serviço sem reabastecimento. Toda a energia necessária para o ônibus operar é fornecido por hidrogênio armazenado a bordo. (UITP, 2020c, p. 3).

Almeida *et al.* (2019) afirmam que o hidrogênio apresenta-se como fonte de energia limpa e alternativa, podendo assim substituir a atual matriz energética baseada na queima de combustíveis fósseis.

A introdução dos ônibus elétricos é uma das formas mais promissoras de redução das emissões de GEE, dos poluentes locais nocivos à saúde e da poluição sonora, pois apresentam zero emissão na sua operação e um baixo nível de CO₂, principalmente em regiões que têm uma alta porcentagem de energia elétrica proveniente de fontes limpas e renováveis, como é o caso do Brasil (LIMA; SILVA; ALBUQUERQUE NETO, 2019).

Figura 4 – Sistema utiliza um pantógrafo montado no ônibus elétrico, incluindo gerenciamento remoto que garante alto tempo de atividade durante toda a operação



Fonte: Sustainable Bus (2020).

Figura 5 – Sistema utiliza um pantógrafo montado no ônibus elétrico, incluindo gerenciamento remoto que garante alto tempo de atividade durante toda a operação



Fonte: Sustainable Bus (2020).

Figura 6 – Pontos de recarga de veículos



Fonte: Sustainable Bus (2020).

2.4 MEDIDAS GLOBAIS SUSTENTÁVEIS QUE IMPACTAM NOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Um novo relatório das Nações Unidas, divulgado em agosto de 2021, prevê que a temperatura global da superfície terrestre continuará aumentando até pelo menos meados deste século, considerando todos os cenários de emissões.

Até o fim do século XXI poderá ocorrer um aquecimento global acima de 1,5 °C e 2 °C, a menos que haja reduções profundas nas emissões de CO₂ e outros GEE nas próximas décadas (IPCC,2021). O estudo ainda realça a influência humana no aquecimento do planeta num ritmo sem precedentes pelo menos nos últimos 2 mil anos. Com isso, as consequentes mudanças na temperatura e nos extremos climáticos já afetam todas as regiões do mundo.

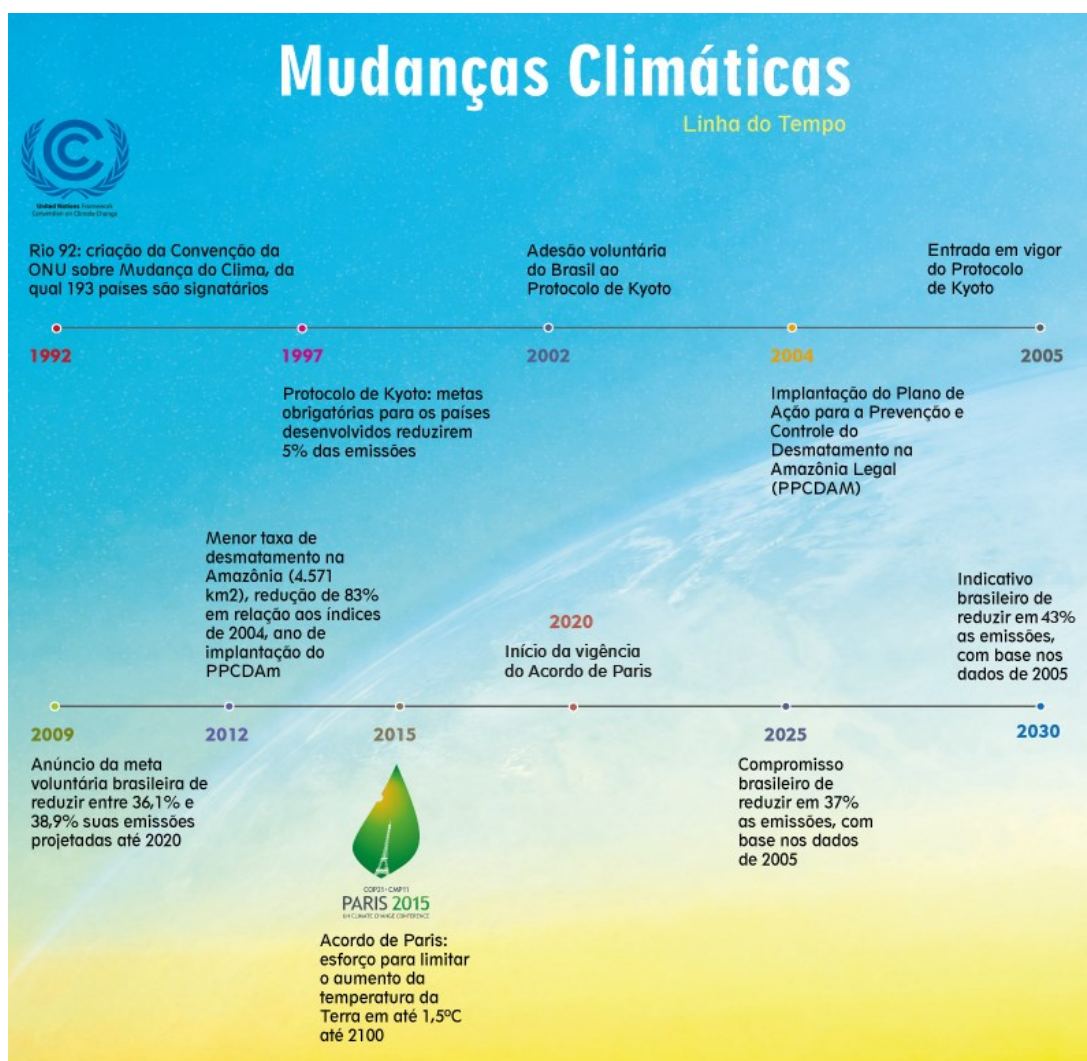
Ainda segundo o IPCC (do inglês – Intergovernmental Panel on Climate Change), a poluição por carbono alcançou níveis tão extremos que a meta fundamental na luta para deter as mudanças climáticas será descumprida dentro dos próximos 15 anos a não ser que ações imediatas, rápidas e de grande escala sejam tomadas para reduzir emissões de GEE (IPCC, 2021).

Além disso, relatórios anteriores já apontavam que a poluição do ar contribui para mais de 400 mil mortes prematuras por ano na Europa, tornando as ações sociais e as vantagens econômicas de melhorar a qualidade do ar algo óbvio (EEA, 2019).

A União Europeia no ano de 2021 propôs a proibição da venda de novos carros movidos a gasolina e a diesel a partir de 2035. A ideia faz parte de um ambicioso pacote climático que visa acelerar a transição para meios de transporte elétricos de emissão zero, os chamados veículos zero emissão (VZE). A Comissão Europeia, órgão executivo da UE, propôs um corte de 55% nas emissões de CO₂ dos carros até 2030 em relação aos níveis de 2021 – meta bem mais arrojada do que a atual, que visa uma redução de 37,5% em emissões até 2030 (DW, 2021).

A Conferência das Partes (COP) é o órgão supremo da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), que reúne anualmente os países na conferência. Suas decisões, coletivas e consensuais, só podem ser tomadas se forem aceitas unanimemente pelas partes, sendo soberanas e valendo para todos os países signatários. Seu objetivo é manter regularmente sob exame as mudanças climáticas e tomar as decisões necessárias para promover a efetiva implementação da convenção e de quaisquer instrumentos jurídicos que a COP possa adotar.

Figura 7 – Linha do tempo das medidas envolvendo mudanças climáticas



Fonte: Fantine e Rosa (2019).

Ao queimar combustíveis fósseis e liberar gases que aquecem a Terra como uma estufa, a humanidade fez a temperatura média do planeta subir 1,1 °C nos últimos 150 anos. Mundo afora, isso fez com que ondas de calor e chuvas torrenciais ficassem mais intensas e mais frequentes; ademais, em muitas regiões, as secas estão mais intensas e duram mais tempo (IPCC, 2021).

Segundo relatório do IPCC (2021), a solução para evitar que as condições climáticas piorem é parar de queimar combustíveis fósseis, mas alerta que governos, empresas e indivíduos estão falhando em fazê-lo com rapidez suficiente.

O transporte público representa um setor essencial para os esforços de mitigação de GEE em longo prazo. Apesar do crescimento no número de veículos, a maioria das cidades sul-americanas ainda não está presa à dependência absoluta de automóveis. O atual nível de propriedade de 100 veículos por 1.000 habitantes ainda é baixo em comparação com as médias internacionais e, portanto, oferece uma grande oportunidade para manter a atual divisão modal.

Esse desenvolvimento no setor do transporte público pode ser alcançado de forma consistente com a saúde humana e as necessidades ambientais (FRANCO; DOLIVEIRA; FRANCO, 2020).

A crise gerada pela covid-19 teve um grande impacto em sistemas de transporte público em muitas regiões do mundo. Partes interessadas do setor público e privado adotaram todas as medidas necessárias para garantir a continuidade do serviço, assegurando a mobilidade de trabalhadores da linha de frente. Nas fases de resposta e recuperação desta crise, cidadãos e formuladores de políticas reagirão de maneira diferente entre regiões. Desta vez, será preciso reconstruir melhor. Uma parte essencial de fazê-lo implicará em reforçar o papel de transporte público, a espinha dorsal da mobilidade urbana, como facilitador para outros objetivos econômicos, sociais e ambientais para as cidades (UITP, 2020a).

Ainda segundo a UITP (2020a), a diminuição do tráfego resultante do *lockdown* em muitas cidades mostra que as concentrações de dióxido de nitrogênio (NO₂) reduziram rapidamente em até um terço. Durante a crise, várias cidades decidiram suspender políticas existentes de uso de carros e restrições de estacionamento. Isso deixou o ar mais limpo e totalmente reativado. O principal risco de captura da covid-19 é, sem dúvida, o contato com uma pessoa infectada, e a qualidade da assistência médica é vital na determinação dos resultados. No entanto, a poluição do ar pode importar de várias maneiras, por exemplo, taxas de mortalidade mais altas devido a pulmões e corações enfraquecidos pelo ar sujo. Os poluentes também inflamam pulmões, tornando os habitantes mais suscetíveis ao vírus. Isso levanta preocupações sobre o aumento dos níveis de poluição com o retorno das atividades e o tráfego normalizado.

A necessária transição para um transporte coletivo limpo nas cidades brasileiras avança entre oportunidades e desafios. De um lado há um contexto favorável à mudança, como as altas no preço do diesel e a perspectiva de maior competitividade no mercado de ônibus elétricos a bateria. De outro, a transição para a eletromobilidade vai de encontro a barreiras como o alto custo de capital dos veículos. Superá-las é um passo importante para acelerar a adoção de frotas mais limpas – e todos os seus impactos positivos, como a redução das emissões e da poluição, o ganho em saúde da população e a qualificação dos serviços de ônibus (SIQUEIRA; PETZHOLD; ALBUQUERQUE, 2021).

Ao contrário de carros pessoais, veículos de entrega e táxis, a implantação de e-ônibus é controlada principalmente pelos municípios. As autoridades públicas podem tomar medidas imediatas para reduzir as emissões locais e catalisar a adoção de veículos elétricos. Como a maioria dos veículos movidos a bateria, no entanto, os ônibus eletrônicos tendem a ser significativamente mais dispendiosos em capital do que as alternativas de combustível fóssil. Por essa razão, novos modelos de negócios e soluções financeiras criativas têm estado no centro

das conversas sobre os e-ônibus, com as partes interessadas públicas e privadas trabalhando para desenvolver modelos alternativos para ajudar os municípios a superar o alto custo inicial associado aos ônibus eletrônicos (GRAHAM; COURREGES, 2020).

Muitas cidades da Europa e do mundo desenvolveram um Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (SUMP, do inglês – *Sustainable Urban Mobility Plan*), enquanto vários projetos e programas financiados pela UE contribuíram com um conhecimento valioso que ajudou as cidades a desenvolverem essa nova geração de planos de mobilidade (RUPPRECHT, 2019).

O Plano de Mobilidade Urbana Sustentável, o que será chamado de SUMP, por definição, “[...] é um plano estratégico projetado para satisfazer as necessidades de mobilidade das pessoas e empresas nas cidades e arredores para uma melhor qualidade de vida. Ele se baseia nas práticas de planejamento existentes e leva em devida consideração a integração, participação e princípios de avaliação” (RUPPRECHT, 2019, p. 09, tradução nossa).

Nas diretrizes criadas para o SUMP, as principais diferenças citadas entre as abordagens tradicionais e um SUMP estão resumidas na visão geral disposta no Quadro 2:

Quadro 2 – Diferenças entre planejamento tradicional de transportes e planejamento de mobilidade urbana sustentável

Planejamento tradicional de transportes	>	Planejamento de mobilidade urbana sustentável
Foco no trânsito	>	Foco nas pessoas
Objetivos primários: capacidade e velocidade do fluxo de tráfego	>	Objetivos primários: acessibilidade e qualidade de vida, incluindo equidade social, qualidade ambiental e de saúde e viabilidade econômica
Foco no modo	>	Desenvolvimento integrado de todos os modos de transporte e mudança rumo à mobilidade sustentável
Infraestrutura como tema principal	>	Combinação de infraestrutura, mercado, regulamentação, informação e promoção
Documento de planejamento setorial	>	Documento de planejamento consistente com as áreas de política relacionadas
Plano de entrega de curto e médio prazo	>	Plano de entrega de curto e médio prazo incorporado em uma visão e estratégia de longo prazo
Cobrimdo uma área administrativa	>	Cobrimdo uma área urbana funcional com base em viagens para os fluxos de trabalho
Domínio dos engenheiros de tráfego	>	Equipes de planejamento interdisciplinar

Planejamento tradicional de transportes	>	Planejamento de mobilidade urbana sustentável
Planejamento por especialistas	>	Planejamento com o envolvimento de <i>stakeholders</i> e cidadãos usando uma abordagem transparente e participativa
Avaliação de impacto limitada	>	Avaliação sistemática de impactos para facilitar a aprendizagem e a melhoria

Fonte: Adaptado de Rupprecht (2019).

Segundo Fernandez-Sanchez e Fernandez-Heredia (2018), os meios de transporte coletivo, como o ônibus, serão os únicos com a viabilidade e a capacidade de mobilizar o grande número de pessoas que inundam as cidades.

Um número crescente de veículos particulares é um desafio comum para muitas cidades ao redor do mundo. Para mitigar externalidades negativas associadas ao uso pesado de veículos particulares, como congestionamento de tráfego, poluição do ar e grande consumo de combustível, as cidades implementaram ou estão contemplando sistemas de transporte público de massa, visando uma mudança modal significativa de veículos particulares (IMAM, KANG; QUEZADA, 2020).

2.4.1 Objetivos De Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o Transporte Público Sustentável

Lançado em 2000 pelas Nações Unidas, o Pacto Global é uma chamada para as empresas alinharem suas estratégias e operações a 10 princípios universais nas áreas de direitos humanos, trabalho, meio ambiente e anticorrupção, e desenvolverem ações que contribuem para o enfrentamento dos desafios da sociedade. É hoje a maior iniciativa de sustentabilidade corporativa do mundo, com mais de 13 mil membros em quase 80 redes locais, que abrangem 160 países (PACTO GLOBAL, 2022).

A sustentabilidade é a base da atual estrutura global líder de cooperação internacional, a Agenda 2030 para os ODS (UN, 2015). Em 2015, os 193 países-membros das Nações Unidas aprovaram, por consenso, a Agenda 2030, que é um plano de ação de 2015 a 2030, para as pessoas e o planeta, com a prosperidade que se busca para fortalecer a paz universal. O plano indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os ODS (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), e 169 metas para erradicar a pobreza e promover uma vida digna para todos, dentro dos limites do planeta. São objetivos e metas claras, para que todos os países adotem de acordo com suas próprias prioridades e atuem no espírito de uma parceria global que orienta as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas, agora e no futuro (PACTO GLOBAL, 2022).

Figura 8 – 17 Indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável





Fonte: Pacto Global (2022).

Os 17 ODS são integrados e indivisíveis. Integrados pois refletem, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: social, econômica e ambiental. Indivisíveis pois não será possível avançar apenas um dos ODS, será necessário trabalhar em prol de todos os 17 para tornar o desenvolvimento sustentável uma realidade (PACTO GLOBAL, 2022).

