



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E  
GESTÃO TERRITORIAL - PPGTG

Haidi Rauber Martendal

**Sistemas de transportes inteligentes e sua relação com a mobilidade urbana sustentável:**  
Proposta de *framework* para cidades brasileiras

Florianópolis  
2023

Haidi Rauber Martendal

**Sistemas de transportes inteligentes e sua relação com a mobilidade urbana sustentável:**

Proposta de *framework* para cidades brasileiras

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

Orientador: Prof. Eduardo Lobo, Dr.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Martendal, Haidi Rauber

Sistemas de transportes inteligentes e sua relação com a mobilidade urbana sustentável : Proposta de framework para cidades brasileiras / Haidi Rauber Martendal ; orientador, Eduardo Lobo, 2023.

135 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Sistemas de Transportes. 3. Sistemas de Transportes Inteligentes. 4. Mobilidade Urbana Sustentável. 5. Aplicações tecnológicas. I. Lobo, Eduardo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

Haidi Rauber Martendal

**Sistemas de transportes inteligentes e sua relação com a mobilidade urbana sustentável:**

Proposta de *framework* para cidades brasileiras

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

Prof. Arnaldo Debatin Neto, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Cristine do Nascimento Mutti, Ph. D.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Bernardo Meyer, Dr

Universidade Federal de Santa Catarina

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 obtido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof. Eduardo Lobo, Dr.

Orientador

Florianópolis, 24 de Fevereiro de 2023.

Este trabalho é dedicado ao meu amor, Daniel, pelo apoio incondicional e aos meus filhos, pela compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Eduardo Lobo, de modo especial, que orientou e acompanhou todas as etapas desse trabalho, sempre disponível para ajudar, prestando valiosas críticas e recomendações.

Aos demais professores do PPGTG que tive a oportunidade de conhecer e com quem tive grandes aprendizados.

Aos membros da Banca Examinadora, por concordarem em participar e contribuir para que este trabalho se torne melhor.

A Universidade Federal de Santa Catarina, universidade pública, gratuita e de qualidade, que proporcionou toda a estrutura.

Aos colegas de turma pela parceria em sala de aula e pelas amizades que levo para a vida.

A FAPESC, pelo apoio financeiro e incentivo às pesquisas que são realizadas em favor da sociedade.

Aos meus filhos, pela compreensão da minha ausência e aos meus pais, por todo o suporte e cuidado com os meus pequenos Rafael e Sarah.

Ao meu amado marido Daniel, pelas revisões de textos e contribuições neste trabalho, pelo amor, apoio incondicional e todo o suporte.

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia”  
(COLLIER, Robert)

## RESUMO

Os Sistemas de Transportes Inteligentes vem empregando diversas aplicações e ferramentas com base nas Tecnologias de Informação e Comunicação para melhorar a mobilidade dentro das cidades. Da mesma forma, tem-se a preocupação em fomentar a mobilidade urbana de forma sustentável. Com o objetivo de propor um *framework* de apoio à mobilidade urbana sustentável, buscou-se identificar os conceitos relacionados aos Sistemas de Transportes Inteligentes, analisar os elementos contemporâneos que definem a mobilidade urbana sustentável, avaliar aplicações tecnológicas utilizadas em cidades voltadas à mobilidade urbana sustentável verificar possível convergência entre STI e mobilidade urbana sustentável. Por meio do método hipotético-dedutivo são relacionados oito pressupostos que convergem a uma hipótese. O que se busca responder principalmente é se a utilização de STI com foco em mobilidade urbana pode melhorar a qualidade dos serviços de transporte de forma geral. Destaca-se como maior contribuição o *framework* em si, o qual tem três dimensões e busca relacionar STI, mobilidade urbana sustentável e os desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras.

**Palavras-chave:** Sistemas de Transportes; Sistemas de Transportes Inteligentes; Mobilidade Urbana Sustentável; Aplicações tecnológicas.

## ABSTRACT

Intelligent transportation systems have been incorporating many tools based on the information and communication technologies to improve mobility into the cities scenario. In this sense, it can be observed public policies to promote urban mobility in a sustainable way. Therefore, in this work it is proposed a framework to support sustainable urban mobility. At first, concepts related to ITS are identified, then, contemporary elements which define sustainable mobility are addressed. After that, technological innovation applied to cities, focused on urban mobility are evaluated. The possible convergence between ITS and sustainable urban mobility is also verified. Through the use of the hypothetical-deductive method there are eight assumptions which drive to a hypothesis. The main question to be solved is related to the use of ITS focused on urban mobility and its possibility to improve the quality of the transportation services in a general form. The contribution of this work is the framework itself, which presents three dimensions and the relationship between ITS and sustainable urban mobility, considering the challenges faced by Brazilian cities.

**Keywords:** Transportation Systems; Intelligent Transportation Systems; Sustainable Urban Mobility; Technological applications.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Domínios de serviço .....	27
Figura 2 - Informações ao viajante .....	28
Figura 3 - Operações e gerenciamento de tráfego – Parte 1 .....	29
Figura 4 - Operações e gerenciamento de tráfego – Parte 2 .....	30
Figura 5 - Transporte Público .....	31
Figura 6 - Pagamento eletrônico relacionado ao transporte .....	32
Figura 7 - Gerenciamento dos dados de STI .....	33
Figura 8- Ciclo de Deming .....	42
Figura 9 - Emissões de CO <sub>2</sub> por setor.....	44
Figura 10 - Emissões de CO <sub>2</sub> por modo de transporte .....	45
Figura 11 – Configuração sociotécnica dos sistemas de mobilidade urbana .....	47
Figura 12 – Placa de informação na cidade russa de Belgorod. ....	52
Figura 13 - Cubo do COBIT.....	63
Figura 14 - Localização de Hannover.....	65
Figura 15 - Mapa de zonas tarifárias de Hannover.....	68
Figura 16 - Localização de Helsinki.....	71
Figura 17 - Localização de Londres .....	75
Figura 18- Melhorias em transporte de Londres .....	77
Figura 19 - Localização de Viena.....	79
Figura 20 - Localização de Curitiba .....	83
Figura 21 - Estação tubo em Curitiba.....	84
Figura 22 - Composição da Frota .....	86
Figura 23 - Localização do Rio de Janeiro .....	89
Figura 24 - Sistema de informação aos usuários nos pontos de parada .....	91
Figura 25 - Redução no tempo médio de viagens nos corredores BRS .....	93
Figura 26 - Localização de São Paulo .....	95
Figura 27 - Elementos de Controle.....	97
Figura 28 - Modelo de framework proposto.....	106

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conceitos relacionados ao funcionamento de STI .....	36
Quadro 2 - Classificação quanto aos meios e técnicas da pesquisa.....	61
Quadro 3 - Aplicações de mobilidade do Rio de Janeiro .....	90
Quadro 4 – Aspectos relacionados aos sistemas inteligentes de transportes, à mobilidade urbana sustentável e os desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras. ....	105
Quadro 5 - Exemplos de segurança pessoal relacionada ao transporte rodoviário .....	120

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Emissão de poluentes por modo de transportes em municípios com mais de 60 mil habitantes.....	43
Tabela 2 – Teste dos indicadores.....	110

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AFMS Sistemas de Gestão de Estacionamento para Veículos  
API Interface de Programação de Aplicações  
AMSS Sistemas de Dispositivos Móveis de Viagem  
ASFINAG Empresa Pública Austríaca de Pedágio  
ATIS Sistemas de Informação para Passageiros  
ATMS Sistemas de Gestão de Tráfego  
AVCS Sistemas para Gerenciamento de Veículos  
AVLS Sistemas Automáticos de Localização de Veículos  
BRS Serviço de Ônibus Rápido  
BRT Ônibus de Trânsito Rápido  
CCO Centro de Controle Operacional  
CAC Central de Atendimento ao Cliente  
CFTV Circuitos Fechados de TV  
COBIT Control Objectives for Information and Related Technology  
COMEC Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba  
CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CPTM Companhia Paulista de Trens Metropolitanos  
EMPTU Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo  
ERTMS Sistema Europeu de Gestão do Tráfego Ferroviário  
ETCS Sistema de Controle de Trens da Europa  
GIP Plataforma de Integração Gráfica  
GIS Sistemas de Informações Geográficas  
GPS Sistema de Posicionamento Global  
GTFS Especificação Geral de *Feed* de Trânsito  
GVH Grande Tráfego de Hannover  
HSL Transporte Regional de Helsinki  
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IOT Internet das Coisas  
ITS Intelligent Transportation Systems  
MMA Ministério do Meio Ambiente