Alguns ODS estão direta e indiretamente conectados ao objetivo de transformar o transporte público, sustentável. Estão apontados por meio de metas e indicadores que relacionam os objetivos ao modo sustentável do transporte público, conforme o Quadro 3:

Quadro 3 – ODS conectados com o transporte público sustentável

 <p>3 SAÚDE DE QUALIDADE</p>	<p>Objetivo 3 - Saúde e bem-estar – Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades, com metas que visam reforçar a capacidade de todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, para o alerta precoce, redução de riscos e gerenciamento de riscos nacionais e globais à saúde. Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e por contaminação e poluição do ar, da água e do solo.</p>
 <p>7 ENERGIAS RENOVÁVEIS E ACESSÍVEIS</p>	<p>Objetivo 7 – Energia Acessível e Limpa - Assegurar o acesso confiável, sustentável e a preço acessível à energia para todos. Para os próximos anos a tendência é aumentar a demanda por energia barata. Contudo, combustíveis fósseis e suas emissões de gases de efeito estufa provocam mudanças drásticas no clima. Atender às necessidades da economia e proteger o meio ambiente é um dos grandes desafios para o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o ODS 7 reconhece a importância e traça metas focadas na transição energética, de fontes não renováveis e poluidoras, para fontes renováveis limpas, com especial atenção às necessidades das pessoas e países em situação de maior vulnerabilidade.</p>

	<p>Objetivo 9 – Indústria, Inovação e Infraestruturas - Investimentos em infraestrutura e em inovação são condições básicas para o crescimento econômico e para o desenvolvimento das nações. Garantir uma rede de transporte público e infraestrutura urbana de qualidade são condições necessárias para o desenvolvimento sustentável. Por meio da promoção de eficiência energética e inclusão social, o progresso tecnológico é também uma das chaves para as soluções dos desafios econômicos e ambientais. Garantir a igualdade de acesso a tecnologias é crucial para promover a informação e conhecimento para todos. O ODS 9 lista metas que visam à construção de estruturas resilientes e modernas, ao fortalecimento industrial de forma eficiente, ao fomento da inovação, com valorização da micro e pequena empresa e inclusão dos mais vulneráveis aos sistemas financeiros e produtivos.</p>
	<p>Objetivo 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis, tem como objetivo tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Temas intrinsecamente relacionados à urbanização, como mobilidade, gestão de resíduos sólidos e saneamento, estão incluídos nas metas do ODS 11, bem como o planejamento e aumento de resiliência dos assentamentos humanos, levando em conta as necessidades diferenciadas das áreas rurais, periurbanas e urbanas. Entre as metas do Objetivo 11, a meta 11.2 é, “até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos”.</p>
	<p>Objetivo 13 - A mudança do clima é um evento transnacional, cujos impactos estão desregulando economias nacionais e afetando pessoas em todos os lugares, principalmente aquelas em situação de maior vulnerabilidade nos países em desenvolvimento. Sem a ação imediata frente à mudança do clima, a temperatura terrestre está projetada para aumentar mais de 3 °C até o final do século XXI. Uma das metas para esse objetivo é mobilizar 100 milhões de dólares por ano até 2020 para ajudar os países em desenvolvimento no plano de mitigação de desastres relacionados ao clima. O estabelecimento do ODS 13 apenas para lidar com a questão do clima é encarado como estratégico para a mobilização dos atores capazes de promover as mudanças necessárias para impedir estas projeções de se tornarem realidade.</p>

Fonte: Pacto Global (2022).

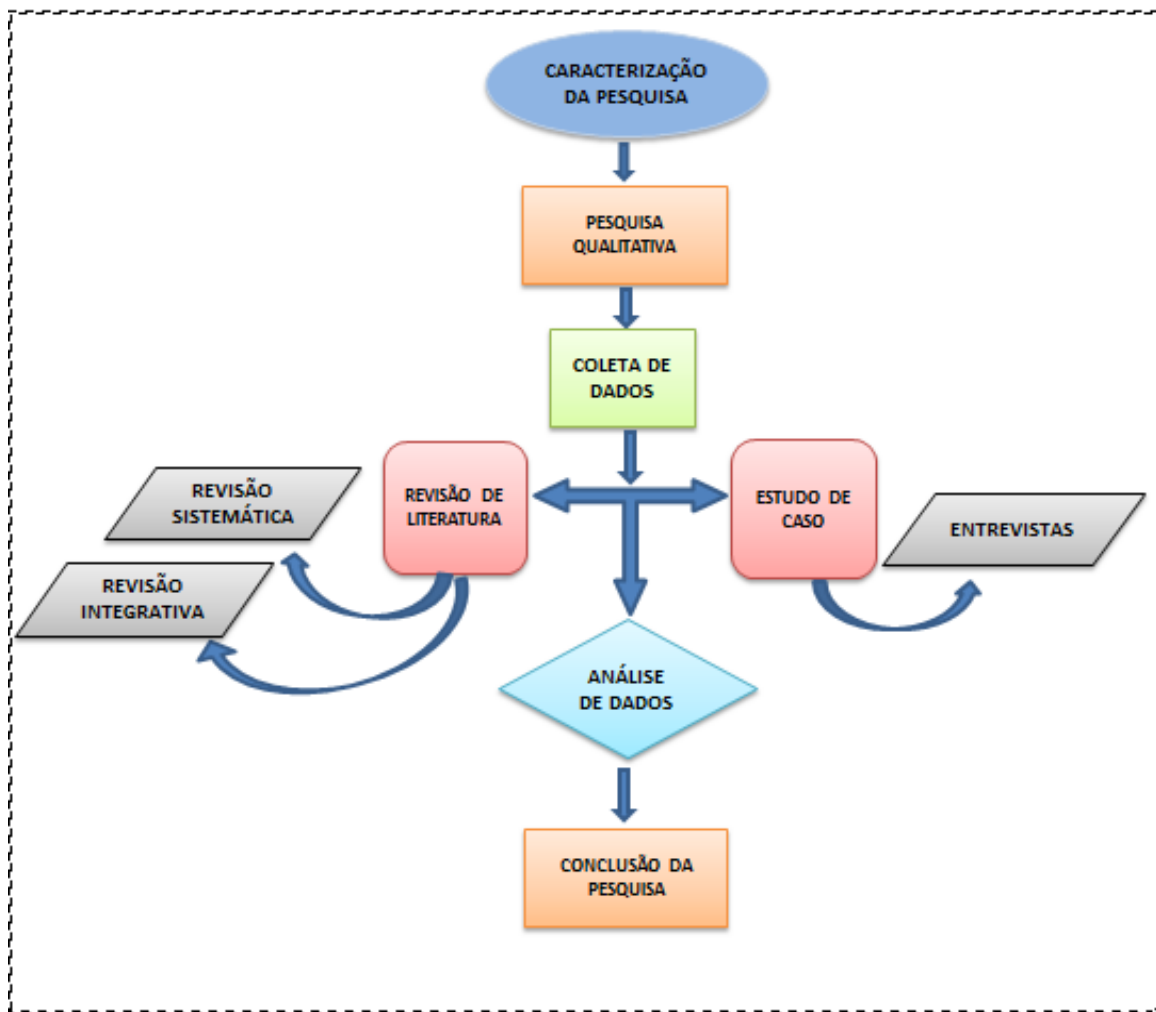
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da pesquisa estão apresentados na

Figura 9: **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 9 – Resumo dos procedimentos metodológicos da pesquisa



Elaboração própria (2020).

A característica da pesquisa é uma abordagem qualitativa, a qual é uma metodologia de caráter exploratório. Seu foco está no caráter subjetivo do objeto analisado.

Depois de coletados os dados, o resultado de uma pesquisa qualitativa, ao invés de gerar números, traduzidos em gráficos e tabelas, é apresentado em forma de relatórios que destacam trechos de entrevistas, frases e opiniões mais relevantes encontrados durante a pesquisa.

Existem diferentes caminhos para se fazer uma pesquisa qualitativa, e o que se utilizou nesta pesquisa foi organizado da seguinte forma:

1. **Definição do objeto de pesquisa**
2. **Definição de metodologia e instrumento de coleta de dados**
3. **Pesquisa bibliográfica e estudo de caso com entrevistas:**
4. **Análise dos dados:**

3.2 COLETA DE DADOS

3.2.1 Revisão de literatura

A revisão de literatura tem o intuito de fazer um levantamento do que está sendo ou foi estudado, bem como de verificar lacunas acerca do tema proposto.

Conforme Cordeiro *et al.* (2007), sobre o método de elaboração, são três os tipos de revisão de literatura: narrativa, sistemática e integrativa.

Nesse contexto, para a revisão de literatura da presente pesquisa, optou-se por realizar uma revisão bibliográfica sistemática e uma revisão do tipo integrativa.

Ainda para Cordeiro *et al.* (2007), a **revisão sistemática** é um tipo de investigação científica e, dessa forma, utiliza métodos rigorosos e explícitos para identificar, selecionar, coletar dados, analisar e descrever os pontos relevantes ao seu estudo.

De acordo com Pompeo, Rossi e Galvão (2009), a **revisão integrativa** é mais ampla e permite incluir literatura teórica e empírica e até mesmo estudos com diferentes abordagens metodológicas.

A revisão integrativa seguiu as etapas adotadas pelos autores Whitemore e Knafel (2005), que são:

- Identificação do problema;
- Busca na literatura;
- Coleta dos dados;
- Avaliação dos dados;
- Análise e interpretação;
- E apresentação dos resultados.

Inicialmente foi realizada uma busca bibliográfica em artigos provenientes de periódicos, monografias e dissertações na base *Scielo*, no Google Acadêmico e no Periódico Capes.

Foram utilizados, para busca dos artigos, os seguintes descritores: “mobilidade urbana sustentável”; “transporte público de ônibus”; “tecnologias sustentáveis para transporte público de ônibus”.

Para o presente estudo, foi efetuada uma revisão sistemática nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, dentro dos temas de “mobilidade urbana sustentável” e “transporte público de ônibus”, bem como buscas complementares em livros, trabalhos acadêmicos e artigos científicos, entre outros.

Foram obtidos artigos publicados entre os anos de 2010 e 2020, que, após serem submetidos à análise dos títulos, resumos/*abstract*, possibilitaram a seleção de 253 publicações, conforme a Tabela 1:

Tabela 1 – Seleção de artigos por base de dados

Descritor	Número de registros total: 253	
	<i>Scopus</i>	<i>Web of Science</i>
<i>Sustainable Urban Mobility</i>	147	87
<i>Bus Public Transport</i>	9	10

Elaboração própria (2020).

Após a qualificação da presente dissertação, foi feita uma nova busca, incluindo os descritores “sistemas de transportes sustentável” conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Seleção de artigos por base de dados

Descritor	Número de registros total: 301	
	<i>Scopus</i>	<i>Web of Science</i>
<i>Sustainable Transport System</i>	176	125

Elaboração própria (2021).

3.2.2. Estudo de caso e entrevistas

Nesta investigação, foi utilizada a forma de pesquisa qualitativa do “estudo de caso”. Foi desenvolvido um estudo de caso relativo ao TP de passageiros com o uso de ônibus na RMF. Para contextualizar esse cenário, delimitou-se a RMF ao município de Florianópolis e outros 12 municípios vizinhos, que possui um dos sistemas de mobilidade urbana mais massivos e congestionados dos países em desenvolvimento, gerando externalidades econômicas, sociais e ambientais negativas.

Figura 10 – Região Metropolitana de Florianópolis



Fonte: IBGE ([2018]).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2018, como mostra a Tabela 3, o município de Florianópolis, que é a segunda maior cidade do estado de Santa Catarina em número de habitantes, tem, sozinho, 47,2% de toda a população da região metropolitana (IBGE, [2018]).

Tabela 3 – População por município

Municípios Região da Grande Florianópolis	População em 2018
Florianópolis	492.977
São José	242.927
Palhoça	168.259
Biguaçu	67.458
Governador Celso Ramos	14.333
Santo Amaro da Imperatriz	22.905
São Pedro de Alcântara	5.709
Antônio Carlos	8.411
Águas Mornas	6.378
Rancho Queimado	2.868
Angelina	4.860
Anitápolis	3.236
São Bonifácio	2.862
Grande Florianópolis	1.043.183

Fonte: IBGE ([2018]).

Para a realização do estudo pretendido na RMF, observa-se que entrevistas são fundamentais quando se precisa/deseja mapear práticas, crenças, valores e sistemas classificatórios de universos sociais específicos, mais ou menos bem delimitados, em que os conflitos e as contradições não estejam claramente explicitados (DUARTE, 2004).

Já segundo o capítulo “Entrevista em profundidade” de Duarte (2005), é possível reunir em uma mesma pesquisa ou até na mesma entrevista questões de natureza qualitativa e quantitativa, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 – Modelo de tipologia em entrevista

Pesquisa	Questões	Entrevista	Modelo	Abordagem	Respostas
Qualitativa	Não-estruturadas	Aberta	Questão central	Em profundidade	Indeterminada
	Semi-estruturada	Semi-aberta	Roteiro		
Quantitativa	Estruturada	Fechada	Questionário	Linear	Previstas

Fonte: Duarte (2005).

Entrevistas semiestruturadas são muito utilizadas quando se deseja delimitar o volume das informações, obtendo assim um direcionamento maior para o tema, intervindo a fim de que os objetivos sejam alcançados (BONI; QUARESMA, 2005).

Quivy e Van Campenhoudt (1992) propõem três categorias bastante abrangentes de interlocutores em entrevistas: (a) docentes, investigadores especializados e peritos; (b) testemunhas privilegiadas; e (c) o público a que o estudo diz respeito.

Para trazer informações reais do cenário atual do sistema de transporte público de ônibus da RMF, foram realizadas entrevistas, com questões semiestruturadas, com roteiro semiaberto, onde devido a relevância das informações para que os objetivos da pesquisa fossem alcançados, buscou-se na categoria de docentes, investigadores e peritos, pesquisadores que participaram do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (PLAMUS) em 2015, sendo esses professores da UFSC que compõem o Observatório de mobilidade urbana; como testemunhas privilegiadas, buscou-se os atuais gestores da mobilidade urbana tanto do poder público como das empresas que atuam na RMF.

Com foco nos objetivos da pesquisa, as questões foram formuladas segundo apresentadas no **Apêndice A**.

Para obter as informações necessárias, conforme as questões da entrevista, sobre o tema, buscaram-se profissionais que estejam inseridos no contexto da mobilidade urbana da RMF, de instituições conforme abaixo:

- UFSC
- Suderf
- Secretaria Municipal de Mobilidade e Planejamento Urbano (SMPU) de Florianópolis
- Agência alemã GIZ (do alemão – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit).

Após a conclusão das entrevistas, os dados foram organizados a partir das respostas dos entrevistados, levando-se em consideração os objetivos propostos na presente pesquisa.

4 ANÁLISE DE DADOS

4.1 ENTREVISTAS

Após realizadas as entrevistas com a participação de atores que estão envolvidos no sistema de transporte da RMF, as respostas mostraram opiniões de um cenário favorável à adoção de ônibus limpos, em que expuseram suas opiniões sobre os impactos sociais que essa possibilidade traria aos usuários, como está resumido no Quadro 5:

Quadro 5 – Resumo das entrevistas

1. Pelo seu conhecimento, atualmente, quais são as organizações/atores que estão envolvidos no sistema de transporte público (STP) da Região Metropolitana de Florianópolis (RMF)?

De acordo com os entrevistados, os atores que fazem parte da gestão e evolução do sistema de transporte da RMF são:

- Governo do Estado de Santa Catarina com a Suderf.
- Órgãos de controle como: Ministério Público do Estado de Santa Catarina (MPSC); Tribunal de Contas do Estado de Santa Catarina (TCE-SC); Prefeituras da RMF.
- Sindicato das Empresas de Transporte Urbano de Florianópolis (SETUF).
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC).
- UFSC (OMU).
- Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina (ALESC).
- Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis (COMDES).
- Empresas de ônibus.

2. Na sua opinião, o que pode ser feito no âmbito do STP que contribua para torná-lo mais sustentável?

As respostas dos entrevistados trazem opiniões que se convergem na origem, em tornar o modelo atual mais sustentável e com características de melhorias no serviço que é oferecido aos usuários como:

- A mobilidade regional seria mais sustentável se houvesse a migração modal do automóvel e da motocicleta em direção ao STP.
- A racionalização de itinerários e a criação de linhas troncais conduzem a uma redução da frota de ônibus, e prevê-se o uso de veículos preferencialmente operando com sistemas híbridos e, gradualmente, passando a operar com energia elétrica.
- O projeto de implantação do BRT previa a utilização de construções sustentáveis – reúso de água de chuva, ventilação cruzada para reduzir o uso de ar-condicionado, iluminação LED (do inglês – *light-emitting diode*) etc. – para os terminais e estações de integração, bem como o uso de painéis solares e de sistemas eólicos onde essa opção fosse possível.

- A necessidade de aumentar a densidade demográfica e a diversidade de usos (uso misto).
- O transporte coletivo urbano apresenta sua maior contribuição para a sustentabilidade nos deslocamentos a partir da atração de usuários dos modos motorizados privados. Um ônibus, qualquer que seja a matriz energética, emite significativamente menos poluentes que um conjunto de automóveis privados. Para isso, é necessário prover oferta, qualidade, confiabilidade e acessibilidade urbana.
 - I. Integração físico-tarifária do sistema na região dos nove municípios.
 - II. Reestruturação e aprimoramento da rede de linhas de ônibus, do modelo tarifário e da gestão do sistema.
 - III. Modo de financiamento do sistema que não dependa exclusivamente das tarifas para uso do ônibus.
 - IV. Modernização dos contratos de concessão.
- Implementação de veículos menos poluentes.

3. Na sua opinião, o que o STP poderia oferecer como melhoria na qualidade de serviços aos usuários, para que fosse mais atraente do que o uso do carro particular?

De acordo com as informações obtidas nas entrevistas, todos afirmaram que já estão em andamento estudos sobre um novo nível de serviço, no qual estará em foco a melhoria da qualidade do serviço que é oferecido. Entre as melhorias citadas pelos entrevistados, podem-se destacar:

- Qualidade de serviço caracterizada pela rapidez de deslocamento.
- Cumprimento rigoroso dos horários (com aplicativos inteligentes).
- Disponibilidade de ITS (do inglês – *Intelligent Transport System*).
- Competitividade em relação ao transporte individual.
- Mais opções de deslocamento e de integração modal incluindo First & Last miles.
- Bilhetagem por degraus tarifários integrada e inteligente.
- Transporte público por demanda.
- Wi-fi nos veículos e nos terminais e estações.
- Maior conforto aos passageiros em virtude do design interno e externo.
- Tarifas acessíveis a todos.

- Segurança por aplicativos.
- Ar-condicionado nos veículos.
- Menor nível de ruído no sistema.
- Acessibilidade integral (cf. legislação em vigor).

4. Pelo seu conhecimento, atualmente existe algum projeto de investimento no STP no sentido de aproximar a RMF das práticas sustentáveis observadas em outros países?

As respostas foram todas relacionadas aos resultados apresentados no PLAMUS:

- Tempo de viagem reduzido. Para tanto, é necessário implantar faixas exclusivas para ônibus em toda a RMF.
- Existe a possibilidade de implantação gradual do Sistema Integrado de Transporte Metropolitano (SIM), em estudos na SIE, ainda sem uma definição clara de prazos, em que as práticas sustentáveis terão absoluta prioridade, conforme já havia sido previsto nas diretrizes originais da Parceria Público-Privada (PPP) modelada nos anos 2016/2018.
- PLAMUS.
- Origem do projeto de reestruturação do STP da RMF (PLAMUS) e algumas consultorias adicionais realizadas entre 2017 e 2018 (GIZ) certamente contribuíram para isso.

5. Existe previsão de mudança no modo operacional atual (novo edital) do STP?

Apenas dois dos entrevistados tinham conhecimento de que existe um novo edital previsto:

- Projeto de integração do transporte público na parte continental da RMF que vai facilitar os deslocamentos das pessoas, seguindo diretrizes do PLAMUS.
- A nova rede de transporte público metropolitano já tinha uma minuta dos novos termos de concessão, porém foi descartada pela administração estadual em 2018.
- Com a nova configuração proposta e os problemas decorrentes da violenta queda na demanda de passageiros em razão da pandemia, um novo edital de concorrência pública deverá se materializar somente a partir de 2023. O Projeto Operacional está sendo atualizado através de convênio entre a FAPESC e a UFSC (Observatório da Mobilidade Urbana), visando a uma reformulação total da rede hoje operando na RMF.

6. Há alguma exigência de inclusão de ônibus com tecnologias limpas na elaboração do novo edital de licitação para o STP na RMF? Quais seriam essas exigências?

Nas respostas, apenas três entrevistados tinham conhecimento de exigências para inclusão de ônibus não poluentes:

- A tendência é haver exigência de pequena frota-piloto para inserção em caráter experimental.
- No Edital de concorrência pública de 2018, já havia a exigência de que os veículos incorporassem gradualmente novas fontes de energia (limpa). No entanto, essa exigência era mais ampla na modelagem da PPP do BRT em que se exigiam tecnologias sustentáveis em todo o sistema.
- Tração elétrica, os editais devem privilegiar gestão da frota (qualidade em geral dos serviços técnicos e orientação aos passageiros).

7. Na sua opinião qual o impacto ambiental* da inclusão de ônibus limpos para o STP da RMF?

Os entrevistados convergiram na opinião dos impactos ambientais:

- Redução de emissões de gases poluentes que contribuem para conter o efeito estufa.
- Redução da poluição sonora.
- Utilização de novas fontes de energia em substituição ao diesel.
- Aumento de atratividade do sistema e conseqüente aumento no número de passageiros e diminuição de veículos individuais no trânsito.

8. Na sua opinião qual o impacto social* da inclusão de ônibus limpos para o STP da RMF?

As respostas mostraram as opiniões dos entrevistados sobre quais os impactos sociais ao oferecer essa possibilidade aos usuários, destacando:

- Conforto para o usuário.
- Melhor condição de trabalho para motoristas e cobradores.
- Força simbólica de política pública moderna.
- Vantagens de conforto sonoro, redução de trepidações.
- Imagem de modernidade e eficiência dos sistemas.

Como se pôde extrair da revisão bibliográfica e da opinião dos entrevistados, a tendência é a afirmação que o impacto seria positivo com a adoção de tecnologia não poluente nos ônibus do STP.

4.2 EXPERIÊNCIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DO TRANSPORTE PÚBLICO COM O USO DE ÔNIBUS ELÉTRICOS

As cidades em todo o mundo e suas autoridades de trânsito estão se ajustando às novas realidades, e pacotes de estímulo estão lançando uma tábua de salvação para os municípios, em que criam uma oportunidade única para uma recuperação verde e mais equitativa que oferece empregos por meio do investimento em infraestrutura sustentável. Soluções de trânsito com emissão zero, como ônibus elétricos (e-ônibus), oferecem aos municípios uma oportunidade promissora de descarbonizar o transporte urbano, reduzir a poluição do ar e criar empregos verdes locais (GRAHAM; COURREGES, 2020).

Ainda segundo Graham e Courreges (2020), embora os e-ônibus e a infraestrutura de carregamento associada ainda possam ser duas a três vezes maiores em investimento (adiantado) comparando com opções de ônibus a diesel equivalentes, os custos da bateria e as despesas operacionais anuais estão caindo. O desempenho e a confiabilidade dos ônibus eletrônicos também estão melhorando rapidamente. Os fabricantes estão produzindo ônibus mais leves e eficientes com bateria de longa duração e desempenho mais confiável, apoiado por melhores garantias. Ao mesmo tempo, as agências de trânsito estão observando que o custo total de propriedade (TCO, do inglês – *total cost of ownership*) – que leva em consideração o investimento de capital inicial, bem como a operação, a manutenção e outros custos indiretos ao longo da vida do ativo – para ônibus elétricos já alcançou paridade com ônibus a diesel.

Para Barros *et al.* (2020), os ônibus elétricos, tanto para mobilidade urbana quanto para potencial exportação, representam outra oportunidade para o desenvolvimento de baixo carbono e competitividade no Brasil. A cadeia produtiva de ônibus elétrico, incluindo baterias, estações de recarga, geração de energia renovável e melhorias na infraestrutura de distribuição de energia elétrica, resulta na geração de empregos diretos e indiretos. Especialistas evidenciaram a ausência de grandes gargalos para a indústria brasileira produzir ônibus elétricos, e a implementação de políticas públicas adequadas poderia atrair investimentos do setor privado, aumentar a produção em escala e reduzir barreiras de alto custo. É, portanto, um exemplo de oportunidade sustentável e de implementação factível que pode gerar um salto de inovação na indústria brasileira. Isso fica explícito principalmente por já estar entre os pilares dos planos de recuperação econômica pós-

covid-19 da China e da Europa. O Brasil também tem condições de entrar nessa tendência a favor de seu progresso, aproveitando seu capital natural e seus recursos para impulsionar o desenvolvimento econômico e a produtividade industrial.

O número de ônibus elétricos em serviço cresceu rapidamente desde 2015, impulsionado por uma mudança na política de transporte em muitas cidades em relação às preocupações ambientais e rápidos avanços na tecnologia de baterias de ônibus elétricos. E-ônibus estão agora sendo implantados em números crescentes de áreas urbanas, com uma variedade de tamanhos. (LEEDER; JENNINGS; WANG; TVEDT, 2021).

Hoje, existem 500 mil ônibus elétricos em operação no mundo todo. E a parcela de veículos movidos a bateria deverá cobrir mais de 67% da frota global de ônibus em 2040 (BNEF, 2020).

Na Europa e na Ásia

A adoção do ônibus elétrico na frota urbana de transporte público está crescendo em todo o mundo. Tudo começou na China e levou alguns anos para que outras regiões iniciassem a transição.

A China tornou-se o líder global na implantação de ônibus eletrônicos na última década impulsionada por uma política industrial focada e por apoio governamental. Isso deu ao país uma vantagem enorme – quase 98% da atual frota global de ônibus eletrônicos (GRAHAM; COURREGES, 2020).

Segundo relatório da BNEF (2018), os fatores que fazem com que a China esteja liderando a corrida dos e-bus são:

- **Financiamento:** na China, até o final de 2016, os subsídios nacionais e regionais combinados foram capazes para trazer o custo de capital inicial de um e-bus inferior ao de um ônibus a diesel semelhante, removendo a principal barreira para a adoção do e-bus: altos custos iniciais.
- **Poluição urbana e redução das importações de petróleo:** a China tem o maior problema de poluição do ar para a população urbana local e mundial, decorrentes da crescente demanda por transporte. A China também pretende reduzir sua dependência do petróleo importado.
- **Novas redes de transporte:** Muitas cidades chinesas estão construindo redes de transporte público inteiramente novas, enquanto na Europa ou nos EUA as operadoras de ônibus precisam encontrar maneiras de incorporar novas

tecnologias elétricas na infraestrutura já existente bem estabelecida. Isso se revelou problemático.

- Política industrial: a China está buscando veículos elétricos parcialmente por razões de política industrial. O governo pretende desenvolver marcas locais que sejam competitivas fora do mercado interno mercado.

Na Europa, o ano de 2019 será lembrado como o ano em que os volumes de vendas de ônibus elétricos aumentaram definitivamente. Enquanto em 2018 o mercado europeu de ônibus elétricos aumentou 48% em comparação com 2017, o ano de 2019 viu triplicar o número de registros de ônibus elétricos na Europa Ocidental. E em 2020, ano da covid-19, o mercado de ônibus elétricos a bateria na mesma região cresceu 22%: foram registrados 2.062 e-ônibus. É interessante frisar que quase 75% deles foram entregues em 2019 e 2020 (SUSTAINABLE BUS, 2020).

Na América Latina

Em meio às tristes notícias sobre o agravamento e o prolongamento da pandemia da covid-19, a América Latina teve uma razão para estar esperançosa: a região pode motivar o resto do mundo a adotar gradualmente os ônibus elétricos, o que ajudará as cidades a serem mais sustentáveis no pós-pandemia (CERATTI, 2021).

O ZEBRA reúne cidades, indústrias, investidores e governos nacionais para acelerar a implantação de ônibus com emissão zero na América Latina. Em 2020, 18 fabricantes de ônibus e investidores se comprometeram a trazer novos produtos de e-bus e até US\$ 1 bilhão em investimentos. A partir de março 2020, a América Latina teve cerca de 2.300 e-ônibus. Esses compromissos devem levar a implantações de mais 3 mil ônibus eletrônicos nos próximos anos. Colaborando com a Iniciativa de Financiamento de Cidades Sustentáveis, o ZEBRA defende e refina a inovação de modelos de negócios que ajudam as cidades a superarem os obstáculos de financiamento, como demonstrado por Santiago, com uma frota de 776 ônibus eletrônicos e licitações em andamento, e Bogotá, que recentemente adquiriu novos e-bus, tornando sua frota de 1.485 e-bus a maior do mundo fora da China (P4G; ZEBRA; DALBERG, 2020).

Segundo o Portal Bogotá (2021), a descarbonização em Bogotá também está progredindo graças à contratação de 1.485 ônibus elétricos a bateria, dos quais 483 estão em operação e os demais entrarão progressivamente entre 2021 e início de 2022. Além disso, o sistema conta atualmente com quatro pátios para apoiar a frota elétrica (fornecimento de energia elétrica, lavagem, manutenção). Estima-se que a operação desses ônibus elétricos reduzirá cerca de 94.300 toneladas de CO₂ por ano em Bogotá. Além disso, a meta de longo prazo é atingir a

descarbonização completa do sistema de transporte de massa, o que se espera que seja uma realidade em 2037.

A cidade que lidera o movimento dos ônibus elétricos na América Latina é Santiago, capital do Chile, com mais de 300 veículos em atividade. Os ônibus elétricos estão ajudando a transformar a realidade de Santiago. Um consórcio de entidades públicas, privadas, sociedade civil e pesquisadores foi formado em 2016 para promover a mobilidade elétrica no país. Em 2017, o governo chileno publicou a Estratégia Nacional de Eletromobilidade para atender aos objetivos climáticos estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU). Desde então, apresentou novas políticas para combater a poluição do ar e projetou dez planos regionais de descontaminação, com medidas para melhorar sistemas de aquecimento e frotas de transporte de massa. Preparado em conjunto pelos ministérios de Energia, Transportes e Meio Ambiente, o programa tem como meta que pelo menos 40% dos carros particulares e 100% dos veículos de transporte público sejam movidos a eletricidade até 2050 (ORBEA, ~~2020~~ 2019).

De acordo com Leeder, Jain, Jennings, Wang e Tvedt (2021), em Santiago, capital do Chile, a implantação de e-bus traz como resultado a maior frota de ônibus eletrônicos da América Latina, com 676 e-ônibus em Santiago (começando com mais de 200 em 2018, o resto foi adquirido em 2020). Esses mesmos autores destacam o forte compromisso político com os seguintes itens:

- O Governo de Santiago empurrou o e-bus implantações por meio de ações políticas e incentivos para operadores (por exemplo, garantias de capital).
- A cidade se comprometeu a obter apenas emissão zero ônibus após 2025.
- O governo nacional visa eletrificar o transporte público até 2040, em que foram criados o quadro regulamentar e Estratégia Nacional de Mobilidade Elétrica.
- A redução de riscos por meio de novos modelos de negócios e diversificação.

No Brasil, cada vez mais cidades estão reconhecendo os ônibus elétricos como alternativas de mobilidade sustentável. Há dezenas de veículos em operação em grandes municípios, como São Paulo e Campinas (SP), além de testes em capitais como Brasília (DF) e Salvador (BA). Essa opção é especialmente interessante em um país como o Brasil, em que a maior parte da energia elétrica vem de fontes limpas e renováveis, como hidrelétrica e eólica.

Os veículos movidos a bateria também têm outras vantagens, inclusive econômicas, que podem estimular sua adoção por gestores públicos e donos de empresas de transporte.

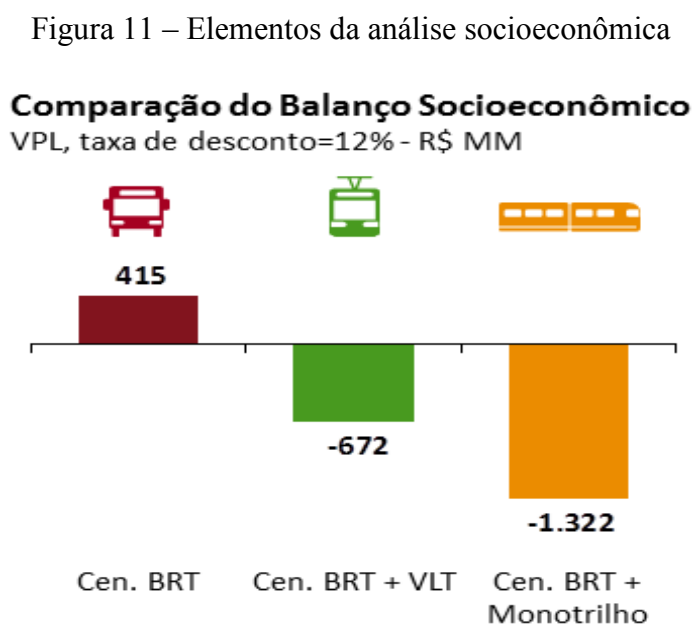
Segundo Summit Mobilidade Urbana 2021 (2020), em São Paulo, por exemplo, a adoção foi estimulada pela implementação de metas de redução de emissões por veículos a serviço da prefeitura. Entre outros objetivos, a cidade pretende diminuir a emissão de CO₂ pela metade até 2027 e em 100% até 2037; para isso, os 15 primeiros ônibus elétricos entraram em operação no fim de 2019. Em Salvador, os testes começaram em julho de 2019 em quatro linhas. No início de 2020, a prefeitura afirmou que pretende utilizar os veículos movidos a bateria nas futuras linhas de ônibus de trânsito rápido (BRT), ainda em fase de implantação. Os ônibus elétricos também começaram a circular em Brasília, com os veículos de teste fazendo a linha entre a Rodoviária do Plano Piloto e a Praça dos Três Poderes. Outras experiências foram documentadas em Santos (SP), Bauru (SP) e Volta Redonda (RJ).

Muitas cidades dependem de sistemas movidos a diesel para algumas ou todas as suas necessidades de transporte urbano. Segundo Leeder, Jain, Jennings, Wang e Tvedt (2021), o surgimento de uma nova tecnologia de bateria agora está tornando os ônibus totalmente elétricos mais competitivos como uma opção de substituição de frota. Ainda segundo os mesmos autores, os desenvolvimentos recentes viram o surgimento de baterias de armazenamento de energia mais baratas, mais leves e mais eficientes como o principal facilitador do crescimento em ônibus elétricos.

4.3 ATUAL PROJETO EM ANÁLISE DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

O projeto integrado de transporte público intermunicipal na Grande Florianópolis, após a conclusão de estudos apresentados em 2015, visa, sobretudo, racionalizar o transporte de passageiros na região, permitindo o desenvolvimento de economias de escala, de economia de escopo e a eliminação de redundâncias e sobreposições de itinerários. O impasse, se resolvido de forma unilateral com predomínio da exigência em licitar, pode levar à desagregação dos serviços atuais e ao prejuízo da possível evolução do TP metropolitano em direção à integração do sistema de transportes de passageiros (FERNANDES; MEYER, 2017).

Segundo relatório final do PLAMUS (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015), nas avaliações realizadas, o BRT apresentou o melhor resultado de Valor Presente Líquido (VPL) socioeconômico, de R\$ 415 milhões, ou seja, considerados benefícios, custos e investimentos, o cenário gera um retorno positivo para a sociedade mensurado em R\$ 415 milhões. O VPL socioeconômico no caso do VLT é de R\$ 672 milhões negativos, ao passo que o monotrilho apresenta resultado negativo de R\$ 1.322 milhões, conforme ilustra a Figura 11:



Fonte: PLAMUS (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY& MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015).

Além dos custos apresentados para o sistema de ônibus, o BRT incorpora custos relacionados à implantação da via, das estações e do sistema de controle.

Ainda segundo o PLAMUS (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015), o Sistema BRT oferece muita flexibilidade, sendo viável a partir de capacidade relativamente baixa (3 mil passageiros por hora por sentido) até demandas acima de 45 mil passageiros por hora por sentido. As características que permitem atingir essas capacidades são:

- Faixas exclusivas dedicadas totalmente à circulação dos ônibus do BRT.
- Plataforma das estações nivelada com o piso dos ônibus para agilizar o embarque e o desembarque dos passageiros.
- Espaçamento reduzido entre o piso da plataforma e o piso dos veículos.
- Pagamento antecipado da tarifa na entrada das estações (fora do ônibus).
- Estações amplas e fechadas.
- Três ou quatro portas nos ônibus para embarque e desembarque.
- Faixa de ultrapassagem para permitir estação com plataformas múltiplas e linhas expressas para aumentar a velocidade (acima dos 20 km/h).
- Uso de tecnologia de controle da frota para aumentar a regularidade dos serviços.
- Uso de gestão de planejamento e de operação para baixar custos e garantir a qualidade do serviço.