MAAS Mobilidade como um Serviço  
NMCC Centro de Controle e Gerenciamento de Rede  
NWSIB-NI Banco de Informações Rodoviárias da Baixa Saxônia  
OBB Ferrovias Federais Austríacas  
OGD Dados Governamentais Abertos  
PMV Painel de Mensagem Variável  
PROCONVE Programa de Controle da Poluição Veicular  
RIS Serviço de Informação Fluvial  
RIT Rede Integrada de Transporte  
RTO Reserva Técnica Operacional  
SBE Sistemas de Bilhetagem Eletrônica  
SIM Sistema Integrado de Mobilidade  
STI Sistemas de Transporte Inteligentes  
RIS Serviço de Informação Fluvial  
TI Tecnologia da Informação  
TfL Transport for London  
TIC Tecnologia de Informação e Comunicação  
ULEZ Zona de Emissão Ultra Baixa  
URBS Urbanização de Curitiba  
ÜSTRA Empresa de Transporte Público de Hannover  
VOR Associação de Transporte da Zona Leste  
VTMIS Sistema de Monitoramento e Informação de Tráfego de Embarcados

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.	15
1.2	OBJETIVOS .....	17
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>18</b>
1.3	PRESSUPOSTOS DE PESQUISA A SEREM TESTADOS POR MEIO DO MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO.....	18
1.4	JUSTIFICATIVA .....	19
<b>1.4.1</b>	<b>Quanto à originalidade.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Quanto à relevância .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.3</b>	<b>Quanto à viabilidade .....</b>	<b>20</b>
1.5	ESTRUTURA, ESCOPO E LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	20
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>22</b>
2.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO .....	22
2.2	SOBRE OS SISTEMAS DE TRANSPORTES INTELIGENTES .....	22
<b>2.2.1</b>	<b>Arquitetura dos Sistemas .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Gestão de STI .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Big Data</i> em STI.....</b>	<b>38</b>
2.3	MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL.....	38
<b>2.3.1</b>	<b>Mobilidade.....</b>	<b>38</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Mobilidade Urbana e políticas públicas .....</b>	<b>39</b>
<i>2.3.2.1</i>	<i>Qualidade e mobilidade urbana .....</i>	<i>41</i>
<b>2.3.3</b>	<b>Sustentabilidade.....</b>	<b>43</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Mobilidade Urbana Sustentável no Brasil.....</b>	<b>45</b>
2.4	MOBILIDADE EM OUTROS PAÍSES.....	49

<b>2.4.1</b>	<b>Comparativo entre Estados Unidos e Europa.....</b>	<b>53</b>
2.5	IMPACTOS DA PANDEMIA DA COVID-19 .....	55
<b>2.5.1</b>	<b>Paradoxo Covid-19 .....</b>	<b>56</b>
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	56
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>58</b>
3.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO .....	58
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	58
<b>3.2.1</b>	<b>Hipótese .....</b>	<b>58</b>
3.3	SOBRE OS MEIOS E TÉCNICAS UTILIZADOS NESTA PESQUISA .....	59
3.4	MODELO COBIT .....	61
3.5	FECHAMENTO DO CAPÍTULO .....	63
<b>4</b>	<b>ESTADO DA PRÁTICA SOBRE AS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS</b>	
	<b>VOLTADAS À MOBILIDADE .....</b>	<b>64</b>
4.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO .....	64
4.2	APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS NO MUNDO VOLTADAS À MOBILIDADE	
	URBANA SUSTENTÁVEL .....	64
<b>4.2.1</b>	<b>Hannover .....</b>	<b>64</b>
4.2.1.1	<i>Informações ao viajante .....</i>	65
4.2.1.2	<i>Operações e gerenciamento de tráfego .....</i>	66
4.2.1.3	<i>Transporte público .....</i>	67
4.2.1.4	<i>Pagamento eletrônico relacionado ao transporte.....</i>	69
4.2.1.5	<i>Gerenciamento dos dados de STI .....</i>	70
<b>4.2.2</b>	<b>Helsinki.....</b>	<b>70</b>
4.2.2.1	<i>Informações ao viajante .....</i>	71
4.2.2.2	<i>Operações e gerenciamento de tráfego .....</i>	72
4.2.2.3	<i>Transporte público .....</i>	72
4.2.2.4	<i>Pagamento eletrônico relacionado ao transporte.....</i>	73

4.2.2.5	<i>Gerenciamento dos dados de STI</i> .....	74
<b>4.2.3</b>	<b>Londres</b> .....	<b>74</b>
4.2.3.1	<i>Informações ao viajante</i> .....	75
4.2.3.2	<i>Operações e gerenciamento de tráfego</i> .....	75
4.2.3.3	<i>Transporte público</i> .....	76
4.2.3.4	<i>Pagamento eletrônico relacionado ao transporte</i> .....	77
4.2.3.5	<i>Gerenciamento dos dados de STI</i> .....	78
<b>4.2.4</b>	<b>Viena</b> .....	<b>79</b>
4.2.4.1	<i>Informações ao viajante</i> .....	79
4.2.4.2	<i>Operações e gerenciamento de tráfego</i> .....	80
4.2.4.3	<i>Transporte público</i> .....	80
4.2.4.4	<i>Pagamento eletrônico relacionado ao transporte</i> .....	81
4.2.4.5	<i>Gerenciamento dos dados de STI</i> .....	81
4.3	APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS EM USO NO BRASIL VOLTADAS À MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL.....	82
<b>4.3.1</b>	<b>Curitiba</b> .....	<b>82</b>
4.3.1.1	<i>Informações ao viajante</i> .....	83
4.3.1.2	<i>Operações e gerenciamento de tráfego</i> .....	84
4.3.1.3	<i>Transporte público</i> .....	84
4.3.1.4	<i>Pagamento eletrônico relacionado ao transporte</i> .....	87
4.3.1.5	<i>Gerenciamento dos dados de STI</i> .....	87
<b>4.3.2</b>	<b>Rio de Janeiro</b> .....	<b>88</b>
4.3.2.1	<i>Informações ao viajante</i> .....	89
4.3.2.2	<i>Operações e gerenciamento de tráfego</i> .....	91
4.3.2.3	<i>Transporte público</i> .....	92
4.3.2.4	<i>Pagamento eletrônico relacionado ao transporte</i> .....	93
4.3.2.5	<i>Gerenciamento dos dados de STI</i> .....	94

<b>4.3.3</b>	<b>São Paulo .....</b>	<b>94</b>
4.3.3.1	<i>Informações ao viajante .....</i>	95
4.3.3.2	<i>Operações e gerenciamento de tráfego .....</i>	96
4.3.3.3	<i>Transporte público .....</i>	97
4.3.3.4	<i>Pagamento eletrônico relacionado ao transporte.....</i>	98
4.3.3.5	<i>Gerenciamento dos dados de STI .....</i>	99
4.4	<b>CONVERGÊNCIA ENTRE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL .....</b>	<b>100</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Convergência.....</b>	<b>100</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Relação entre STI e mobilidade urbana sustentável .....</b>	<b>102</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Fechamento do capítulo .....</b>	<b>103</b>
<b>5</b>	<b>APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS VOLTADAS À MOBILIDADE.....</b>	<b>104</b>
5.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO .....	104
5.2	PROPOSTA DE APLICAÇÃO VOLTADA À MOBILIDADE URBANA PARA AS CIDADES BRASILEIRAS .....	104
<b>5.2.1</b>	<b>Aspectos relacionados aos Sistemas Inteligentes de Transportes .....</b>	<b>107</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Aspectos relacionados à mobilidade urbana sustentável .....</b>	<b>107</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Aspectos relacionados aos desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras .....</b>	<b>108</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Índices de indicadores .....</b>	<b>109</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>112</b>
6.1	PRESSUPOSTOS DE PESQUISA A SEREM TESTADOS POR MEIO DO MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO.....	114
6.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	123
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>124</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Há mais de sessenta anos atrás predominavam as modalidades públicas coletivas no deslocamento na maioria das cidades, destacando-se os sistemas de trilhos, especialmente os bondes elétricos, como também os deslocamentos através de transporte não motorizado, já que o transporte ocorria em cidades menores e ainda não havia intensidade de transporte motorizado individual (CARVALHO, 2016).

Os deslocamentos motorizados individuais ganharam força nas grandes cidades brasileiras com o avanço da indústria automotiva no Brasil, diminuindo assim os deslocamentos coletivos públicos. Houve uma forte redução dos sistemas sobre trilhos e a extinção dos sistemas de bondes elétricos nas principais cidades brasileiras. Assim, esse processo deixou de ter sistemas de transporte urbano que privilegiam os deslocamentos coletivos públicos, eletrificados e/ou sobre trilhos e passou a utilizar sistemas que privilegiam sistemas individuais, rodoviários e dependentes de combustível fóssil, impactando negativamente do ponto de vista da sustentabilidade. (CARVALHO, 2016).

No Brasil, no período de 2001 a 2020, houve um aumento em 331% na frota de veículos individuais motorizados (PEREIRA et al., 2021).

Na medida em que se tem um aumento do transporte individual motorizado, também crescem os congestionamentos urbanos, a poluição provocada pelos veículos e os acidentes de trânsito, o que acaba degradando as condições de mobilidade da população (CARVALHO, 2016).

Especialmente ao longo do ano de 2020, intensificou-se a queda do número de passageiros do transporte público pela crise econômica e saúde pública, gerada pela pandemia do Corona vírus. Tal crise acentuou a perda de passageiros e elevou as tarifas de transporte público e, assim, aumentou a substituição do transporte coletivo pelo individual (PEREIRA et al., 2021).

Nesse contexto, surgem as opções de apoio à infraestrutura a um transporte público eficiente e atendimento ao incremento da demanda por mobilidade. Os *Intelligent Transportation Systems - ITS* (Sistemas de Transporte Inteligentes - STI), são uma dessas opções (BOCCARDO; ARNEODO; BOTTA, 2017).

O grupo de tecnologias, representadas pelos STI, podem melhorar o transporte público e a própria gestão do sistema de transporte, incluídas as decisões individuais ligadas aos vários aspectos da viagem. Com o objetivo de melhorar a eficiência, a segurança e a conveniência do transporte sobre solo incluem-se, nas tecnologias STI, comunicação sem fio e eletrônica e automação de última geração (SHAHEEN; FINSON, 2016).

Segundo Neamtu e Titu (2021), em quase todos os campos da atividade da vida humana, há tecnologia e equipamentos de computação, e o campo dos transportes não é exceção.

No segmento de transportes, seja na gestão, informações de tráfego aos usuários ou outras aplicações, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), tem-se destacado pelas novas tecnologias em diversos segmentos do mercado (NASIR et al., 2014).

Os STI empregam uma ampla e variada gama de serviços, técnicas, aplicações e ferramentas derivadas de comunicações e tecnologia da informação. Eles são capazes de fornecer dados importantes no que se refere à eficiência operacional de todo o sistema de transporte, qualidade dos serviços, gestão de infraestrutura, melhoria da segurança viária e diminuição do impacto ambiental, além de trazer informações e dados relevantes aos gestores, operadores, passageiros e motoristas (NEAMȚU; ȚÎȚU, 2021).

Lyons (2018) aponta que a era digital traz possibilidades tecnológicas baseadas em uma conectividade eletrônica cada vez mais refinada de pessoas, lugares e objetos, juntamente com capacidade de coleta e processamento de dados. Novas formas de propulsão; novas formas de controle de veículos; mudanças de modelo de negócios de propriedade e uso; tecnologias móveis que equipam os indivíduos; e a possibilidade de exercer atividades sem precisar sair do lugar.

As questões referentes à mobilidade importam cada vez mais e serviços de mobilidade em áreas urbanas, especialmente em áreas densamente povoadas que continuam a aumentar de forma contínua. Assim, os cidadãos exigem um sistema mais flexível, confiável, facilmente acessível, multimodal e de forma mais personalizada (SAMPSON et al., 2019).

Acrescenta-se que as tecnologias STI desempenham um papel significativo na produção da sustentabilidade ambiental e na economia de eficiência energética, através da redução do consumo de energia no sistema de transporte automotivo e rodoviário para uma variedade de aplicações (NASIR et al., 2014).

No que tange a sustentabilidade, Carvalho (2016) explica que precisa haver uma preocupação em aumentar o transporte público coletivo, bem como o transporte não

motorizado, pois modos de transporte coletivo apresentam gastos de energia e emissões de poluentes per capita muito menores. Se comparado ao metrô, o ônibus emite 4,6 vezes mais de CO<sub>2</sub> por passageiro, enquanto que uma motocicleta esse valor é de 20,3 vezes e um automóvel 36,1 vezes mais do que o metrô. Assim, deve-se buscar tecnologias menos poluentes e compatíveis com a demanda prevista.

Segundo Carvalho (2016), a mobilidade urbana sustentável envolve a promoção do equilíbrio entre a satisfação das necessidades humanas com a proteção do ambiente natural, onde as necessidades humanas se referem à compatibilização entre as demandas da população e a oferta disponível com regularidade e estabilidade de bens e serviços ao longo do tempo. Ainda, assim como o desenvolvimento sustentável é considerado nas três principais dimensões – econômica, social e ambiental – o mesmo pode ser relacionado aos sistemas de mobilidade.

Para melhor compreensão das possíveis relações entre STI e mobilidade urbana sustentável, buscou-se incorporar um modelo COBIT para propor um framework. Ao longo deste trabalho as características do COBIT são melhor exploradas.

Segundo Silva (2011), os *frameworks* promovem agilidade e padronização ao desenvolvimento, ou seja, um *framework*, por facilitar a visualização dos indicadores e elementos, economiza tempo e auxilia no desenvolvimento de aplicações mais sólidas e seguras, permitindo o seu desenvolvimento rápido e reduzindo a quantidade de repetições de códigos.

Para Mezzari, (2018), o *framework* objetiva auxiliar no processo de desenvolvimento, contemplando ferramentas comuns em aplicativos e abstraindo dezenas de rotinas.

Nesse contexto, chega-se à pergunta de pesquisa que irá nortear o desenvolvimento deste trabalho: **Como as possíveis relações entre os elementos dos STI e a mobilidade urbana sustentável?**

Através da pergunta de pesquisa, chega-se aos objetivos expostos a seguir.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Propor um *framework* de apoio à mobilidade urbana sustentável.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Para auxiliar no alcance do objetivo geral, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

Identificar os conceitos relacionados aos Sistemas de Transportes Inteligentes;

Analisar os elementos contemporâneos que definem a mobilidade urbana sustentável;

Avaliar aplicações tecnológicas utilizadas em cidades voltadas à mobilidade urbana sustentável;

Verificar possível convergência entre STI e mobilidade urbana sustentável.

### 1.3 PRESSUPOSTOS DE PESQUISA A SEREM TESTADOS POR MEIO DO MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

Neste trabalho optou-se pela utilização do método hipotético-dedutivo, cujos pressupostos e hipóteses relacionadas a seguir serão validadas após o diagnóstico, a fim de auxiliar na compreensão de possíveis relações entre STI e mobilidade urbana sustentável.

Pressupostos:

- 1) Os conceitos relacionados aos STI são mais aplicáveis a centros urbanos;
- 2) Os STI estão em fase inicial dentro das grandes cidades brasileiras;
- 3) Para obter uma mobilidade urbana sustentável são imprescindíveis incentivos públicos;
- 4) Cidades com aplicações de sistemas inteligentes voltados ao transporte são cidades com mobilidade urbana mais sustentável;
- 5) A implementação de STI pode ser obtida a partir de políticas públicas específicas;
- 6) Para uma implementação de STI em cidades brasileiras é necessária uma mudança comportamental;
- 7) Com a utilização de STI, a segurança pública e o monitoramento tornam-se mais eficazes nos centros urbanos;
- 8) Todos os ganhos obtidos na utilização de STI resultam em mobilidade urbana sustentável.

Hipótese:

A utilização de STI com foco em mobilidade urbana pode melhorar a qualidade dos serviços de transporte de forma geral.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

### 1.4.1 Quanto à originalidade

Ambrosino et al. (2016), defendem que para aumentar a qualidade dos serviços de ônibus e aumentar a eficiência dos novos esquemas de mobilidade emergentes são necessárias medidas inovadoras.

Para reduzir os efeitos das viagens de veículos particulares e melhorar a sustentabilidade das cidades, Butler et al. (2020) consideram que a mobilidade inteligente tem tido um crescente interesse da literatura acadêmica conforme os pesquisadores procuram maneiras de usar inovações mais recentes em transportes.

De acordo com Chen et al. (2017), em muitas cidades estão começando a acontecer investimentos em Sistemas de Transporte Inteligentes (STI) no contexto de iniciativas em cidades inteligentes. Tais investimentos se justificam pela redução de emissões e eficiência energética, gerando economia de energia.