O sistema proposto para a RMF segue o conceito de sistema tronco-alimentado com faixas segregadas no centro da via e com estação central. A operação pode ser fechada, com alimentação nos terminais, com serviços diretos ou sistema aberto. Algumas estações serão duplas ou simples, dependendo da demanda do trecho. No sistema com linhas diretas, parte dos serviços poderá operar em faixas exclusivas ou mesmo em vias normais fora da infraestrutura segregada do BRT, o que permitirá que o sistema possa ser construído em fases, com os trechos de maior capacidade construídos antes.

A rede de BRT proposta no cenário tendencial usa a infraestrutura das seguintes vias estruturantes:

- No continente, o espaço da BR-101 e BR-282.
- Na ilha, o anel de contorno do Morro da Cruz, a SC-401 para o norte e a SC-405 para o sul, seguindo pela nova via de acesso ao novo terminal do aeroporto.

O sistema inclui 11 terminais de integração para transferência protegida em áreas com facilidades. A área do entorno desses terminais deve ser objeto de projetos de reurbanização com uso de conceito de desenvolvimento orientado para o transporte coletivo.

Complementarmente ao Sistema BRT, propõe-se a implantação de faixas exclusivas nos principais corredores de tráfego, reservando o espaço de uma faixa de tráfego para ônibus, separando-os do tráfego misto. A operação é mantida da forma tradicional com cobrança interna no ônibus e veículos convencionais. Os ônibus operam na faixa da direita, junto à calçada, onde são colocados os pontos de parada. As faixas à direita têm o inconveniente de conflito com entrada e saída de veículos e com os movimentos de conversão do tráfego misto nas interseções, mas para sistemas que requerem baixa capacidade, sem demanda concentrada, é uma solução razoável.

5 SUGESTÃO DE UM MODELO MAIS SUSTENTÁVEL PARA O TRANSPORTE PÚBLICO DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

As exigências mundiais explicitadas pelas medidas globais apresentadas no capítulo 4 desta pesquisa trazem uma real preocupação dos líderes mundiais em adotar, em todos os setores de transporte, meios não poluentes para minimizar as emissões de gases.

Para Cabestré, Graziadei e Polesel Filho (2018), responsabilidade socioambiental caracteriza-se por atitudes e atividades baseadas em valores éticos e morais com o intuito de minimizar os impactos negativos que as organizações causam ao ambiente em que estão inseridas.

Queiroz *et al.* (2017) afirmam que as responsabilidades éticas correspondem às atividades, às práticas e aos comportamentos esperados (no sentido positivo), ou proibidos (no sentido negativo) por membros da sociedade, apesar de não codificados em leis. Elas envolvem uma série de normas, padrões e expectativas de comportamento para atender aquilo que os diversos públicos (*stakeholders*) com os quais a empresa se relaciona consideram legítimo, correto, justo ou de acordo com seus direitos morais ou expectativas.

Em um momento que o STP da RMF está sendo replanejado, é necessário que se aproveite a iniciativa de mudança que já é prevista nos estudos elaborados para esse fim, como o PLAMUS, e se inclua no projeto um perfil sustentável e de longo prazo, já com as devidas adequações que a reflexão do momento exigirá.

O perfil atual da rede integrada de transporte coletivo metropolitano da RMF conta com as oito prefeituras da região continental da região (abrange os municípios de Águas Mornas, Antônio Carlos, Biguaçu, Governador Celso Ramos, Palhoça, São José, Santo Amaro da Imperatriz e São Pedro de Alcântara), junto com a Suderf, criada para coordenar o planejamento, a gestão e a execução dos serviços de interesse comum da RMF, como a mobilidade.

O município de Florianópolis participa do sistema ao compartilhar infraestruturas, uma vez que a cidade conta com serviço municipal de ônibus concessionado. Florianópolis licitou o transporte municipal em 2014, que será operado pelo Consórcio Fênix durante 20 anos e poderá ser integrado à rede em uma segunda fase. Neste momento, é preciso regularizar os contratos dos serviços de transporte dos demais municípios da RMF.

No projeto que visa consolidar a proposta do STP integrado da RMF, a presente pesquisa poderá levar a esses gestores as informações necessárias para incluir na atualização de projetos de terminais de integração e infraestruturas complementares, a inclusão de parte da

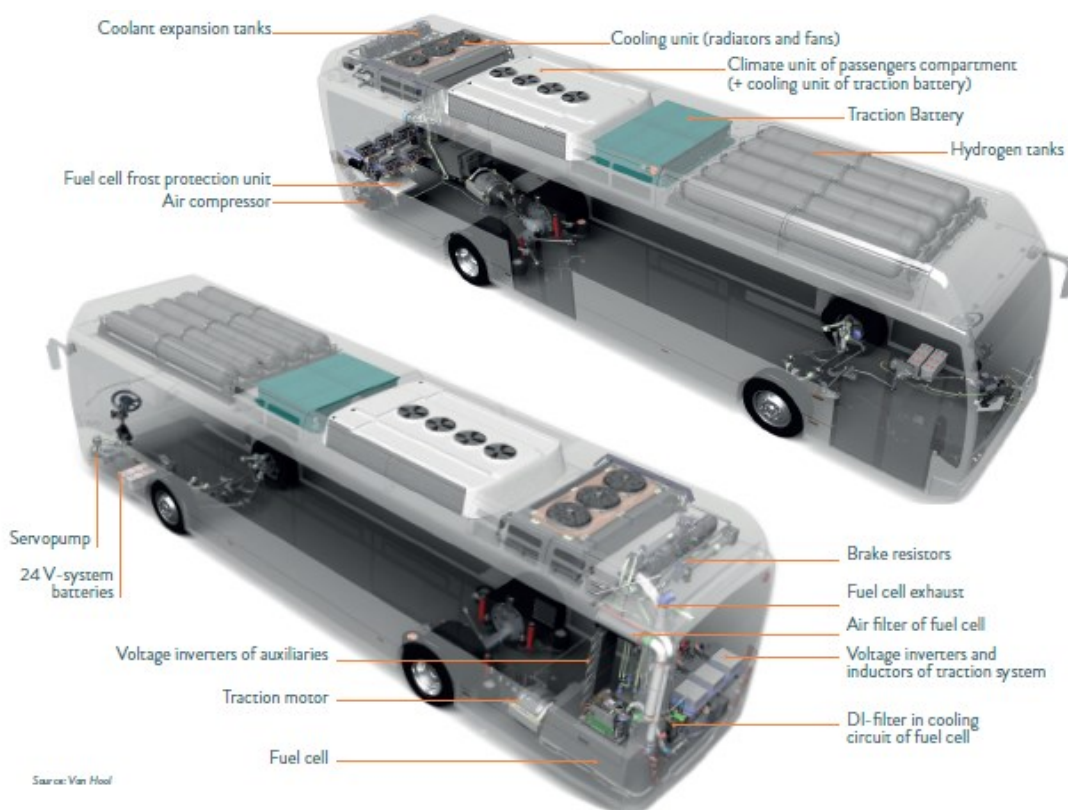
frota de ônibus com tecnologia elétrica, em que traz, para complementar, as informações de novas tecnologias que estão sendo largamente utilizadas em diversos centros urbanos, na Europa, na Ásia e nas Américas.

Como foi demonstrado na revisão bibliográfica em relação às tecnologias sustentáveis para o transporte público de ônibus, o modelo mais promissor, de acordo com a UITP (2020c), é o ônibus de célula de combustível (FCBs), que são ônibus elétricos, os quais incluem uma célula de combustível e uma bateria. Segundo a UITP (2020c), é uma solução totalmente elétrica de emissão zero que oferece uma operação próxima à de um barramento a diesel e, portanto, é comercializada como a mais próxima possível da opção de emissão zero para substituir o diesel.

Um ônibus de célula de combustível (FCB) é um ônibus elétrico que inclui uma célula de combustível e uma bateria (ou em alguns casos supercapacitores). Essa arquitetura híbrida usa a célula de combustível para fornecer a maioria da energia para a operação do veículo, enquanto a bateria proporciona suporte durante as demandas de energia de pico, como para aceleração rápida e gradientes. A célula de combustível consome hidrogênio para gerar energia elétrica através de uma reação eletroquímica, deixando apenas água e calor como subprodutos. A energia elétrica é usada para alimentar motores elétricos e manter a bateria carregada. O subproduto, o calor, pode ser usado para o aquecimento da cabine, assim mantendo o conforto do passageiro enquanto melhora a eficiência do veículo. A bateria também fornece armazenamento de energia regenerado durante a frenagem. O hidrogênio propicia uma densidade de energia muito maior e peso inferior em comparação com o armazenamento elétrico atual de sistemas como baterias. Um FCB pode operar por um dia inteiro de serviço sem reabastecimento. Toda a energia necessária para o ônibus operar é fornecida por hidrogênio armazenados a bordo (UITP, 2020c).

A Figura 12 mostra um exemplo de como os componentes podem ser organizados em um FCB, onde alguns fabricantes de ônibus colocam a célula de combustível no teto e a bateria de tração também pode ser localizada na traseira, por exemplo (UITP, 2020c).

Figura 12 – Modelo de ônibus que utiliza *Full Cell*



Fonte: UITP (2020c).

Não se pode desconsiderar o *know-how* fornecido com a análise completa das tecnologias e as orientações ao sistema integrado de ônibus que foram entregues pelo programa FELICITY (do inglês – *Financing Energy for Low-carbon Investment – Cities Advisory Facility*), em abril de 2020, ao governo do estado.

O FELICITY é financiado pela Iniciativa Internacional de Proteção ao Clima (IKI, do alemão – *Internationale Klimaschutzinitiative*) do Ministério Federal para o Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha (BMU, do alemão – *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*) e implementado pela agência alemã GIZ em colaboração com o Banco Europeu de Investimento (BEI). Além da RMF, o programa apoia projetos em Porto Alegre, na Cidade do México e na China (PESSATO, 2020).

Segundo Pessato (2020, não paginado), o consultor do FELICITY, Pierre Van de Leemput, explica que foram selecionadas “[...] três opções de ônibus de baixo carbono, após analisar outras, que são veículos elétricos, híbridos (diesel e elétrico) e a terceira opção foi ônibus a biogás, não gás natural. Foi analisado a partir de uma visão técnica o que significa análises da operação, autonomia, capacidade e avaliaram-se os custos e benefícios das tecnologias. Comparadas as tecnologias e considerados um projeto piloto pequeno com oito

veículos em quatro linhas de ônibus para testar a opção técnica e ver os resultados. Ao final, a melhor solução seria o ônibus elétrico, considerando os custos e vantagens”.

Ainda de acordo com a autora, o ônibus elétrico tem autonomia para rodar 250 quilômetros por dia, o que seria possível para as linhas de ônibus Biguaçu-Ticen (via Estreito), Campinas/Kobrasol-Ticen, Palhoça-Ticen e Terminal Palhoça-Kobrasol. No período da noite, os veículos seriam recarregados. Pessato (2020) destaca ainda que, entre as principais vantagens do uso dessa tecnologia, está a redução de ruídos e de poluição do ar, além dos baixos custos de manutenção comparados aos do ônibus a diesel.

Com todos esses pontos abordados sobre a importância e os diferenciais do uso de ônibus elétricos, a cidade deve garantir que sua estrutura de transporte público no modal ônibus colabore para que os cidadãos decidam pela não utilização de carros que, além da mudança de padrão de combustíveis do próprio ônibus, traga uma redução de emissões pela diminuição de números de veículos nas ruas.

5.1 CUSTO AMBIENTAL DO USO DE ÔNIBUS A DIESEL

Utilizando como parâmetro o relatório final do PLAMUS (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015), os dois principais custos ambientais ligados à mobilidade urbana são:

1. O custo da emissão de gases e partículas pelos veículos
2. O impacto ambiental das obras de infraestrutura.

Para avaliar o custo das emissões, o PLAMUS (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015) utilizou o conceito de **créditos de carbono**. De acordo com o relatório, os créditos de carbono criam um mercado para reduzir as emissões de GEE, atribuindo um **valor monetário ao custo de poluição do ar**, sendo assim uma forma direta de encontrar o equivalente monetário da emissão de poluentes.

Segundo Calegari (2018), na tentativa de impedir ou retardar o avanço do aquecimento global, foram criados os Créditos de Carbono (CC), também conhecidos como Reduções Certificadas de Emissões (RCEs). A redução de emissões de GEE é medida em toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Cada tonelada de CO₂e reduzida ou removida da atmosfera corresponde a uma unidade emitida pelo CE do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que é um dos dispositivos de flexibilização criados pelo

Protocolo de Quioto para auxiliar o processo de redução de emissões de GEE ou de captura de carbono (ou sequestro de carbono) por parte dos países participantes do acordo.

O MDL foi criado para permitir que países desenvolvidos e com metas de redução de emissões de GEE possam obter tais reduções em outros países que não em seus próprios, por meio de investimento em projetos realizados em países em desenvolvimento, tais como o Brasil (LAMENZA; SILVA PEREIRA; JUNIOR, 2017).

Será utilizado um crédito de carbono que se manteve estável nos últimos anos e que continua sendo emitido e comercializado, o *California Carbon Allowance* (CCA), também utilizado pelo PLAMUS (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015), em que a quantidade de CO₂ emitida por um veículo é diretamente proporcional à quantidade, ao tipo de combustível utilizado e à distância percorrida.

O relatório do PLAMUS (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015) trouxe as seguintes informações, após a análise de consumo e emissões por tipo de veículo e combustível, em 2015:

- Custo médio da tonelada de carbono, a partir da cotação dos créditos de carbono (US\$ 14,02/tonelada de carbono)
- Taxa média de emissões dos automóveis de 0,177 kg de CO₂ por quilômetro rodado
- Taxa de conversão de 2,61 R\$/USD, média do câmbio de novembro de 2014 a janeiro de 2015.

A partir desses dados, obteve-se um custo de emissão dos automóveis de R\$ 0,0064 por quilômetro rodado.

Para o caso dos ônibus, veículo foco deste estudo, o valor considerado é apresentado na Tabela 4, com os parâmetros do ano de 2015:

Tabela 4 – Custo ambiental por kg de CO₂ emitido por km rodado em 2015

Tipo de veículo (ônibus)	Kg de CO₂/ km rodado (Ônibus c/ ar cond.)	Custo ambiental (R\$/km rodado)
Básico	1,27	R\$ 0,0464
Padrão	1,54	R\$ 0,0563
Articulado	2,27	R\$ 0,0829
Biarticulado	2,64	R\$ 0,0965

Fonte: PLAMUS (LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS, 2015).

E trazendo esse cálculo para os parâmetros e os índices atuais, no final do ano de 2020, o preço global do carbono era de **US\$ 24,05/tonelada de CO₂**.

Para atingir as metas de redução de emissões estipuladas no Acordo de Paris de 2015, a IHS Markit Global (c2021) estima que os preços precisarão atingir uma faixa entre US\$ 50 e US\$ 100 por tonelada.

Considerando a taxa atual de conversão, de **R\$/US\$ 5,34**, média do câmbio de outubro de 2020 a outubro de 2021, a Tabela 5 evidencia o custo de emissão para os ônibus a diesel com um aumento de aproximadamente 250% no custo ambiental:

Tabela 5 – Custo ambiental por kg de CO₂ emitido por km rodado em 2021

Tipo de veículo (ônibus)	Kg de CO ₂ / km rodado	Custo ambiental (R\$/km rodado)
	(Ônibus c/ ar cond.)	
Básico	1,27	R\$ 0,1631
Padrão	1,54	R\$ 0,1978
Articulado	2,27	R\$ 0,2915
Biarticulado	2,64	R\$ 0,3390

Elaboração própria (2021).

No caso de veículos que utilizam energia elétrica, alguns estudos consideram que o impacto causado pelas emissões é zero, uma vez que as emissões acontecem nas usinas de geração de eletricidade que costumam ser distantes do perímetro urbano. Neste estudo, assume-se que essas emissões continuam tendo um custo para a sociedade que, portanto, foi considerado.

A introdução dos ônibus elétricos é uma das formas mais promissoras de redução das emissões de GEE, de poluentes locais nocivos à saúde e de poluição sonora. Os ônibus elétricos apresentam zero emissão na sua operação e um baixo nível de CO₂, principalmente em regiões que têm uma alta porcentagem de energia elétrica proveniente de fontes limpas e renováveis, como o caso do Brasil (LIMA; SILVA; ALBUQUERQUE NETO, 2019).

A matriz de geração de energia elétrica brasileira é altamente baseada em usinas hidrelétricas, que possuem baixa emissão de poluentes quando comparadas com usinas termoelétricas (principalmente as de queima de carvão), porém existe um *mix* sazonal com geração termoelétrica.

O que existe de desafio pela frente é o impacto da covid-19, que está sendo sentido em todo o mundo. É uma luta global, mas também é uma ocasião para remodelar a sociedade, no intuito de descobrir uma maneira diferente de saída conjunta, finalmente, em harmonia com a natureza.

É nessa tendência que o TP da RMF deverá buscar a implementação de tecnologias limpas, para fins de compensação energética, nos desafios da transformação que o momento exige e nas possibilidades de intervenções que podem ser realizadas no processo de desenvolvimento para uma mobilidade sustentável.

Para adoção de ônibus com baixa emissão no STP da RMF, os tomadores de decisão devem primeiro identificar e estabelecer objetivos políticos e então acordar uma abordagem sistemática para alcançá-los.

Uma vez que já se tem como projeção um novo perfil de usos de ônibus, em que a indicação de melhor custo-benefício será a adoção de BRTs, sugere-se a partir desta pesquisa que, no cenário que está em discussão, sejam incluídos:

1. Os pátios para apoiar a frota elétrica (fornecimento de energia elétrica, lavagem, manutenção).
2. O *know-how* que a agência GIZ já oferece no Módulo 5e do *Manual de referência para elaboradores de política em cidades em desenvolvimento*.