Com o avanço na tecnologia dos *smartphones* e a popularização do acesso à *internet* móvel, diversos aplicativos de transporte foram lançados e se tornaram parte do cotidiano da população (HORPEDAHL, 2015). Apesar dos avanços nos STI, ainda se identificam carências em serviços de transporte que podem ser aprimorados.

### 1.4.2 Quanto à relevância

De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD, 2015) do IBGE, 84,72% da população brasileira mora em áreas urbanas, o que demonstra a necessidade de soluções e resoluções de problemas que impactem a mobilidade urbana (IBGE, 2015).

A mobilidade urbana é uma peça fundamental de uma cidade e precisa ser planejada para gerar ganhos a todos os envolvidos, considerando que a maioria da população reside em locais afastados do centro e necessitando se deslocar com custos elevados de transporte e baixa qualidade (RODRIGUES; BUENO; MACHADO, 2020).

Utilizando um conjunto de medidas integradas, multimodais e robustas, com uma combinação de política e medidas inter-relacionadas, pode-se fomentar a mobilidade urbana de maneira mais sustentável para bens e pessoas com benefícios em relação ao consumo de

energia, aos impactos ambientais e a qualidade do ambiente urbano (AMBROSINO et al., 2016).

Com cidades com uma população cada vez mais crescente e serviços mais caros, os STI se mostram como ferramentas de suporte que podem auxiliar, por exemplo, um fluxo de passageiro mais eficiente, melhorando o dia-a-dia destes usuários (RODRIGUES; BUENO; MACHADO, 2020).

### 1.4.3 Quanto à viabilidade

De acordo com Butler et al. (2020), é necessário identificar e avaliar as principais inovações de mobilidade inteligente a partir de uma perspectiva de sustentabilidade em função dos avanços tecnológicos que vem ocorrendo no setor de transporte de forma rápida.

Apesar da disponibilidade de um crescente número de *softwares* para soluções de problemas cotidianos para dispositivos móveis, ainda faltam aplicativos para facilitar a utilização de transportes públicos. Lenz (2017), explica que o desenvolvimento de aplicativos voltados ao transporte coletivo poderia melhorar a vida dos usuários e por consequência, aumentar o número de clientes.

Segundo Santos & Leal (2015), a aplicação de tecnologias de informação e comunicação no setor de transportes proporciona uma maior eficiência na gestão de transporte, na disseminação de informações de tráfego aos usuários, entre outras aplicações e usos.

## 1.5 ESTRUTURA, ESCOPO E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Atualmente o que se vê por parte de pessoas que precisam ir e vir de um lugar para outro é, na maioria, um deslocamento de veículos individuais. Para que este cenário possa ser alterado, são necessárias medidas que incentivem a utilização de outras formas de transporte e que tragam maior mobilidade para os centros urbanos.

Nessa pesquisa são estudadas formas que já vem sendo aplicadas em outras cidades e tem alcançado sucesso no incentivo da utilização de transporte público ou outras abordagens na utilização de carros e bicicletas, transformando a mobilidade como um serviço (*MaaS*).

O estudo está organizado em capítulos, de forma a agregar temas e facilitar o entendimento da leitura. Este trabalho é constituído de cinco capítulos, apresentados na sequência:

O Capítulo 1 tem por finalidade contextualizar o tema, apresentando uma introdução sobre os STI e mobilidade, as justificativas e a estrutura da pesquisa.

A fundamentação teórica é apresentada no Capítulo 2, onde são expostos e identificados os conceitos relacionados aos STI, os elementos definidores da mobilidade urbana sustentável.

A metodologia aplicada na pesquisa, trazida no Capítulo 3, apresenta as informações sobre os métodos utilizados para a realização do estudo através de uma pesquisa de natureza qualitativa.

No capítulo 4 são identificadas as aplicações e tecnologias que já estão sendo utilizadas, em centros urbanos de outros países, voltadas à mobilidade urbana sustentável.

O Capítulo 5 mostra as possíveis convergências relacionadas aos STI e mobilidade urbana sustentável, mostrando caminhos que esses sistemas podem oferecer para o avanço da mobilidade urbana sustentável nas cidades brasileiras.

No Capítulo 6, são expostas as Considerações Finais e Recomendações, onde são expostos os comentários sobre os resultados da pesquisa, as limitações que o estudo apresenta, e faz-se recomendações para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO

Os pesquisadores tem se esforçado para o melhoramento dos STI com relação ao transporte que tem uma melhor distribuição ao nível de países com economias e um sistema de transporte bem desenvolvido se comparado com países subdesenvolvidos (NEAMTU; TITU, 2021).

A partir de Congressos nacionais e internacionais, Leal e Santos (2015), propuseram um consenso do estado da arte na área de Sistemas de Transportes Inteligentes.

Dentro de um cenário internacional, Leal e Santos (2015), constataram que os dados operacionais de transportes já vêm sendo disponibilizados em tempo real de maneira livre e as linhas de pesquisa que se destacam são quanto à padronização de Dados Abertos para serviços de Estado para cidades inteligentes, aplicação de *Big Data* para o fornecimento de informações *online*, principalmente em grandes cidades europeias, americanas e asiáticas, *Data mining* e inteligência artificial; sistemas de gestão de transporte e tráfego intermodais e multimodais e ações relacionadas à mobilidade de idosos e pessoas com mobilidade reduzida, na preocupação de desenvolver sistemas que aumentem a segurança nas vias.

No Brasil, as pesquisas em STI ainda envolvem questões de transporte público, como informações aos usuários e relacionamento com as redes sociais, gestão de tráfego e trânsito para cidades inteligentes, gestão de tráfego rodoviário, pagamento de pedágio automático e bilhetagem em transporte público, além de estudos de veículos autônomos (LEAL; SANTOS, 2015).

### 2.2 SOBRE OS SISTEMAS DE TRANSPORTES INTELIGENTES

Sistemas de Transportes Inteligentes é um nome usado para descrever os sistemas complexos para melhorar a experiência de mobilidade. Estes sistemas envolvem veículos, motoristas, passageiros, operadores rodoviários, gestores e a interação entre eles e com o meio ambiente, integrada com toda a complexa infraestrutura de transporte (WILLIAMS 2008, apud SANTOS & LEAL, 2015).

Os STI garantem a segurança do tráfego rodoviário, descongestionam o tráfego nas principais metrópoles e aumentam a qualidade no transporte, seja de mercadorias ou de

passageiros. Tais sistemas tornam-se indispensáveis a todos os usuários, sejam pedestres, motoristas, passageiros ou autoridades (NEAMȚU; ȚÎȚU, 2021).

Neamtu e Titu (2021) também ressaltam que as autoridades de transporte têm aceitado que a simples construção de mais estradas ou aumento de pistas, raramente é uma solução para todos os problemas que se relacionam ao congestionamento do tráfego rodoviário. Todavia, é essencial encontrar alternativas para uma gestão mais eficiente do tráfego em estradas existentes e aumentar a utilização de outros modos de transporte de passageiros ou mercadorias.

Para entender melhor a dinâmica das pessoas, foram desenvolvidos os STI que geram grande quantidade de dados a fim de auxiliar pesquisadores e profissionais a desenvolverem ferramentas de visualização interativas e ampliem suas pesquisas (SOBRAL; GALVÃO; BORGES, 2019).

A melhoria da infraestrutura da rede de transporte é essencial para o desenvolvimento econômico. Assim, os STI surgem para proporcionar novas formas de criar mobilidade sustentável através da utilização de tecnologias de informação, comunicação e controle que melhoram o desempenho e a eficiência das operações da rede de transportes. Dessa forma, aumenta-se a eficiência dos transportes, proporcionando maior conforto e segurança, melhorando a qualidade de vida e preservando o meio ambiente (FIGUEIREDO, 2005).

Figueiredo (2005), traz os principais benefícios dos Sistemas Inteligentes de Transportes:

- Aumento da segurança: através dos sistemas integrados de veículos pode-se assistir o condutor através de sistemas de localização, assistente de condução, assistente de mudança de faixa de rodagem, sistema de prevenção de colisão e sistema de detecção de fadiga e erro do condutor, entre outros sistemas que visem reduzir a gravidade de acidentes. Também há sistemas que beneficiem gestores de infraestruturas através de controle de tráfego, painéis de mensagens variáveis, notificações sobre as condições climáticas, dentre outras aplicações, assegurando assim, viagens fluidas e em segurança;
- Preservação do meio ambiente: no intuito de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e racionalizar combustível, os sistemas de navegação e informação contribuem com indicação de trajetos mais curtos, que evitem atrasos e congestionamentos, além de poder buscar vagas livres dentro de um estacionamento, evitando que os condutores percam tempo procurando por vagas livres. Os sistemas também podem informar em tempo real as partidas e chegadas de transportes públicos, motivando a utilização desse tipo de transporte;

- Eficácia e eficiência dos transportes: através de informações sobre as condições de tráfego, pode-se planejar uma viagem e reduzir os desperdícios de tempo, aumenta-se a rapidez com trajetos mais precisos e eficientes. Considerando-se as infraestruturas, pode-se reduzir tempo de viagem por meio de sistemas de cobrança automática, sistemas de mensagem variáveis e sistemas de controle de ramais de acesso que avisem os condutores sobre pontos de congestionamento em potencial.

Tais benefícios, apontados por Figueiredo (2005), buscam reduzir impactos ambientais provocados pela poluição dos veículos, reduzir tempos de deslocamento e aumentar a segurança.

De acordo com Kalupová e Hlavoň (2016), o futuro dos transportes está intrinsecamente ligado ao STI e a solução de problemas relacionados ao transporte com auxílio de novas tecnologias de informação. Ademais, o objetivo da utilização de STI é o funcionamento mais eficiente dos sistemas de transporte, a melhora da segurança, o aumento da produtividade e eficiência econômica dos transportes e a melhoria do meio ambiente.

### **2.2.1 Arquitetura dos Sistemas**

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) vem tendo destaque pelas inovações que estão sendo impulsionadas dentro de vários segmentos do mercado. Quanto ao segmento de transporte, as aplicações das TIC tem aumentado a eficiência na gestão de transporte e disseminação de informações de tráfego aos usuários, entre outras aplicações (SANTOS; LEAL, 2015).

As Arquiteturas de STI são estruturas estratégicas que exigem cobertura no aspecto técnico, organizacional, jurídico e comercial e podem ser empregados em nível nacional, regional, urbano, setorial ou por serviços específicos (NEAMȚU; ȚÎȚU, 2021).

Com a finalidade de aplicações de STI e outros sistemas com alto nível de complexidade, Neamtu e Țitu, (2021) citam a necessidade de desenvolvimento de uma estrutura estratégica para tomar decisões finais para projetar e realizar investimentos nesses sistemas. Características específicas fazem com que todos os aplicativos do sistema funcionem juntos e sejam interoperáveis, incluindo aspectos técnicos e organizacionais que envolvem a harmonia e complementaridade para o funcionamento de todo o sistema, de acordo com o nível e arquitetura. Esses autores consideram a corrente europeia.

Considerando o desenvolvimento de STI da União Europeia e como os países membros possuem economias e indústrias desenvolvidas, possibilitou a criação das arquiteturas autorais, nacionais ou regionais. A Comissão Europeia decidiu financiar o projeto KAREN<sup>1</sup>, iniciado em 2000, a fim de desenvolver a estrutura de arquitetura STI europeia (*European ITS Framework Architecture*), cujo projeto foi aperfeiçoado e expandido, dentro de projetos FRAME<sup>2</sup>, para outros países dentro de suas próprias arquiteturas, a fim de agregar a comunicação entre as diversas arquiteturas STI (NEAMȚU; ȚÎȚU, 2021).

A estrutura e os requisitos da *European ITS Framework Architecture* foram realizados de forma que sejam facilmente acessados por países da comunidade europeia em desenvolvimento de suas próprias estruturas. São exemplos de países que desenvolveram sua arquitetura nacional: ACTIF na França, ARTIST na Itália, TTS-A na Áustria e TEAM na República Checa. Cada um desses países, apesar da metodologia comum, foi orientado para questões e detalhes locais. Fora do território europeu, países como Japão, China, Austrália e Chile tiveram iniciativas. Há o desejo de troca de experiência e cooperação global (NEAMȚU; ȚÎȚU, 2021).

Para Kalupová e Hlavoň (2016), um sistema integrado para um transporte mais seguro e eficiente é o que inclui:

- Sistemas de informação para passageiros (ATIS – *Advanced Traveler Information Systems*);
- Sistemas de gestão de estacionamento para veículos (AFMS – *Advanced Fleet Management Systems*);
- Sistemas de gestão de tráfego (ATMS – *Advanced Traffic Management Systems*);
- Sistemas para gerenciamento de veículos (AVCS – *Advanced Vehicle Control Systems*);
- Sistemas de dispositivos móveis de viagem (AMSS – *Advanced Mobile Support Systems*).

Kalupová e Hlavoň (2016) acrescentam que os sistemas de informações aos passageiros (ATIS) garantem um transporte eficaz e seguro além de prestar informações aos passageiros antes e/ou durante o transporte. Esses sistemas permitem que os passageiros prevejam e selecionem a rota e o meio de transporte a ser utilizado.

---

<sup>1</sup> O projeto KAREN desde o ano 2000 tem o objetivo de desenvolver a arquitetura europeia *ITS Framework*, esta arquitetura foi incorporada pelo projeto FRAME (NEAMȚU; ȚÎȚU, 2021).

<sup>2</sup> O projeto FRAME visa agregar a comunicação entre as várias arquiteturas ITS nacionais ou regionais a partir de modelos ITS específicos integrados (NEAMȚU; ȚÎȚU, 2021).

Já os sistemas de gestão de estacionamento para veículos (AFMS) fazem uso de diversas tecnologias a fim de melhorar a segurança, eficácia e controle de operação dentro do quadro de estacionamento de veículos. Há acesso permanente de dados a respeito do veículo, fornecendo assim clareza e previsibilidade de planejamento nos processos de transporte dentro do módulo de gestão de estacionamento (KALUPOVÁ; HLAVOŇ, 2016).

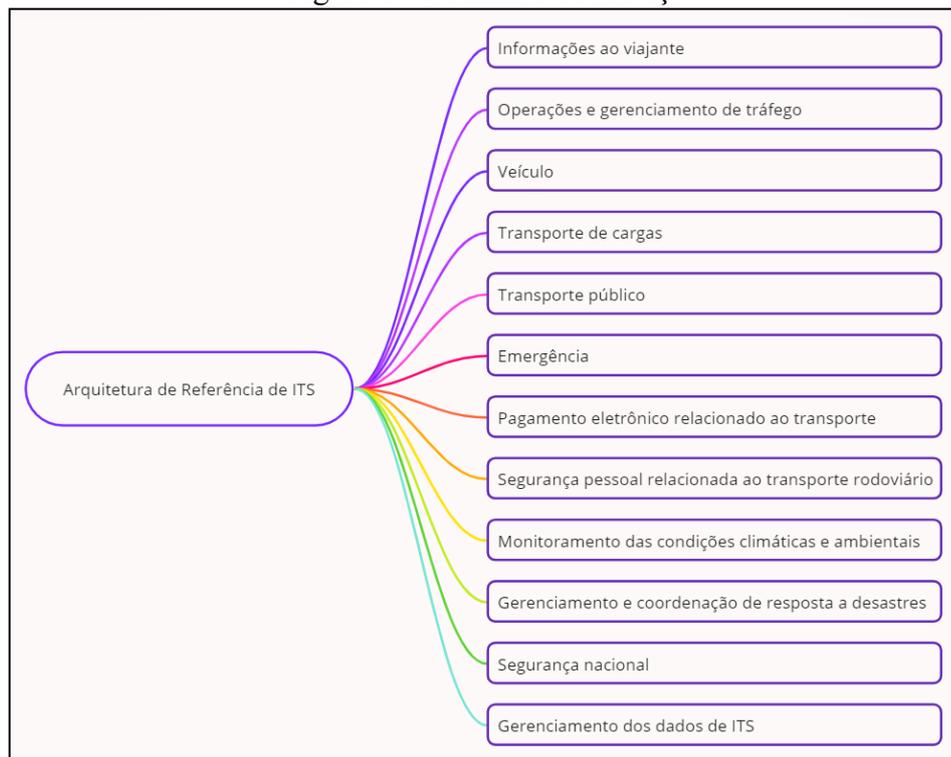
As principais vantagens da implementação dos sistemas e serviços inteligentes que contemplam sistemas inteligentes de transporte, segundo Kalupová e Hlavoň (2016), são:

- Aumento da segurança de tráfego e operação;
- Aumento da capacidade operacional e de tráfego;
- Melhoria do atendimento ao público devido ao aumento da mobilidade e conforto de deslocamento;
- Efeitos econômicos favoráveis decorrentes da fluência do transporte;
- Implementação da gestão centralizada que aumenta a eficácia da utilização de fontes financeiras;
- Implementação do conceito de transporte;
- Impacto no meio ambiente com a diminuição das emissões;
- Desenvolvimento regional.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2011), através da ISO 14813-1 apresenta arquiteturas de modelo de referência para o setor de STI através de domínios de serviço dentro de grupos de serviço, exemplificando os serviços de Sistemas Inteligentes de Transporte que podem ser executados.