5.2 MODELO PARA ELABORADORES DE POLÍTICA DE TRANSPORTE PÚBLICO

De acordo com Dalkmann e Brannigan (2007), a agência GIZ, através do SUTP (do inglês – *Sustainable Urban Transport Project*), fornece acesso a ferramentas de políticas de transporte, boas práticas, abordagens e assistência técnica. O SUTP apoia os tomadores de decisão em todo o mundo a planejarem e implementarem soluções de mobilidade inovadoras e sustentáveis. Ainda, segundo os mesmos autores, foi elaborado um manual de referência que propõe, para elaboradores de política em cidades em desenvolvimento e também para os seus consultores, ferramentas de política apropriadas para a aplicação em uma variedade de cidades em desenvolvimento. O setor acadêmico (por exemplo, universidades) tem também se beneficiado com esse material.

O Módulo 5e do *Manual de referência para elaboradores de política em cidades em desenvolvimento* está focado nas opções de mitigação da mudança climática e fornece recomendações sobre instrumentos de política de transporte sustentável com baixo teor de carbono, na esfera da cidade e no quadro das políticas nacionais competentes.

De acordo com esse módulo:

O crescimento atual e projetado das emissões de GEE varia por região. Nos atuais países industrializados os transportes são a principal fonte das emissões. Enquanto as emissões anuais de GEE do transporte nos países em desenvolvimento são ainda relativamente baixas, a taxa de crescimento das emissões em nações emergentes é significativa, particularmente na China, Índia e Indonésia. À luz dessas tendências, é urgente que as nações desenvolvidas foquem na redução da intensidade destas emissões, enquanto as nações em desenvolvimento deveriam se beneficiar do salto de direção e se concentrar em administrar e limitar o crescimento de emissões. O nível de emissões de GEE devidas ao transporte está crescendo mais rapidamente nas economias emergentes do que nos países desenvolvidos por causa da urbanização e do rápido crescimento de uma classe média emergente que adota padrões de consumo mais intenso de carbono, por exemplo, o que é evidenciado no aumento de posse e uso de veículos motorizados privados. (DALKMANN; BRANNIGAN, 2007, p. 11).

Com o intuito de propor um modelo de planejamento que possa colaborar com os tomadores de decisão do sistema de transporte da RMF, sugere-se ter como base o Módulo 5e, do manual citado acima, onde se pode primeiro identificar e estabelecer objetivos políticos e então dispor uma abordagem sistemática para alcançá-los.

Há vários tipos de instrumentos políticos que podem ajudar os tomadores de decisão a desenvolverem um sistema de transporte mais sustentável, com menor intensidade de carbono.

As subseções a seguir fornecem uma visão geral dos instrumentos disponíveis para o transporte sustentável (de planejamento, regulatórios, econômicos, de informação e tecnologia) e sua contribuição para reduzir as emissões de GEE oriundas do transporte. Os instrumentos descritos estão relacionados a mudanças comportamentais e tecnológicas.

5.2.1 Instrumentos de planejamento

Os instrumentos de planejamento incluem todas as medidas que focam em um planejamento “mais inteligente” da infraestrutura, como sistemas de transporte público atrativos, acessíveis e confiáveis, que forneçam a base para o uso de modos alternativos para a região.

As duas opções-chave para melhorar o transporte público são a expansão dos sistemas ou serviços e as melhorias na operação desses sistemas e serviços.

A expansão dos serviços pode incluir serviços de BRT ou serviços que estendam a cobertura geográfica da rede de ônibus.

As melhorias do sistema, do serviço e de operações podem também ser efetuadas por meio da oferta de amenidades para os passageiros – por exemplo, paradas com abrigo de ônibus, melhorias na estação, melhorias de segurança e proteção, melhorias no conforto do veículo, sinalização e acesso dos incapacitados e mais velhos –, assim como mediante total integração dos sistemas de transporte público (e outros), tendo em vista a infraestrutura física e os sistemas tarifários.

No entanto, para reduzir significativamente as emissões de GEE, é necessário ter passageiros suficientes para evitar veículos do transporte público transitando abaixo da plena capacidade. Ao mesmo tempo, é provável que os sistemas de transporte público que buscam atrair passageiros entre os usuários prévios de carro privado reduzam o congestionamento nas vias, o que pode incentivar viagens adicionais de carro. Esse efeito potencial de rebote precisa ser cuidadosamente abordado.

As melhorias no transporte público precisam ser acompanhadas por medidas de suporte que desencorajem as viagens de carro e incentivem o transporte público, tais como taxas de utilização das vias e precificação de estacionamentos.

Os fatores a seguir podem ser considerados vitais para a eficácia do investimento em transporte para reduzir emissões de GEE:

- O nível de melhoria na frequência do transporte, cobertura ou amenidades.
- A extensão em que o investimento em ampliação do transporte reduz o consumo de combustível do veículo a motor (o que depende da extensão na qual o transporte causa mudanças no modo de viajar, as melhorias no fluxo de trânsito e quaisquer aumentos compensados na viagem devido ao fluxo de tráfego melhorado).
- A experiência com os sistemas de BRT mostra que eles podem contribuir para reduzir emissões. Os problemas de congestionamento são minimizados substancialmente por meio do aumento de usuários (mudança de modo dos veículos privados) e do crescimento da economia de combustível quando ônibus eficientes são usados. Pode haver benefícios adicionais, como qualidade do ar local elevada e melhoria do transporte público.

5.2.2 Instrumentos regulatórios

Instrumentos regulatórios podem ser implantados pela administração pública ou por órgãos políticos no âmbito regional ou local e incluem regulamentação de restrições de acesso, medidas de gestão de trânsito, regulamentação de estacionamento e limitações de velocidade. As medidas buscam desencorajar viagens ou proibir totalmente o acesso de certos tráfegos/veículos.

5.2.3 Instrumentos econômicos

Uma vez que os instrumentos econômicos e fiscais têm sido usados com frequência para gerar receita para o financiamento da infraestrutura, tais medidas também podem ser empregadas para exercer influência no comportamento, por exemplo, para desencorajar o uso de veículos privados e estimular o uso mais eficiente de transporte por meio da implantação de encargos ou impostos neste. O uso desses instrumentos econômicos busca quase sempre internalizar custos externos, como levar em conta as emissões de GEE. Os instrumentos discutidos aqui incluem medidas que podem ser implantadas na esfera local, tais como precificação do uso viário e precificação de estacionamento e políticas nacionais, tais como tributação de combustível e tributação de veículos, que são importantes medidas estruturais.

5.2.4 Instrumentos de informação

Inúmeros instrumentos de informação podem induzir mudanças comportamentais de usuários de transporte por meio do aumento de consciência sobre modos alternativos, condução mais eficiente ou opções na compra de veículos. Exemplos típicos são campanhas de conscientização pública, gestão da mobilidade e educação dos condutores, e classificação de automóveis.

5.2.5 Melhorias tecnológicas e instrumentos

O objetivo-chave para alcançar a redução das emissões de GEE de transporte são mudar o comportamento de viagem e/ou a tecnologia usada. Melhorias tecnológicas podem às vezes ser mais fáceis de implantar do que políticas que restringem a demanda e o uso do veículo, primeiramente porque requerem menos mudança comportamental e de estilo de vida.

Entretanto, as melhorias tecnológicas são mais eficazes quando implantadas em conjunto com outros instrumentos em uma estratégia mais ampla. Melhorias tecnológicas quase sempre focam em combustíveis, tecnologia de propulsão, outros atributos dos veículos e tecnologias de comunicação e informação.

É crucial determinar o quanto o potencial de redução das emissões de GEE agregadas pode conseguir. Por exemplo, veículos elétricos (VEs) que usam eletricidade de uma rede limpa produzem menos emissões de CO₂eq do que aqueles veículos com motor de combustão interna (ICEVs, do inglês – *internal combustion engine vehicles*) que usam diesel e gasolina. No entanto,

se o carvão responde por uma alta participação no *mix* de eletricidade, as emissões gerais de CO₂eq podem ser mais altas que aquelas de veículos a diesel ou a gasolina (HAWKINS; SINGH; MAJEAU-BETTEZ; STRØMMAN, 2012). Portanto, é sempre importante considerar o ciclo completo de vida quando se comparam as emissões de CO₂ de veículos e combustíveis alternativos para minimizar emissões, conservar recursos que não são renováveis e implantar tecnologias apropriadas de mitigação. Uma análise do caminho da bomba para as rodas pode incluir estágios como produção de combustível e de veículo, refinaria de combustível, desmanche de veículo e infraestrutura de transporte. Em relação à poluição do ar e ao barulho (particularmente em um contexto urbano), VEs dão uma contribuição positiva comparada com os ICEVs.

Ainda de acordo com o Módulo 5e do manual de referência da GIZ, a implantação de esquemas de transporte urbano sustentável pode envolver grande número de *stakeholders* (DALKMANN; BRANNIGAN, 2007).

O modo como esses *stakeholders* são envolvidos no processo de planejamento e de implantação pode ser instrumental para o sucesso subsequente. Para que as estratégias sejam bem-sucedidas, é importante que a autoridade responsável pela implantação esteja apta para formar e manter relações e parcerias viáveis com os *stakeholders*, a saber:

- Construir uma coalizão
- Assegurar suporte público
- Mobilizar *stakeholders* privados e públicos, que é um fator-chave de sucesso.

O Módulo 5e do manual de referência ainda sugere que os *stakeholders* potenciais são:

- Autoridades públicas: uma ampla variedade de departamentos e órgãos da autoridade pública pode estar envolvida ou ao menos interessada no planejamento, na implantação e na regulamentação das iniciativas de transporte sustentável. Departamentos e órgãos potenciais podem incluir: órgão de transporte viário; escritório jurídico; órgão de obras públicas; órgão de relações públicas e com imprensa; órgão do tesouro/ financeiro; órgão de tributação; órgão de tráfego; órgão de estacionamento; órgãos de planejamento; órgãos do meio ambiente; escritórios parlamentares.
- Participantes do mercado de transporte: parceiros industriais, usuários do transporte privado e instituições, operadores e promotores do TP.

- Organizações Não Governamentais (ONGs): ONGs interessadas podem abranger aquelas envolvidas em questões sociais e de meio ambiente (incluindo doadores e agências internacionais). O envolvimento de ONGs pode fornecer benefícios adicionais à implantação projetada, particularmente se elas tiverem conhecimento técnico e habilidades competentes para ajudar a orientar a implantação.
- Imprensa e mídia: o suporte da imprensa e da mídia ajudará a aumentar a conscientização do público (DALKMANN; BRANNIGAN, 2007).

6 CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES DA PESQUISA

Para reduzir as barreiras para a adoção de tecnologias limpas em ônibus para o transporte público, é importante que os operadores e as agências de transporte tenham dados úteis e de qualidade sobre as frotas de ônibus não poluentes existentes, um melhor entendimento dos custos totais de propriedade e uma visão mais abrangente do processo completo de implementação.

Pode ser desafiador para cidades se comprometerem com a compra de veículos com os quais não têm experiência, sem mencionar os altos custos iniciais da aquisição de ônibus elétricos a bateria e de elétricos híbridos, em comparação com os ônibus tradicionais movidos a combustíveis fósseis.

A preocupação com a formação e manutenção de uma imagem positiva, a concorrência e as pressões sociais e econômicas criadas pela globalização, tem levado as organizações a repensarem seu papel na sociedade. A adoção de estratégias com caráter social, para se adequarem às novas exigências, vem ao encontro da expectativa do consumidor, cliente ou usuário (CABESTRÉ; GRAZIADEI; POLESEL FILHO, 2008).

O impacto dos veículos a diesel nas emissões de carbono é apenas uma das razões para a migração para a tecnologia elétrica. Além do impacto climático, é amplamente reconhecida a associação entre poluição do ar e doenças fatais (mortalidade) e não fatais (morbidade). O principal causador das doenças é o MP, emitido em altas quantidades pelos motores a diesel que dominam o transporte coletivo por ônibus no Brasil (BETTI; GARCIA; CORRÊA, 2020).

A pandemia do coronavírus desencadeou uma crise sanitária e humana sem precedentes. Porém, a importância do cuidado com o meio ambiente é um fato indiscutível, no qual a preocupação com o aquecimento global traz perspectivas catastróficas para as próximas gerações caso não sejam tomadas providências imediatas na redução de poluentes na atmosfera.

Quando se fala em sustentabilidade, há de se considerar também as mudanças de comportamento dos usuários de transporte público que a pandemia trouxe, em que grande parte da população se viu obrigada a permanecer em casa, levando o trabalho, a escola e suas atividades para o conforto do lar, o que, por outro lado, criou um novo modo sustentável de não utilização de veículos e, por consequência, não emissão de gases poluentes com o uso de combustíveis poluentes.

Atender ao maior número de pessoas, transportá-las em segurança e no menor tempo possível é a razão de ser do transporte coletivo urbano.

A dinâmica está crescendo globalmente para ônibus elétricos em frotas de transporte público municipal. O e-bus mercado está amplamente focado nas áreas metropolitanas, onde as principais cidades estão sob pressão para encontrar maneiras de melhorar a qualidade do ar e reduzir as emissões de CO₂. A China tem pressionado nessa área por vários anos, enquanto na Europa a consciência pública das questões de qualidade do ar urbano das cidades e governos locais intensificou seus esforços na mudança de suas frotas de ônibus municipais (BNEF, 2018).

Com o tempo, os preços em queda das baterias estão tornando os ônibus elétricos mais atraentes economicamente.

O transporte público em ônibus urbanos desempenha um papel fundamental na sociedade, pois é um meio eficiente para mover um número considerável de pessoas em uma cidade. Com a taxa de ocupação atual em relação aos carros, um ônibus urbano normal completo poderia retirar mais de 40 carros do trânsito da cidade, o que melhoraria consideravelmente os problemas de tráfego, reduziria a poluição sonora, melhoraria a qualidade do ar e reduziria a poluição e as emissões de GEE (GRIJALVA; LÓPEZ MARTÍNEZ, 2019).

A existência de um serviço de transporte coletivo acessível, eficiente e de qualidade, que garanta a acessibilidade da população a todo o espaço urbano, pode aumentar consideravelmente a disponibilidade de renda e tempo dos mais pobres, propiciar o acesso aos serviços sociais básicos (saúde, educação, lazer) e às oportunidades de trabalho. Nesse sentido, entende-se o transporte coletivo como um importante instrumento de combate à pobreza urbana e de promoção da inclusão social (GOMIDE, 2013).

Quando se pensa que o mundo inteiro está retornando a uma nova rotina pós-pandemia, é preciso refletir sobre o que se quer para esse “novo normal”, em que haverá uma chance de recomeçar fazendo a diferença.

Entre inúmeros aspectos do que se poderá fazer para uma existência mais sustentável, no que se refere à mobilidade urbana, é possível apontar que os hábitos dos usuários de ônibus podem ter sido alterados, em que existirá maior exigência por um nível de serviço que ofereça mais segurança sanitária, com maior distanciamento, mais higienização; por outro lado, esses mesmos usuários poderão optar pela troca do usos de ônibus por veículos individuais, o que irá contra o conceito de mobilidade urbana sustentável. A necessidade de tornar o modal ônibus atraente para o usuário será ainda mais latente, e os gestores deverão buscar apresentar novos conceitos desse veículo.

Atendendo às expectativas dos passageiros, às crescentes exigências ecológicas e à política de transportes, o processo de substituição dos ônibus convencionais por elétricos é inevitável. Existe, portanto, o desafio de como introduzir novos tipos de ônibus de forma otimizada (KRAWIEC *et al.*, 2016).

Além disso, como os motores elétricos têm menos partes móveis, costumam ter maior vida útil e exigir menos manutenção. É interessante, ainda, observar que os elétricos emitem menos ruído, oferecendo mais conforto a motoristas, cobradores e passageiros.

Para os gestores, existe um grande desafio financeiro quando com a pandemia a queda de demanda de usuários prejudicou o faturamento das empresas, e os governantes ainda tiveram que despender recursos extras no combate ao vírus. Uma das formas de atenuar o desafio financeiro em curto e médio prazo é por meio de incentivos fiscais.

De acordo com Siqueira, Petzhold e Albuquerque (2021), há vários exemplos no Brasil de incentivos fiscais que poderiam ser aplicados para tornar mais acessível a aquisição de ônibus elétricos diante da urgência da transição. Os autores citam um exemplo federal, que é o regime Ex-Tarifário, em que se pode reduzir o Imposto de Importação (II) de componentes ou até mesmo do veículo completo, e, em 2016, a Câmara de Comércio Exterior (Camex), que rege o II, reduziu temporariamente para 2% as alíquotas sobre uma série de bens de capital, incluindo importantes componentes de ônibus elétricos, além da possibilidade de desoneração das alíquotas de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), que podem ser reduzidas a zero, como ocorrido para veículos leves entre 2008 e 2010.

A preocupação em tornar o transporte público mais sustentável vai além da esfera governamental. No decorrer da pesquisa, pode-se ter conhecimento de diversas entidades não governamentais que promovem estudos e apoiam fortemente a implantação de tecnologias de ônibus limpas. Entre elas, podem ser citados: a UITP, a qual é uma rede mundial que reúne todas as partes interessadas do transporte público e todos os modos de transporte sustentáveis; o WRI, um instituto de pesquisa que promove ações para a proteção do meio ambiente, oportunidades econômicas e bem-estar humano; o SUTP, criado pela agência GIZ, que oferece acesso a ferramentas políticas, boas práticas, abordagens e assistência técnica em mobilidade urbana sustentável em todo o mundo; a Sustainable Bus que é uma rede composta por um *site* atualizado diariamente com as últimas notícias, por *newsletters* semanais e por canais de redes sociais.

Null e Smith (2021) afirmam que, apesar que o argumento de que o clima pode melhorar com o transporte não poluente seja claro, não é maior do que os impactos do setor no desenvolvimento e na subsistência, e que talvez, mais do que qualquer outra coisa, o acesso das pessoas ao transporte realmente determina quais são os resultados nas suas vidas.

Para exemplificar a viabilidade de um plano de migração para adoção de ônibus limpos, podem ser citados os projetos mais recentes e mais próximos da realidade local, como os implantados no Chile, na Colômbia, no México e aqui no Brasil, na Região Metropolitana de São Paulo, já demonstrados na presente pesquisa.

6.2 RESULTADOS ALCANÇADOS

A pesquisa bibliográfica trouxe para este estudo o conteúdo de referência para a mobilidade urbana se tornar sustentável, em que se obteve conhecimento para entender os principais motivos que fazem com que os governantes decidam sobre a adoção de tecnologias não poluentes, uma vez que a seleção da literatura – com bibliografias relacionadas aos temas “mobilidade urbana sustentável”, “transporte público e os aspectos socioambientais” e “tecnologias sustentáveis para uso em transporte público de ônibus” – foi o respaldo dos temas-chave que puderam compor as respostas buscadas nos objetivos da pesquisa.

A revisão bibliográfica, unindo-se à opinião dos entrevistados que atuam no sistema de transporte da RMF, trouxe os parâmetros que se buscava para poder propor aos gestores e atores envolvidos nesse contexto que o objetivo geral da pesquisa de “analisar o impacto socioambiental da adoção de um modelo sustentável no sistema de transporte público de ônibus na Região Metropolitana de Florianópolis” pode afirmar de que o impacto social e ambiental é fortemente aceitável, uma vez que a sociedade espera atitudes positivas dos governantes e soluções que possam garantir um futuro melhor para as próximas gerações.

As entrevistas trouxeram respostas que colaboraram com os objetivos específicos de identificar os atores envolvidos na adoção de um modelo sustentável no STP de ônibus da RMF; analisar as variáveis sociais e ambientais afetadas pela adoção de um modelo sustentável no STP de ônibus; identificar tecnologias sustentáveis disponíveis para uso no transporte público de ônibus; e propor opções de combustíveis e infraestrutura necessárias para que o uso de ônibus limpo não provoque grande prejuízo à eficiência operacional para o STP de ônibus da RMF.

O cenário ideal seria que, além de se incluírem veículos não poluentes, se acrescentassem condições de uso que tragam a confiabilidade necessária para que o usuário volte para esse “novo normal”, no pós-pandemia, encontrando no modal ônibus o que espera, dando preferência ao transporte público e não ao transporte individual.

O que se traz com a presente pesquisa, com os diversos autores citados e com a opinião dos entrevistados que fazem parte do cenário do sistema de transporte da RMF é que a adoção de tecnologias limpas para o transporte público de ônibus é uma tendência que não tem caminho

de volta, uma vez que se encontra em ampliação em todo o mundo, para que principalmente se possa contribuir para a redução de GEE, observando que as mudanças climáticas estão evidentes em todas as pesquisas e relatórios dos órgãos responsáveis mundiais.

O grande tema proposto hoje no mundo é como reduzir a emissão de GEE. Com esta pesquisa conclui-se que a geração de energia também emite gases. A quantidade varia de país para país, mas no Brasil essa emissão é muito baixa porque há poucas termoelétricas, a maioria são hidrelétricas, que têm emissão de quase 0%, razão pela qual é muito positiva essa troca.

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O governador de Santa Catarina, Carlos Moisés, participou da 26ª Conferência das Nações Unidas para a Mudança do Clima (COP26), em Glasgow, na Escócia, em novembro de 2021.

Atualmente ele integra o Consórcio Brasil Verde, iniciativa criada recentemente por governadores para que atuem em conjunto na promoção de ações de enfrentamento às mudanças climáticas e também para que possam fazer uma interlocução direta dos governos locais com lideranças internacionais. Segundo Peduzzi (2021), na reunião dos governadores em Glasgow, os representantes debateram a realidade das agendas climáticas e de desenvolvimento econômico verde no Brasil. Eles destacaram os desafios e as oportunidades para parcerias no desenvolvimento verde e no financiamento climático que possam acelerar a transição rumo à neutralidade de carbono no país. Já o governador Carlos Moisés disse que a companhia estadual de eletrificação está criando um corredor para abastecimento de veículos elétricos afirmando que: “Dessa forma, vamos diminuir o uso de veículos com combustível fóssil”. Segundo Moisés, as usinas térmicas do estado estão em fase de transição para adotar o uso de gás natural para a geração de energia (PEDUZZI, 2021).

Os resultados esperados na COP26 podem ser divididos em três categorias:

- Será necessário progresso nos cortes globais de emissões de GEE e um compromisso de fazer isso mais rápido.
- É preciso requerer um pacote de ajuda para as nações mais vulneráveis ao clima instável e que já estão sendo atingidas pelos impactos climáticos.
- Provavelmente haverá acordos setoriais, incluindo proibições de carvão e petróleo, datas para encerrar a venda de carros movidos a combustíveis fósseis e desmonetização do desmatamento.

Em um recente discurso no estado da Califórnia, onde mais um incêndio consumia uma enorme região, o presidente americano Joe Biden aponta com muita seriedade que:

Não adianta continuar ignorando a realidade. Não adianta mais querer ser apenas sustentável, já passamos desse ponto. Agora precisamos regenerar o meio ambiente. A realidade é que temos um problema de aquecimento global muito sério, e que não vai voltar atrás naturalmente. O que precisamos ter em foco agora é: o que custa mais caro? Ignorar os problemas e gastar bilhões com danos que causam as mortes das pessoas ou investir num futuro mais verde, com energia limpa, e carros elétricos? Os cientistas têm nos avisado há anos que as condições climáticas extremas vão ficar mais extremas. Estamos vivendo em tempo real. (GREVE, 2021, não paginado, tradução nossa).

Diante dessas reflexões, pode-se concluir que o encontro de dois conceitos o de sustentabilidade e de qualidade de vida, estão unidos em um tempo presente em que não existe outra opção senão recuar nas emissões de gases poluentes para que a diminuição dos efeitos climáticos que já estão sendo observados, em um âmbito global, possa trazer para as gerações futuras uma luz de esperança de um futuro menos catastrófico.

Com o intuito de responder ao objetivo principal da dissertação “analisar o impacto socioambiental da adoção de um modelo sustentável no sistema de transporte público de ônibus na Região Metropolitana de Florianópolis”, o conteúdo extraído da pesquisa bibliográfica unindo-se às respostas dos entrevistados que fazem parte do cenário de atuação no sistema de transporte, pode-se concluir que só traz benefícios à sociedade e ao ambiente como um todo e com o objetivo de cumprir com compromissos de redução das emissões de GEE que estão alinhados no âmbito mundial.

Como objetivos específicos, a presente pesquisa certamente extraiu das repostas dos entrevistados a identificação dos atores envolvidos na possível adoção de um modelo sustentável no STP de ônibus da RMF.

Com todo o conteúdo da pesquisa bibliográfica, aliado à opinião dos entrevistados, pode-se avaliar os impactos sociais que essa possibilidade traria aos usuários, destacando:

- Conforto para o usuário
- Melhor condição de trabalho para motoristas e cobradores
- Força simbólica de política pública moderna
- Vantagens de conforto sonoro, redução de trepidações
- Imagem de modernidade e eficiência dos sistemas.

E como impactos ambientais:

- Redução de emissões de gases poluentes que contribuem para conter o efeito estufa
- Redução da poluição sonora
- Utilização de novas fontes de energia em substituição ao diesel
- Aumento de atratividade do sistema e consequente aumento no número de passageiros e diminuição de veículos individuais no trânsito.

Com o objetivo de identificar tecnologias sustentáveis disponíveis para uso no transporte público de ônibus, a pesquisa demonstra claramente todas as tecnologias disponíveis para uso em ônibus que seja não poluente, e sugere, conforme detalhada no capítulo 5, o que seria a tecnologia ideal, que são os ônibus de célula de combustível (FCBs), que são elétricos e incluem uma célula de combustível e uma bateria.

Por fim, ainda no capítulo 5, foram propostas opções de combustíveis e infraestrutura necessárias para que o uso de ônibus limpo não provoque grande prejuízo à eficiência operacional para o STP de ônibus da RMF.

Conforme as informações dos entrevistados que estão inseridos no cenário local do STP da RMF, existem pesquisas e intenções para novas mudanças no modelo atual, e com um enfoque em oferecer um serviço que traga mais qualidade a vida dos usuários. Então por que não acrescentar a sustentabilidade que contribuirá para a evidente necessidade de ações que promovam a diminuição de gases poluentes?

6.4 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

O momento é propício às mudanças, pois se está retomando as rotinas e os planos de melhorias, além de que a RMF poderá ter entre seus atores pesquisadores com excelência em modelos sustentáveis de transporte. E para abrilhantar o momento, o próprio governador assumiu na COP26 o compromisso em diminuir o uso de veículos com combustível fóssil.

Tendo em vista que já se tem como projeção a indicação de um novo perfil de usos de ônibus, em que a indicação de melhor custo-benefício será a adoção de BRTs, sugere-se, a partir desta pesquisa, que no cenário que está em discussão, sejam incluídos:

- I. Os pátios para apoiar a frota elétrica (fornecimento de energia elétrica para recarga, lavagem e manutenção).

- II. O *know-how* que o manual da agência GIZ já oferece no Módulo 5e do *Manual de referência para elaboradores de política em cidades em desenvolvimento* como parâmetro de implantação da nova política de transporte público de ônibus sustentável.

Com isso, deixa-se aqui em aberto a sugestão para trabalhos de pesquisas futuros que evoluam nos quesitos de infraestruturas que melhor se adaptariam a um modelo mais sustentável inserindo nos projetos que já estão em andamento na região; e que trouxessem efetivamente as informações para a engenharia de trânsito, com as adaptações necessárias, em que se incluíam as estações de abastecimento no caso da adoção de modelos elétricos para os ônibus, seguindo a maioria de modelos adotados na Europa, na Ásia e na América Latina, já explicitados nesta pesquisa..

O que poderia complementar a presente pesquisa de forma efetiva, além de pesquisas futuras na área de engenharia, também não menos importante, seria o aprofundamento de uma pesquisa de modelo de gestão que traga a viabilidade financeira para o tamanho dessas mudanças. Nesse sentido, sugere-se um levantamento CAPEX³ (despesas de capital) para os investimentos em máquinas, equipamentos e infraestrutura, assim como um levantamento OPEX⁴ (despesas operacionais), adequando o modelo atual de PPP, na qual os atores possam contar com maiores investimentos tanto na infraestrutura física quanto nas tecnologias de informação, sempre com o foco em um modelo sustentável para o sistema de transporte da RMF, oferecendo, assim, um pacote em que as vantagens sociais se ampliem, mas não menos que as vantagens ambientais, que a realidade atual exige.

³ Do inglês – *Capital Expenditure*.

⁴ Do inglês – *Operational Expenditure*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. *et al.* Hidrogênio, o combustível do futuro. **Diversitas Journal**, [Alagoas], v. 4, n. 2, p. 356-366, 2019.
- ARAÚJO, M. R. M. de *et al.* Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. *Psicologia & Sociedade*, [Recife], v. 23, n. 3, p. 574-582, 2011.
- BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport policy**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 73-80, 2008.
- BARROS, A. C. *et al.* **Uma nova economia para uma nova era: elementos para a construção de uma economia mais eficiente e resiliente para o Brasil**. São Paulo: WRI Brasil, ago. 2020. *E-book*. Disponível em: https://wribrasil.org.br/sites/default/files/af_neb_synthesisreport_digital.pdf. Acesso em: 18 nov. 2020.
- BERTOLOTTO, R. Despoluição na pandemia pode mudar relação com mobilidade, diz especialista. **Ecoa**, São Paulo, 6 abr. 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2020/04/06/despoluicao-na-pandemia-pode-transformar-mobilidade-urbana-diz-especial.htm>. Acesso em: 9 jun. 2020.
- BETTI, L.; GARCIA, M.; CORRÊA, F. - Ferramenta revela ganhos em saúde e economia da substituição de ônibus a diesel por elétricos. **WRI Brasil**, São Paulo, 23 jun. 2020c. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2020/06/ferramenta-ganhos-saude-e-economia-substituicao-onibus-diesel-por-eletricos>. Acesso em: 19 set. 2021.
- BEZRUCHONAK, A. Geographic features of zero-emissions urban mobility: the case of electric buses in Europe and Belarus. **European Spatial Research and Policy**, [Lódz], v. 26, n. 1, p. 81-99, 2019.
- BIAGUE, K. L. **Mini usinas solares fotovoltaicas em sistemas de transporte rápido por ônibus – BRT (Bus Rapid Transit): uma abordagem propositiva a partir do projeto de corredores BRT em implantação na cidade de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: IMIH, ago. 2011. Disponível em: <https://issuu.com/cleantechbr/docs/mini-usinas-solares-fotovoltaicas-em-sistemas-de-t>. Acesso em: 6 abr. 2020.
- BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE (BNEF). **Electric buses in cities: driving towards cleaner air and lower CO₂**. Milano, 29 Mar. 2018. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/2018/05/Electric-Buses-in-Cities-Report-BNEF-C40-Citi.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE (BNEF). **500,000 e-buses today in operation. They'll take 67 of the global bus fleet by 2040, BNEF says**. Milano, 19 May 2020. Disponível em: <https://www.sustainable-bus.com/news/electric-vehicle-outlook-2020-bnef-electric-buses/>. Acesso em: 19 jul. 2021.
- BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Em Tese**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 68-80, 2005.

FANTINE, J; ROSA, M. Meio ambiente e sustentabilidade. **Brasil 2049**, [s. l.], 1 jul. 2019. Disponível em: <https://brasil2049.com/meio-ambiente-e-sustentabilidade/#post-145-footnote-ref-10>. Acesso em: 19 jul. 2021.

C40 CITIES. **C40 Cities Annual Report**. New York: C40 Cities, 2019. Disponível em: https://c40-production-images.s3.amazonaws.com/other_uploads/images/2574_C40_2019_Annual_Report.original.pdf?1587634742 Acesso em: 11 ago. 2020.

C40 CITIES. **C40 Cities Clean Bus Declaration of Intent**. London, [2016]. Disponível em: https://c40-production-images.s3.amazonaws.com/other_uploads/images/233_C40_CITIES_CLEAN_BUS_DECLARATION_OF_INTENT_FINAL_AUG27.original.pdf?1440690557. Acesso em: 15 ago. 2020.

CABESTRÉ, S. A.; GRAZIADEI, T. M.; POLESEL FILHO, P. Comunicação estratégica, sustentabilidade e responsabilidade socioambiental: um estudo destacando os aspectos teórico-conceituais e práticos. **Conexão-Comunicação e Cultura**, Caxias do Sul, v. 7, n. 13, jan./jun. 2008.

CALEGARO, C. B. da S. **Os créditos de carbono e suas relações com o consumo/consumismo: um tema sociocientífico para o ensino de ciências**. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Instituto de Ciência Básicas da Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

H. R de. **Mobilidade Urbana Sustentável: conceitos, tendências e reflexões**. Brasília; Rio de Janeiro: Ipea, maio 2016. *E-book*. (Texto para Discussão). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6637/1/td_2194.pdf . Acesso em: 27 jul. 2020.

CARVALHO, G. F. **Factors influencing metropolitan public transport integration in Florianópolis, Brazil – a Delphi study**. 2019. Dissertação (MSc in Transport and City Planning) – UCL, London, 2019.

CERATTI, M. K. América Latina acelera a adoção de ônibus elétricos. **El País**, Brasília, 26 mar. 2021. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/economia/2021-03-26/america-latina-acelera-a-adocao-de-onibus-eletricos.html> . Acesso em: 26 maio 2021.

CERVERÓ, R.; DUNCAN, M. Which Reduces Vehicle Travel More: Jobs-Housing Balance or Retail-Housing Mixing? **Journal of the American planning association**, Chicago, v. 72, n. 4, p. 475-490, 2006.

CERVERÓ, R.; GUERRA, E.; AL, S. **Beyond mobility: planning cities for people and places**. Washington, DC: Island Press, 2017.

CHOWDHURY, S. *et al.* Public transport users' and policy makers' perceptions of integrated public transport systems. **Transport Policy**, [s. l.], v. 61, p. 75-83, 2018.

COENEN, L.; BENNEWORTH, P.; TRUFFER, B. Toward a spatial perspective on sustainability transitions. **Research policy**, [s. l.], v. 41, n. 6, p. 968-979, 2012.

CORAZZA, M. V. *et al.* A new generation of buses to support more sustainable urban transport policies: A path towards “greener” awareness among bus stakeholders in Europe. **Research in Transportation Economics**, [s. l.], v. 55, p. 20-29, 2016.

CORDEIRO, A. M. *et al.* Systematic review: a narrative review. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgões**, [Rio de Janeiro], v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007.

DALKMANN, H.; BRANNIGAN, C. Module 5e: Urban Transport and Climate Change. *In*: DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). **Sustainable Transport: a Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities**. Eschborn: (GIZ), 2007. Disponível em: <https://www.sutp.org/publications/the-role-of-transport-in-urban-development-policy-2/> Acesso em: 5 ago. 2020.

DARAI, C. *et al.* Efficiency and effectiveness in the urban public transport sector: a critical review with directions for future research. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 248, n. 1, p. 1–20, 2016.