A Figura 1 mostra os serviços fundamentais para a arquitetura de referência de STI e também podem ser demonstrada de forma sintetizada apenas com os doze domínios de serviço para melhor entendimento, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Domínios de serviço



Fonte: Autora. Adaptado da ISO 14813-1 (ABNT, 2011).

Domínios de serviço também podem ser denominados como área de aplicação específica dentro da arquitetura de referência de STI de acordo com a ISO 14813-1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011).

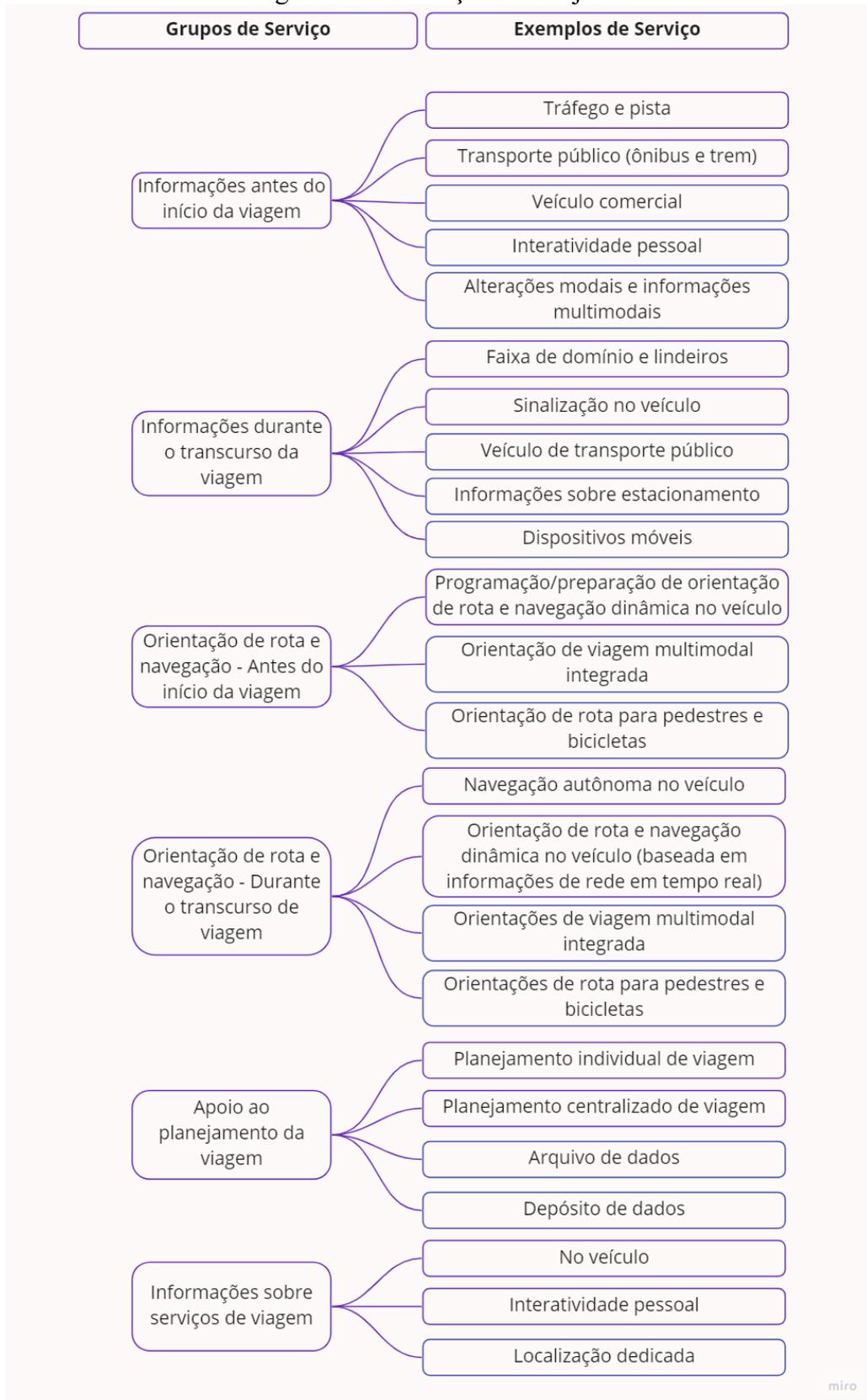
Dos domínios descritos anteriormente, optou-se por desenvolver os seguintes:

1. Informações ao viajante
2. Operações e gerenciamento de tráfego
5. Transporte público
7. Pagamento eletrônico relacionado ao transporte
12. Gerenciamento dos dados de STI

De forma mais detalhada, dentro de cada domínios de serviço, ainda podem ser encontrados Grupos de serviços com exemplos de serviços. Demonstra-se, a seguir, o que consta dentro de cada um dos domínios pesquisados.

Na Figura 2, é destacado o domínio de serviço Informações ao viajante.

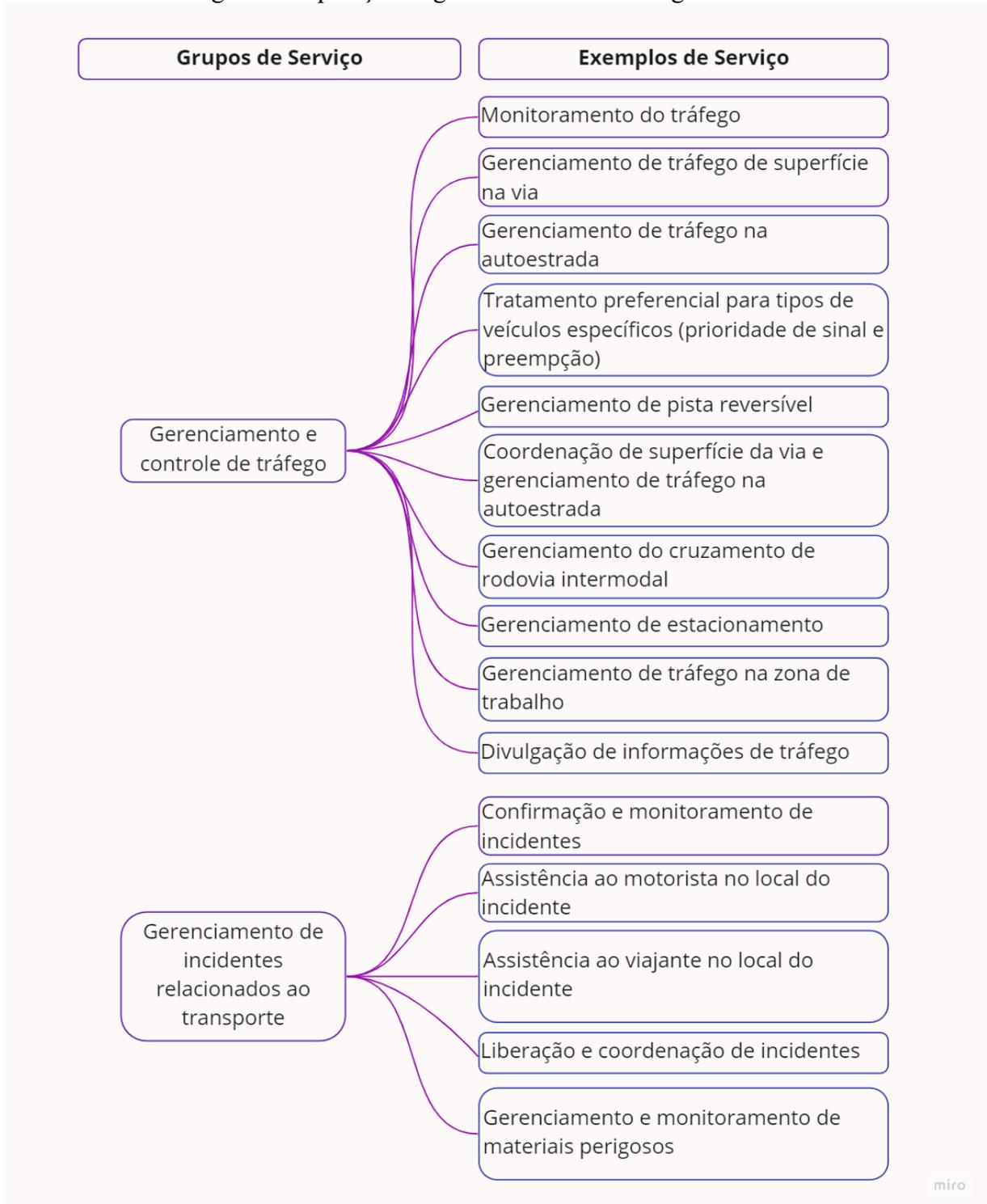
Figura 2 - Informações ao viajante



Fonte: Autora. Adaptado da ISO 14813-1 (ABNT, 2011).