DEUTSCHE WELLE (DW). **UE quer proibir carros movidos a combustível fóssil até 2035**. [Bonn], 14 jul. 2021. Disponível em: [https://www.dw.com/pt-br/ue-quer-proibir-carros-movidos-a-combust%C3%ADvel-f%C3%B3ssil-at%C3%A9-2035/a-58265590#:~:text=A%20Uni%C3%A3o%20Europeia%20prop%C3%B4s%20nesta,ve%C3%ADculos%20zero%20emiss%C3%B5es%20\(VZE\)](https://www.dw.com/pt-br/ue-quer-proibir-carros-movidos-a-combust%C3%ADvel-f%C3%B3ssil-at%C3%A9-2035/a-58265590#:~:text=A%20Uni%C3%A3o%20Europeia%20prop%C3%B4s%20nesta,ve%C3%ADculos%20zero%20emiss%C3%B5es%20(VZE).). Acesso em: 7 ago. 2021.

DUARTE, J. Entrevista em profundidade. *In*: DUARTE, J; BARROS, A. **Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação**. São Paulo: Atlas, 2005, v. 1, p. 62-83.

DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar em revista**, Curitiba, n. 24, p. 213-225, 2004.

EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT (ECMT). **Assessment & decision making for sustainable transport**. Paris: OECD, 2004. Disponível em: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/04assessment.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2021.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Air Pollution goes down as Europe takes hard measures to combat coronavirus**. Copenhagen, 25 mar. 2020. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/highlights/air-pollution-goes-down-as> . Acesso em: 12 abr. 2020.

FERNANDES, C.; MEYER, B. Desafios na Integração do Sistema de Mobilidade Urbana: o caso da Região Metropolitana da Grande Florianópolis. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESEMPENHO DO SETOR PÚBLICO, 1., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2017. p. 304-316.

FERNANDEZ-SANCHEZ, G.; FERNANDEZ-HEREDIA, A. Strategic thinking for sustainability: a review of 10 strategies for sustainable mobility by bus for cities. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 4282, 19 Nov. 2018.

FRANCO, L. S.; DOLIVEIRA, S. L. D.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento sustentável e o transporte urbano em países da América do Sul: uma revisão sistemática. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 159-181, 2020.

GARAU, C.; PAVAN, V. M. Evaluating Urban Quality: Indicators and Assessment Tools for Smart Sustainable Cities. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 575, 2018.

GOMIDE, A. de Á. **Transporte urbano e inclusão social**: elementos para políticas públicas. Brasília: Ipea, jul. 2003.

GOTA, S. *et al.* Decarbonising transport to achieve Paris Agreement targets. **Energy Efficiency**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 363-386, 2019.

GRAHAM, J.; COURREGES, A. **Leading A Clean Urban Recovery With Electric Buses**: Innovative business models show promise in Latin America. [S. l.]: C40 Cities, IFSC, Nov. 2020.

GREVE, J. E. 'It's a reality': Biden calls for urgency in California as climate crisis fuels wildfires **The Guardian**, London, 14 set. 2021. Disponível em: <https://www.theguardian.com/us-news/2021/sep/13/california-wildfires-biden-trip-climate-crisis-links-extreme-weather>. Acesso em: 14 set. 2021.

GRIJALVA, E. R.; LÓPEZ MARTÍNEZ, J. M. Analysis of the reduction of CO2 emissions in urban environments by replacing conventional city buses by electric bus fleets: Spain case study. **Energies**, Basel, v. 12, n. 3, p. 525, 2019.

GUARIEIRO, L. L. N.; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 3, n. 5, p. 434-445, 2011.

HAWKINS, T. R., SINGH, B., MAJEAU-BETTEZ, G.; STRØMMAN, A. H. Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. **Journal of Industrial Ecology**, New Haven, v. 17, n. 1, 2012.

IHS MARKIT. **IHS Markit Global Carbon Index (USD)**. London, c2021. Disponível em: <https://indices.ihsmarket.com/#/Carbonindex>. Acesso em: 19 out. 2021.

IMAM, R.; KANG, S.-C.; QUEZADA, D. Exploring Low-Carbon Bus Options for Urban BRT Systems: The Case of Amman. **Journal of Public Transportation**, Tampa, v. 22, n. 1, p. 4, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**: Florianópolis. Rio de Janeiro, [2018]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/html>. Acesso em: 20 jun. 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: the Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 7 Aug. 2021: Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

KÖHLER, J. *et al.* Leaving fossil fuels behind? An innovation system analysis of low carbon cars. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 48, p. 176-186, 2013.

KOZERSKI, G. R.; HESS, S. C. Estimativa dos poluentes emitidos pelos ônibus e microônibus de Campo Grande/MS, empregando como combustível diesel, biodiesel ou gás natural. **Engenharia sanitária e ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 113-117, 2006.

KRAWIEC, S. *et al.* Urban public transport with the use of electric buses—development tendencies. **Transport Problems**, Katowice, v. 11, n. 127, p. 127-137, 2016.

LAMENZA, A.; SILVA PEREIRA, R. da; JUNIOR, S. B. Comercialização e gestão de projetos de créditos de carbono no Brasil. **Revista de Administração da Unimep**, Piracicaba, v. 15, n. 1, p. 100-127, 2017.

LEEDER, D.; JAIN, A.; JENNINGS, I.; WANG, X.; TVEDT, K. **Going electric**: A pathway to zero-emission buses Policy paper. London: EBRD, Jun. 2021. Disponível em: https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/06/EBRD_UITP_GIZ_Going-Electric-A-Pathway-to-Zero-Emission-Buses_June2021.pdf. Acesso em: 19 jul. 2021.

LEWIS, S. Before-and-after photos show dramatic decline in air pollution around the world during coronavirus lockdown. **CBS News**, New York, 22 apr. 2020. Disponível em: <https://www.cbsnews.com/news/coronavirus-photos-decline-air-pollution-lockdown/>. Acesso em: 9 jun. 2020.

LIMA, G. C. L. S.; SILVA, G. L. R. da; ALBUQUERQUE NETO, G. S. Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP**, São Paulo, Ano 41, n. 152, p. 53–72, 2019.

LOGIT ENGENHARIA CONSULTIVA; STRATEGY&; MACHADO MEYER SENDACZ E OPICE ADVOGADOS. **Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis – PLAMUS**. Florianópolis: Logit Engenharia Consultiva, 2015. *E-book*.

LUNELLI, P.; MEYER, B. Mobilidade urbana e gestão de cidades: uma revisão bibliográfica sobre o tema. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESEMPENHO DO SETOR PÚBLICO, 1., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, p. 2902-2914, 2017.

MACARIO, R. Integration in urban mobility systems: quality upgrading or competition blockade. *In*: WCTR CONFERENCE, 10., Istanbul. **Anais [...]** Istanbul: WCTR, 2004.

MAZZUCATO, M. **O estado empreendedor**: desmascarando o mito do setor privado vs. setor público. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MEIRA, L. H. *et al.* Measuring social effective speed to improve sustainable mobility policies in developing countries. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 78, p. 102200, 2020.

MEXICO. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (Sedatu). **Movilidad 4s para México**: Saludable, Segura, Sustentable y Solidaria. Plan de Movilidad para una nueva normalidad. Ciudad de Mexico: Sedatu, 2020.

MILANEZ, A. Y. *et al.* O Acordo de Paris e a transição para o setor de transportes de baixo carbono: o papel da Plataforma para o Biofuturo. **BNDES Setorial**, v. 1, n. 45, p. 285-340, 2017 (Biofuels).

MONTEJANO, J. *et al.* The Costs and Benefits of Urban Expansion: Evidence from Mexico, 1990-2010. **Lincoln Institute of Land Policy**, Cambridge, MA, [s. n.], 2019.

NIKITAS, A. *et al.* How can autonomous and connected vehicles, electromobility, BRT, hyperloop, shared use mobility and mobility-as-a-service shape transport futures for the context of smart cities? **Urban Science**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 36, 2017.

NULL, S.; SMITH, H. Líderes e especialistas globais destacam papel do transporte na resposta à Covid e à crise climática. **WRI Brasil**, São Paulo 5 fev. 2021. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/profile/cristina-albuquerque>
<https://wribrasil.org.br/pt/blog/cidades/lideres-e-especialistas-globais-destacam-papel-do-transporte-na-resposta-covid-e-crise-climatica>. Acesso em: 5 ago. 2021.

OBSERVATÓRIO DE MOBILIDADE URBANA UFSC (OMU). **Rede integrada de transporte coletivo metropolitano da RMF**. Florianópolis, [201-]. Disponível em: <https://onibusrmf.org>. Acesso em: 15 set 2021.

ORBEA, J. Como Santiago se tornou líder global em ônibus elétricos. **WRI Brasil**, São Paulo, 7 jan. 2019. Disponível em: https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/01/como-santiago-se-tornou-lider-global-em-onibus-eletricos?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=cidades&gclid=Cj0KCQiAoIPvBRDgARIsAHsCw08eOYuuLgeQKq-0kJFf4s-nQTmJ9xr5qv9TvQkyVIszOcyS3ZPXAKkaAsEIEALw_wcB. Acesso em: 4 fev. 2022.

PACTO GLOBAL. [**Página inicial**]. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/>. Acesso em: 4 fev. 2022.

PAGET-SEEKINS, L.; TIRONI, M. The publicness of public transport: the changing nature of public transport in Latin American cities. **Transport Policy**, [s. l.], v. 49, p. 176-183, 2016.

PANTELAKI, E.; MAGGI, E.; CROTTI, D. Mobility impact and well-being in later life: a multidisciplinary systematic review. **Research in Transportation Economics**, [s. l.], p. 100975, 2020.

PARTNERING FOR GREEN GROWTH AND THE GLOBAL GOALS 2030 (P4G); THE ZERO EMISSION BUS RAPID-DEPLOYMENT ACCELERATOR (ZEBRA); DALBERG. **Accelerating a market transition in Latin America**: New business models for electric bus deployment. [S. l.]: ZEBRA, Feb. 2020. Disponível em: https://c40.my.salesforce.com/sfc/p/#36000001Enhz/a/1Q000000Mp9R/bErpG_NKI5sYJO7u6DOAkPbiO_4hxdjiWU4hvJFIjss. Acesso em: 10 jul. 2021.

PEDROSO, G. **Avaliação energética, econômica e socioambiental de alternativas para sistemas de transportes urbanos coletivos a partir do modelo de apoio multicritério à decisão**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PEDUZZI, P. COP26: estados buscam investimentos associados a compromisso ambiental. Quatro governadores participaram do debate. **Agência Brasil**, Brasília, 9 nov. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-11/cop26-estados-buscam-investimentos-associados-compromisso-ambiental>. Acesso em: 10 nov. 2021.

PEREIRA, R. C. *et al.* **Mobilidade Urbana Sustentável: Alternativas Energéticas para o Transporte Coletivo Urbano no Município de Campinas/SP**. 2017. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – PUC Campinas, Campinas, 2017.

PESSATO, R. D. **Ônibus elétrico, entre opções de baixo carbono, é o mais indicado para região metropolitana da Grande Florianópolis**. Florianópolis, 21 fev. 2020. Disponível em: <https://observatoriodamobilidadeurbana.ufsc.br/2020/02/21/onibus-eletrico-entre-opcoes-de->

baixo-carbono-e-o-mais-indicado-para-regiao-metropolitana-da-grande-florianopolis/. Acesso em: 3 nov. 2020.

POMPEO, D. A.; ROSSI, L. A.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: etapa inicial do processo de validação de diagnóstico de enfermagem. **Acta paulista de enfermagem**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 434-438, 2009.

PORTAL BOGOTÁ. **La descarbonización en Bogotá también avanza con buses eléctricos**. Bogotá, 2021. Disponível em: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/la-descarbonizacion-en-bogota-tambien-avanza-con-buses-electricos>. Acesso em: 19 jul. 2021.

QUIVY, R.; VAN CAMPENHOUDT, L. **Manual de investigação em ciências sociais**. Lisboa: Gradiva, 1992.

REIS, M. A. S. Mobilidade urbana: um desafio para gestores públicos. 2014. **Cadernos FGV Projetos: Cidades Inteligentes e Mobilidade Urbana**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 24, p.131-140. Disponível em: <http://fgvprojetos.fgv.br/publicacao/cadernos-fgv-projetos-no-24-cidades-inteligentes-e-mobilidade-urbana>. Acesso em: 4 fev. 2020.

ROMERO-LANKAO, P. *et al.* Urban sustainability and resilience: From theory to practice. **Sustainability**, [s. l.], v. 8, n. 12, p. 1224, 2016.

RUPPRECHT, S *et al.* **Guidelines for developing and implementing a sustainable urban Mobility Plan**. 2nd ed. Cologne, Germany: Rupprecht Consult, 2019. Disponível em: Acesso em: https://www.eltis.org/sites/default/files/sump_guidelines_2019_interactive_document_1.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

et al. Understanding Public Transport Ridership in Developing Countries to Promote Sustainable Urban Mobility: A Case Study of Mexicali, Mexico. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 8, p. 3266, 2020.

SÃO PAULO (Município). Gabinete do Prefeito. Lei nº 16.802, de 17 de janeiro de 2018. Dá nova redação ao art. 50 da Lei nº 14.933/2009, que dispõe sobre o uso de fontes motrizes de energia menos poluentes e menos geradoras de gases do efeito estufa na frota de transporte coletivo urbano do Município de São Paulo e dá outras providências. **Diário Oficial [da] Cidade de São Paulo**, São Paulo, 18 jan. 2018. Disponível em: http://diariooficial.imprensaoficial.com.br/doflash/prototipo/2018/Janeiro/18/cidade/pdf/pg_0001.pdf. Acesso em: 21 jan. 2021.

SUMMIT MOBILIDADE URBANA 2021. **Quais cidades já têm ônibus elétricos no Brasil?** [S. l.], 18 maio 2020. Disponível em: <https://summitmobilidade.estadao.com.br/guia-do-transporte-urbano/quais-cidades-ja-tem-onibus-eletricos-no-brasil/>. Acesso em: 19 jul. 2021.

SILVA FILHO, N. G.; RAIÁ JÚNIOR, A. A. A mobilidade urbana e seu caráter sociogeográfico: desmistificando consensos-o caso brasileiro. *In*: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 13., 2013, Porto. **Anais [...]**. Porto: COPEC, 2013. p. 146-151.

SIQUEIRA, E.; PETZHOLD, G.; ALBUQUERQUE, C. Incentivos tributários podem fomentar transição para ônibus elétricos à bateria no Brasil. **WRI Brasil**, São Paulo, 10 maio 2021. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/profile/cristina-albuquerque>
<https://wribrasil.org.br/pt/blog/cidades/incentivos-tributarios-podem-fomentar-transicao-para-onibus-eletricos-bateria-no-brasil#:~:text=Incentivos%20tribut%C3%A1rios%20podem%20fomentar%20transi%C3%A7%C3%A3o%20para%20%C3%B4nibus%20el%C3%A9tricos%20a%20bateria%20no%20Brasil,-por%20Eduardo%20Siqueira&text=Super%C3%A1%20das%20%C3%A9%20um%20passo,qualifica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20servi%C3%A7os%20de%20%C3%B4nibus..> Acesso em: 5 ago 2021.

SOARES, R. C.; MEDEIROS, W. M. de. **Sistema para o transporte público urbano baseado no conceito de smart city**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Tecnologias da Informação e Comunicação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SUSTAINABLE BUS. **Electric bus main fleets and projects around the world**. Milano, 19 magg. 2020. Disponível em: <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/electric-bus-public-transport-main-fleets-projects-around-world/>. Acesso em: nov. 2021.

SUSTAINABLE BUS. **ZEBRA project in Latin America, the goal: shift bus procurement to zero emission**. Milano, 6 Apr. 2020. Disponível em: <https://www.sustainable-bus.com/news/zebra-project-in-latin-america-the-goal-shift-bus-procurement-to-zero-emission/>. Acesso em: 25 maio 2021.

TODORUȚ, A.; CORDOȘ, N.; ICLODEAN, C. Replacing Diesel Buses with Electric Buses for Sustainable Public Transportation and Reduction of CO 2 Emissions. **Polish Journal of Environmental Studies**, Poland, v. 29, n. 5, 2020.

TOPAL, O.; NAKIR, İ. Total cost of ownership based economic analysis of diesel, CNG and electric bus concepts for the public transport in Istanbul City. **Energies**, [s. l.], v. 11, n. 9, p. 2369, 2018.

TOZZI, M.; GUIDA, U.; KNOTE, T. 3iBS: the intelligent, innovative integrated bus systems. *In: TRANSPORT RESEARCH ARENA (TRA) 5TH CONFERENCE: TRANSPORT SOLUTIONS FROM RESEARCH TO DEPLOYMENT*. 5., Paris. **Anais [...]**. Paris: CEDR; ERTRAC; ERRAC; IFSTTAR, 2014.

UNION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS PUBLICS (UITP). **Back to better mobility: manifesto**. Bruxelles, 2020a. Disponível em: <https://s3.eu-west-2.amazonaws.com/uploads-7e3kk3/28686/manifesto.f1c38fe1d6af.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

UNION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS PUBLICS (UITP). **Cities for people: public transport for better lives**. Bruxelles, 2020b. Disponível em: <https://www.uitp.org/publications/cities-for-people-public-transport-for-better-lives/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

UNION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS PUBLICS (UITP). **Ônibus movidos a hidrogênio: melhores práticas e comercialização**. Brussels: UITP, jul. 2020c. Disponível em:

<https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/09/PT-Knowledge-Brief-Fuel-Cell-Buses.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

UNITED NATIONS (UN). Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. [New York], 2015. Disponível em <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acesso em: 18 maio 2021.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. **Journal of Advanced Nursing**, [s. l.], v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005.

WIESENTHAL, T.; CONDEÇO-MELHORADO, A.; LEDUC, G. Innovation in the European transport sector: A review. **Transport Policy**, [s. l.], v. 42, p. 86-93, 2015.