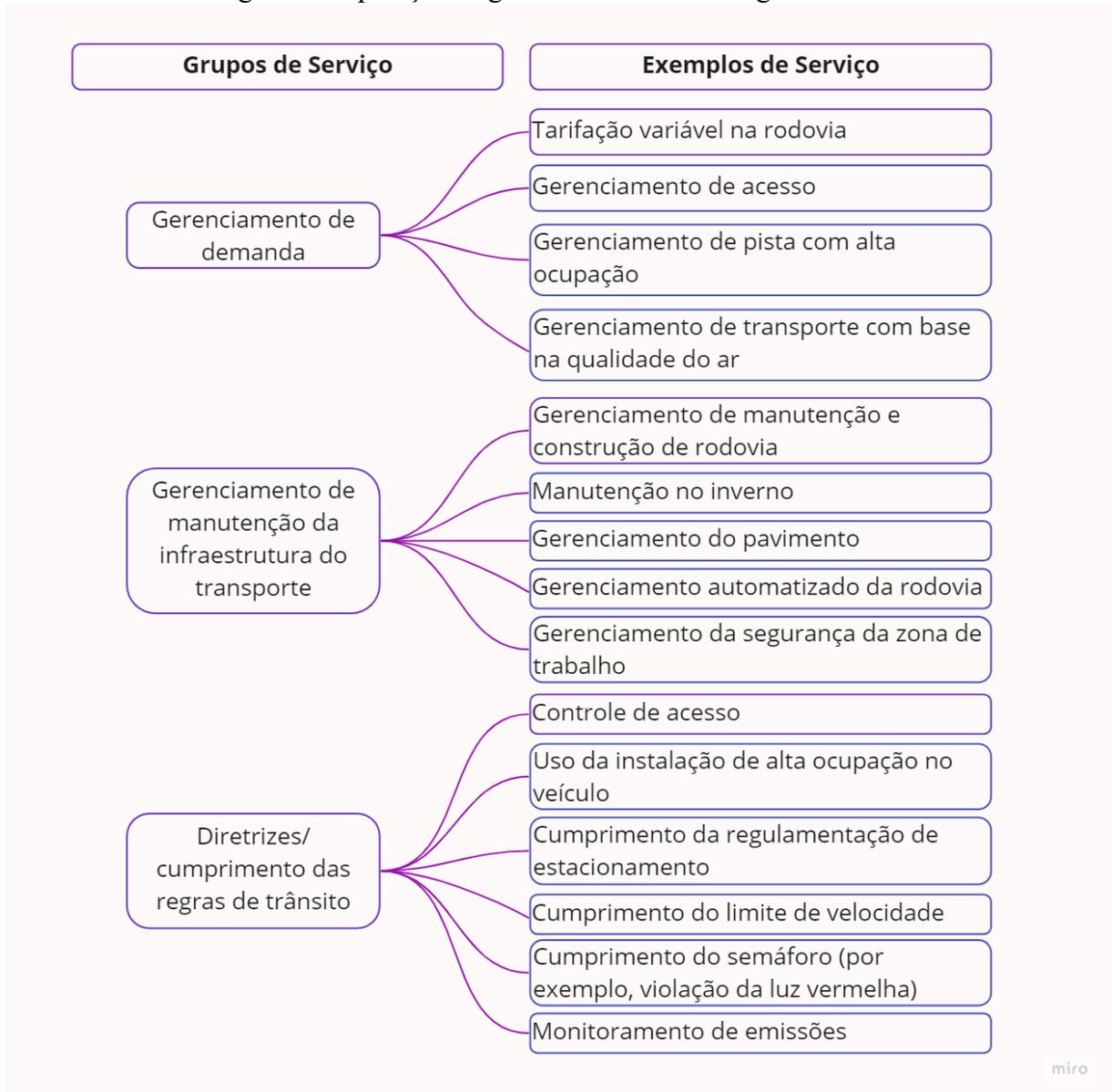
Quanto às operações e gerenciamento de tráfego, estas são separadas em cinco grupos de serviços com suas aplicações de exemplos, como pode ser visto na Figura 3 e Figura 4.

Figura 3 - Operações e gerenciamento de tráfego – Parte 1



Fonte: Autora. Adaptado da ISO 14813-1 (ABNT, 2011).

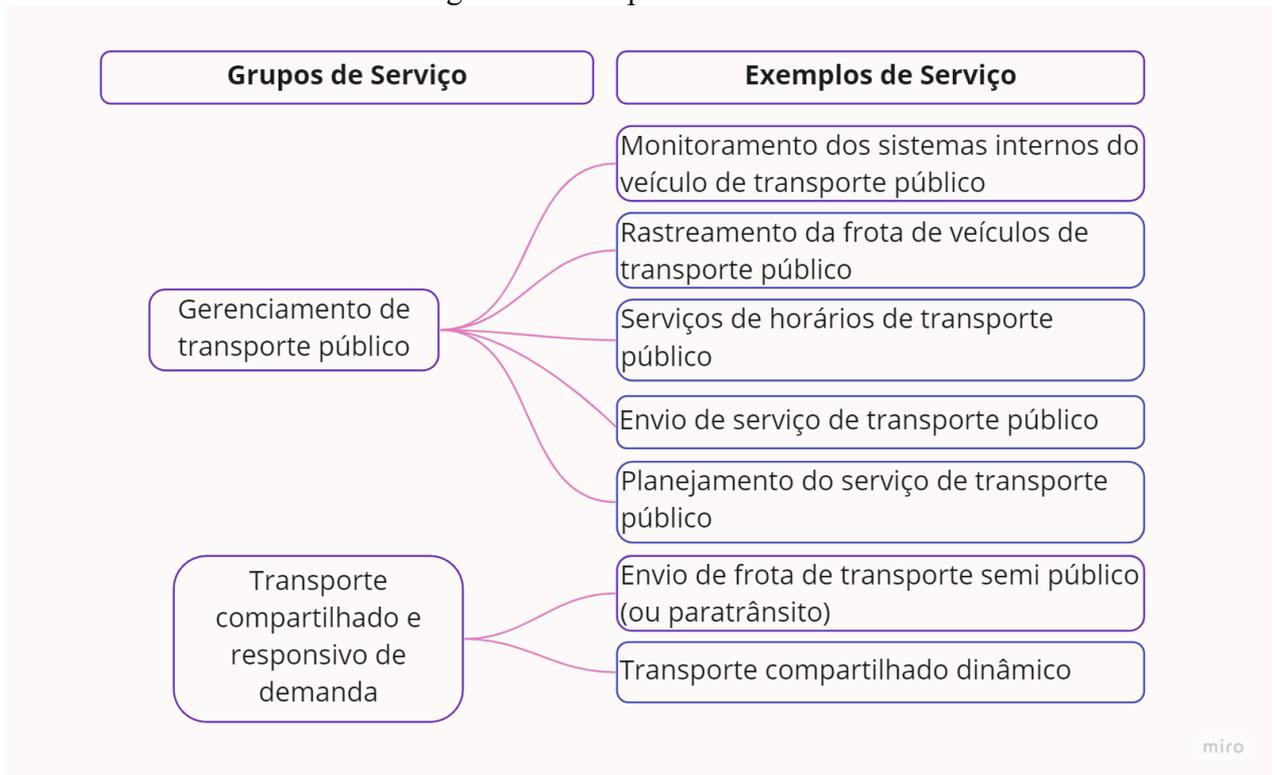
Figura 4 - Operações e gerenciamento de tráfego – Parte 2



Fonte: Autora. Adaptado da ISO 14813-1 (ABNT, 2011).

O domínio Transporte Público é separado em dois grupos pela ABNT (2011) representado a seguir na Figura 5.