ZIELINSKI, S. Uma ótica inovadora sobre a mobilidade sustentável. **Revista NTU urbano**, Brasília, DF, ano III, n. 16, jul./ago. 2015. Disponível em: <http://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub635757768254141036.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2020.

APÊNDICE A – Roteiro para entrevistas

Todas as questões têm como foco o **sistema de transporte público** da **Região Metropolitana de Florianópolis**, que na sua atual condição utiliza apenas “ônibus” para o transporte de passageiros.

Para facilitar a escrita, usaremos as seguintes siglas no corpo das perguntas:

STP – Sistema de Transporte Público

RMF – Região Metropolitana de Florianópolis.

Questões:

- a) Pelo seu conhecimento, atualmente, quais são as organizações/atores que estão envolvidos no STP da RMF?
- b) Na sua opinião, o que pode ser feito no âmbito do STP que contribua para a torná-lo mais sustentável?
- c) Na sua opinião, o que o STP poderia oferecer como melhoria na qualidade de serviços aos usuários, para que fosse mais atraente do que o uso do carro particular?
- d) Pelo seu conhecimento, atualmente existe algum projeto de investimento no STP no sentido de aproximar a RMF das práticas sustentáveis observadas em outros países?
- e) Existe previsão de mudança no modo operacional atual (novo edital) do STP?
- f) Há alguma exigência de inclusão de ônibus com tecnologias limpas na elaboração do novo edital de licitação para o STP na RMF? Quais seriam essas exigências?
- g) Na sua opinião qual o impacto ambiental* da inclusão de ônibus limpos para o STP da RMF?
- h) Na sua opinião qual o impacto social* da inclusão de ônibus limpos para o STP da RMF?

* Para elucidar melhor as duas últimas questões, seguem exemplos de variáveis sociais e ambientais:

Variáveis sociais:

- Infraestrutura física dos terminais com serviços e conforto
- Consideração da perspectiva do idoso e dos deficientes

- Veículos com segurança (inclusive para evitar contágios de doenças)
- Veículos com conforto e comodidades (wi-fi, ar-condicionado)
- Operações que ofereçam integração de linhas que se conectam com a última milha
- Padrões de fluxo
- Tarifas atraentes.

Variáveis ambientais:

- Não poluição no ar
- Não poluição sonora
- Energia sustentável
- Eficiência em emissões de gás poluente
- Melhor ocupação do espaço.

Questionários enviados para:

1. Prof. Werner Kraus Jr. (UFSC): werner.kraus@ufsc.br
2. Eng. Roberto Oliveira (presidente da Associação Catarinense de Engenharia): rdeoliveirabr@gmail.com
3. Eng. Cassio Taniguchi (ex-superintendente da Suderf e ex-prefeito de Curitiba): cassiotani@terra.com.br
4. Arq. Luana Montero (diretora da Suderf): luana.montero@gmail.com
5. Gustavo Ribeiro (GIZ): gustavo.ribeiro@giz.de
6. Arq. Célio Sztoltz Jr. (ex-diretor da Suderf): celio.sztoltz@gmail.com
7. Adm. Leo Mauro Xavier Filho (presidente do Setuf): mauro.leo@biguacutv.com.br
8. Prof. Amir Mattar Valente (UFSC): amir.valente@ufsc.br
9. Prof. Jorge Destri Junior (UFSC): jorge.destri@labtrans.ufsc.br
10. Prof. Roberto de Oliveira (UFSC): rdeoliveirabr@gmail.com
11. Michel Mittmamm (secretário da mobilidade urbana de Florianópolis): gabinete.smpu@pmf.sc.gov.br

Respondido por:

1. Prof. Werner Kraus Jr (UFSC): werner.kraus@ufsc.br

2. Eng. Cassio Taniguchi (ex-superintendente da Suderf e ex-prefeito de Curitiba): cassiotani@terra.com.br
3. Arq. Célio Sztoltz Jr. (ex-diretor da Suderf): celio.sztoltz@gmail.com
4. Prof. Jorge Destri Junior (UFSC): jorge.destri@labtrans.ufsc.br
5. Prof. Roberto de Oliveira (UFSC): rdeoliveirabr@gmail.com.

As respostas estão exibidas nos quadros a seguir, apresentadas por questões com as conclusões de cada entrevistado:

Entrevistado	PERGUNTA 1
	<i>Pelo seu conhecimento, atualmente, quais são as organizações/atores que estão envolvidos no sistema de transporte público (STP) da Região Metropolitana de Florianópolis (RMF)?</i>
Prof. Werner Kraus	<ul style="list-style-type: none"> • Gov SC: SIE, SUDERF, ADESC; • Órgãos de controle: MPSC, TCE-SC; • Prefeituras da RMF; • SETUF; • UFSC (Obs. Da Mobilidade Urbana)
Cassio Taniguchi	<p><i>O envolvimento é de toda a comunidade metropolitana – em especial os usuários do STP, que tem participado desde a elaboração do PLAMUS – Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Região Metropolitana da Grande Florianópolis, e que contou com o apoio e o financiamento do BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.</i></p> <p><i>Atualmente, os principais atores são:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade, a SUDERF – Superintendência de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis (com quadros praticamente inexistentes!), • UFSC através do Observatório da Mobilidade Urbana Sustentável • FAPESC – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina, • Prefeituras Municipais dos Municípios que compõem a RMF (exceto Florianópolis), • ADESC – Agência Reguladora do Estado de Santa Catarina, • SETUF – Sindicato das Empresas de Transporte Urbano de Florianópolis, • ALESC – Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina,

	<ul style="list-style-type: none"> • COMDES – Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis, • MPSC – Ministério Público do Estado de Santa Catarina, • TCE/SC – Tribunal de Contas do Estado de Santa Catarina • membros do CODERF – OAB-SC, CREA-SC, CAU-SC, SENGE-SC, FIESC, entre outros.
Prof. Roberto de Oliveira	<ul style="list-style-type: none"> • empresas de ônibus pelo lado operacional e • as prefeituras • SUDERF.
Jorge Destri e equipe de mobilidade do LabTrans	<ul style="list-style-type: none"> • PMF, por meio da Secretaria Municipal de Mobilidade e Planejamento Urbano, • Demais Governos Municipais abrangidos pela área de operação (São José, Biguaçu, Palhoça, Gov. Celso Ramos, Santo Amaro da Imperatriz), • Governo do Estado de Santa Catarina por meio da SIE, a COTISA – empresa concessionária dos terminais de integração de Florianópolis • O consórcio operador em Florianópolis (Consórcio Fênix) e as empresas operadoras do transporte coletivo intermunicipal da Grande Florianópolis e as operadoras dos sistemas locais dos municípios que os possuem.
Célio Sztoltz	<ul style="list-style-type: none"> • Governo do Estado, SUDERF/SC, • Prefeituras dos 9 municípios da RMF, • SETUF, • atuais empresas operadores de ônibus na RMF, • ALESC, Câmaras Municipais/Vereadores dos 9 municípios da RMF, Grande Fpolis.

Entrevistado	Pergunta 2
	<p><i>Na sua opinião, o que pode ser feito no âmbito do STP que contribua para a torná-lo mais sustentável?</i></p>
Prof. Werner Kraus	<p><i>O STP já é mais sustentável do que a alternativa, isto é, transporte individual motorizado. Assim, não haveria necessidade de ser “mais” sustentável; a mobilidade regional, esta sim, seria mais sustentável se houvesse a migração modal do automóvel e da motocicleta em direção ao STP.</i></p>
Cassio Taniguchi	<p><i>A racionalização de itinerários e a criação de linhas troncais conduzem a uma redução da frota de ônibus, hoje em uso para o atendimento dos passageiros.</i></p> <p><i>Além disso, prevê-se o uso de veículos EURO VII (ou a última versão), preferencialmente operando com sistemas híbridos e, gradualmente, passando a operar com energia elétrica.</i></p> <p><i>Foi formalizado acordo de cooperação técnica com a GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) da Alemanha para a elaboração de estudos e proposições visando à redução da emissão de gases que causam o efeito estufa no modal ônibus, estimulando a transformação gradual da frota de veículos movidos a diesel para energia elétrica.</i></p> <p><i>O projeto de implantação do BRT previa a utilização de construção sustentáveis (reuso de água de chuva, ventilação cruzada para reduzir o uso de ar-condicionado, iluminação LED etc.) para os Terminais e Estações de Integração, bem como o uso de painéis solares e de sistemas eólicos onde essa opção fosse possível.</i></p>
Prof. Roberto de Oliveira	<p>A dependência imensa do Desenho Urbano do STP — implicando nos Planos Diretores de todos os municípios envolvidos — remete às discussões da necessidade imperiosa de umentar a densidade demográfica e diversidade de usos (uso misto).</p>
Jorge Destri e equipe de mobilidade do LabTrans	<p>O transporte coletivo urbano apresenta sua maior contribuição para a sustentabilidade nos deslocamentos a partir da atração de usuários dos modos motorizados privados.</p> <p>Um ônibus, qualquer que seja a matriz energética, emite significativamente menos poluentes que um conjunto de automóveis privados.</p> <p>Para isso, é necessário prover oferta, qualidade, confiabilidade e acessibilidade urbana.</p>
Célio Sztoltz	<ol style="list-style-type: none"> I. Integração físico-tarifária do sistema na região dos 9 municípios II. Reestruturação e aprimoramento da rede de linhas de ônibus, modelo tarifário e gestão do sistema III. Modo de financiamento do sistema que não dependa exclusivamente das tarifas para uso do ônibus IV. Modernização dos contratos de concessão V. Implementação de veículos menos poluentes

Entrevistado	Pergunta 3
Prof. Werner Kraus	Sem resposta
Cassio Taniguchi	<p style="text-align: center;"><i>Na sua opinião, o que o STP poderia oferecer como melhoria na qualidade de serviços aos usuários, para que fosse mais atraente do que o uso do carro particular?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>A qualidade de serviço – consubstanciada hoje em dia através do conceito maas – Mobility as a Service – será caracterizada pela rapidez de deslocamento no SPT;</i> • <i>Cumprimento rigoroso dos horários (com aplicativos inteligentes),</i> • <i>A disponibilidade de ITS (Intelligent Transport System),</i> • <i>Supervisão em real time por CCO,</i> • <i>Competitividade em relação ao transporte individual,</i> • <i>Mais opções de deslocamento e de integração modal incluindo first&last miles,</i> • <i>Bilhetagem por degraus tarifários integrada e inteligente,</i> • <i>Transporte público por demanda,</i> • <i>Wifi nos veículos e nos Terminais e Estações,</i> • <i>Maior conforto aos passageiros em função de design interno e externo, tarifas acessíveis a todos,</i> • <i>Segurança por aplicativos,</i> • <i>Ar condicionado nos veículos,</i> • <i>Menor nível de ruído no sistema,</i> • <i>Além da acessibilidade integral (cf. Legislação em vigor).</i>
Prof. Roberto de Oliveira	Plano Diretor e ao PDUI.
Jorge Destri e equipe de mobilidade do LabTrans	<p>A questão central é que a grande maioria dos deslocamentos podem ser realizados por meio do transporte coletivo, e hoje são realizados por modos privados (especialmente o individual motorizado).</p> <p>Isso se dá por uma série de fatores: custo, tempo de viagem, dificuldade de acesso a informações, pouca frequência, itinerários insuficientes, difícil integração, veículos sem conforto/segurança...</p> <p>Para promover atração dessas viagens, em primeiro lugar, deve-se deixar de priorizar os modos individuais motorizados, seja na oferta de infraestrutura, seja no seu financiamento.</p> <p>Para além disso, investir em tecnologia, informação ao usuário, conforto, segurança, confiabilidade, frequência, itinerários que garantam a acessibilidade estão entre medidas a serem adotadas para atração de demanda.</p>
Célio Sztoltz	<p>Facilidade de acesso à informação sobre viagens, redução dos tempos de viagem considerando o percurso completo (ponto de origem e destino, não somente trajeto feito por ônibus), implementação de faixas exclusivas para ônibus, melhoria no conforto dos veículos.</p>

	Pergunta 4
Entrevistado	<i>Pelo seu conhecimento, atualmente existe algum projeto de investimento no STP no sentido de aproximar a RMF das práticas sustentáveis observadas em outros países?</i>
Prof. Werner Kraus	<i>Tempo de viagem reduzido. Para tanto, é necessário implantar faixas exclusivas para ônibus em toda a RMF.</i>
Cassio Taniguchi	<i>Existe a possibilidade de implantação gradual do SIM – Sistema Integrado de Transporte Metropolitano, em estudos na Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade, ainda sem uma definição clara de prazos, onde as práticas sustentáveis terão absoluta prioridade, conforme já havia sido previsto nas diretrizes originais da PPP modelada nos anos 2016/2018.</i>
Prof. Roberto de Oliveira	PLAMUS
Jorge Destri e equipe de mobilidade do LabTrans	Projetos existem vários.
Célio Sztoltz	A origem do projeto de reestruturação do STP da RMF (PLAMUS) e algumas consultorias adicionais realizadas entre 2017 e 2018 (GIZ) certamente contribuíram para isso.

	Pergunta 5
Entrevistado	<i>Existe previsão de mudança no modo operacional atual (novo edital) do STP?</i>
Prof. Werner Kraus	<i>Sim, a nova rede proposta pode ser vista em: https://onibusrmf.org</i>
Cassio Taniguchi	<i>Sim. A nova rede de transporte público metropolitano já tinha uma minuta dos novos termos de concessão, porém foi descartada pela administração estadual em 2018.</i> <i>Com a nova configuração proposta e os problemas decorrentes da violenta queda na demanda de passageiros em função da pandemia, um novo edital de concorrência pública deverá se materializar somente a partir de 2023.</i> <i>O Projeto Operacional está sendo atualizado através de convênio entre FAPESC e a UFSC (Observatório da Mobilidade Urbana), visando a uma reformulação total da rede hoje operando na RMF.</i>
Prof. Roberto de Oliveira	Desconheço

Jorge Destri e equipe de mobilidade do LabTrans	É necessário o desenho de um sistema que seja integrado e atenda a essas demandas, por isso se torna necessária a reconfiguração do modelo operacional existente para licitação, dado que atualmente ele opera desintegrado com os sistemas municipais e muitas vezes até sobreposto.
Célio Sztoltz	Não estou atualizado sobre esse assunto.

Entrevistado	Pergunta 6
Prof. Werner Kraus	<i>A tendência é haver exigência de pequena frota piloto para inserção em caráter experimental.</i>
Cassio Taniguchi	<i>No Edital de Concorrência Pública de 2018 já havia a exigência de que os veículos incorporassem gradualmente novas fontes de energia (limpa). No entanto essa exigência era mais ampla na modelagem da PPP do BRT em que se exigiam tecnologias sustentáveis em todo o sistema.</i>
Prof. Roberto de Oliveira	Tração elétrica, os editais devem privilegiar gestão da frota (qualidade em geral dos serviços técnicos e orientação aos passageiros).
Jorge Destri e equipe de mobilidade do LabTrans	A concessão do sistema de Florianópolis está em vigor, sem essa exigência. Sobre o sistema intermunicipal (SIE), não tenho conhecimento se foram oficialmente apresentados os termos da concessão, até o momento.
Célio Sztoltz	Até o início de 2019 existia a exigência, mas não conheço a situação atual da minuta do edital e dos contratos de concessão.

Entrevistados	Pergunta 7
Prof. Werner Kraus	<i>Redução de emissões no local da operação, porém difícil mensurar reduções na geração da energia a ser usada pelos veículos. Redução da poluição sonora.</i>

Cassio Taniguchi	<p><i>A GIZ efetuou cálculos sobre o impacto ambiental em termos qualitativos e quantitativos nos estudos que foram desenvolvidos através do acordo de cooperação técnica,</i></p> <p><i>Os itens principais seriam a redução dos tempos de viagem, a implantação de degraus tarifários, nova frota de veículos mais modernos e atualizados, menor emissão de gases, utilização de novas fontes de energia em substituição ao diesel etc.</i></p> <p><i>Sugiro consultar a SUDERF que acompanhou estes estudos.</i></p>
Prof. Roberto de Oliveira	Positivo, mais o maior e mais relevante dos impactos, neste caso cumulativo mas de muito maior relevância, serão as duas medidas básicas acima, que devo repetir à exaustão: aumentar a densidade demográfica e diversidade de usos (uso misto)
Jorge Destri e equipe de mobilidade do LabTrans	Qualquer matriz energética com menores reduções de emissões contribui para redução do impacto ambiental urbano.
Célio Sztoltz	O impacto ambiental será positivo, não só pela redução direta de gases poluentes, mas também devido ao aumento de atratividade do sistema e conseqüente aumento no número de passageiros.

	Pergunta 8
Entrevistado	<i>Na sua opinião qual o impacto Social* da inclusão de ônibus limpos para o STP da RMF?</i>
Prof. Werner Kraus	<i>Conforto para o usuário; melhor condição de trabalho para motoristas e cobradores; atratividade geral do sistema (ganho de imagem); força simbólica de política pública moderna.</i>
Cassio Taniguchi	<i>Na nova modelagem da PPP do BRT esses elementos deverão ser quantificados em função dos projetos funcionais: em especial a redução do tempo de viagem e a adoção de novos modais menos poluentes.</i> <i>Deverá ser exigida a avaliação dos impactos socioambientais e econômico-financeiros e o cálculo dos respectivos índices de benefício-custos na modelagem da nova concessão do STP.</i>
Prof. Roberto de Oliveira	Sem resposta
Jorge Destri e equipe de mobilidade do LabTrans	Vantagens de conforto sonoro, redução de trepidações... Passam uma imagem de modernidade e eficiência dos sistemas
Célio Sztoltz	Oferecer veículos mais confortáveis e seguros para a população transmite-se a mensagem de que o governo está buscando oferecer melhores serviços. Como a maior parte dos usuários do sistema são de renda baixa, o impacto acaba sendo ainda maior.