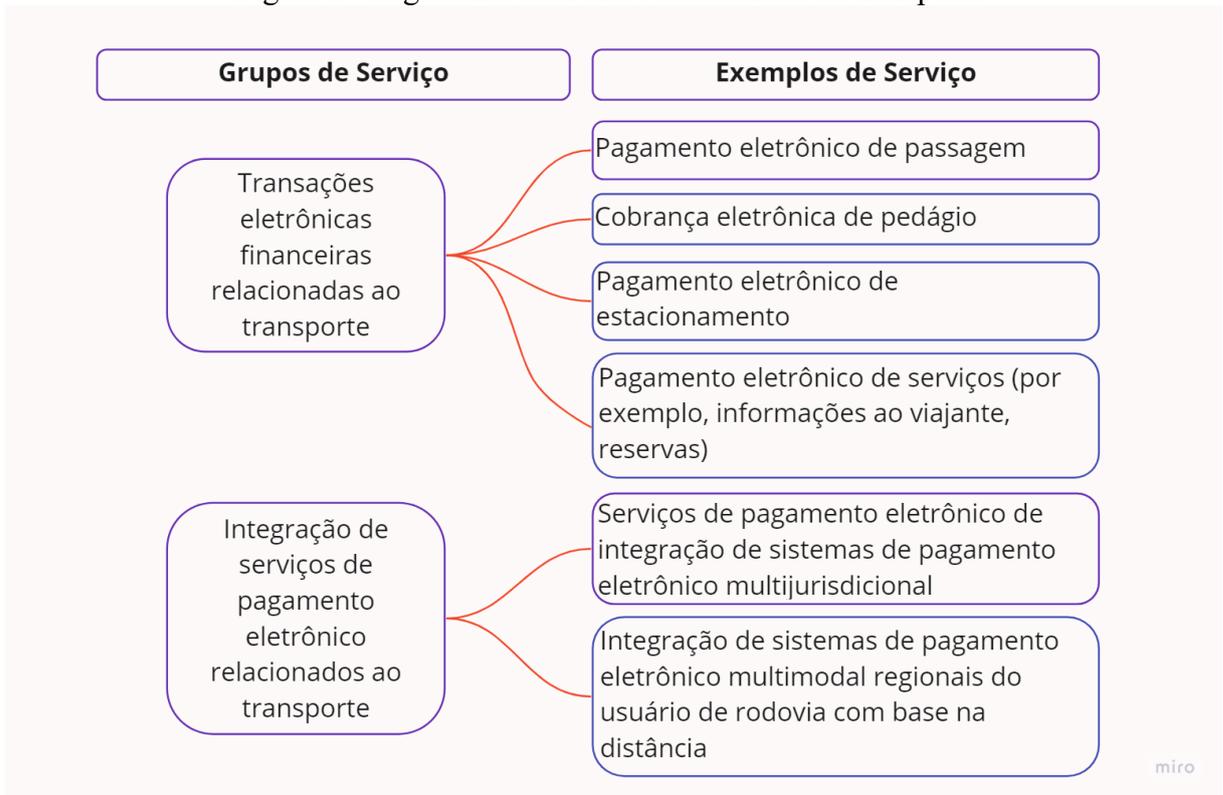
Figura 5 - Transporte Público



Fonte: Autora. Adaptado da ISO 14813-1 (ABNT, 2011).

Da mesma forma, o Pagamento eletrônico relacionado ao transporte, tratando sobre transações eletrônicas financeiras e integração de serviços de pagamentos, pode ser visto na Figura 6.

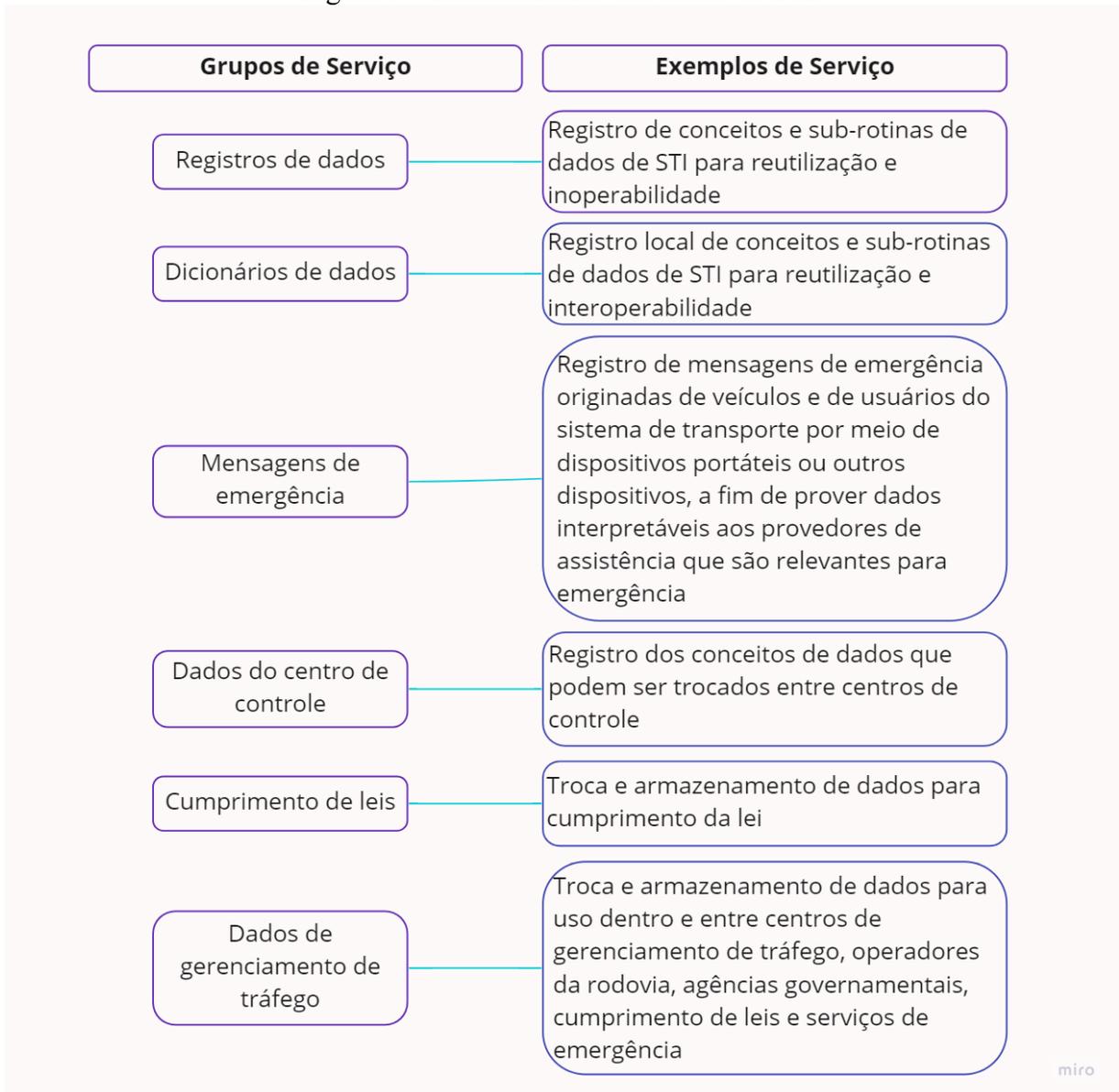
Figura 6 - Pagamento eletrônico relacionado ao transporte



Fonte: Autora. Adaptado da ISO 14813-1 (ABNT, 2011).

Por último, dentre os domínios em pesquisa, encontram-se seis grupos de serviços relacionados ao domínio Gerenciamento dos dados de STI, representados na Figura 7.

Figura 7 - Gerenciamento dos dados de STI



Fonte: Autora. Adaptado da ISO 14813-1 (ABNT, 2011).

A escolha dos domínios a serem pesquisados, se deve à aderência ao tema de pesquisa. Não se considerou, contudo, o uso do automóvel de uso privado, por se entender que seria outro tema, ainda que aderente, mas muito específico, o qual mereceria uma pesquisa exclusiva.

### 2.2.2 Gestão de STI

Informações que antes eram registradas em papel, agora estão sistematizadas e com o auxílio de STI, é possível fornecer acesso de informações aos usuários, geralmente em tempo integral, com integração de sistemas, informações de operações de transportes, monitoramento de veículos e outras aplicações. Contudo, o ganho mais significativo promovido pelos STI é o aumento de índices de eficiência em gestão. Somente com a utilização de mão de obra humana não seria possível acompanhar as operações de forma integral e com custo acessível, além de melhorar a qualidade e precisão dos dados (FARIA, 2016).

Os atores envolvidos na implantação de STI incluem órgão público de gestão e regulamentação do transporte, operadoras de transporte público (sejam elas separadas ou organizadas em consórcios), usuários, fornecedores de sistema, entre outros. Também é importante que o corpo técnico responsável pela formulação e implantação do projeto se aproxime do corpo jurídico para que o projeto seja bem alinhado. Tão importante quanto a implantação de STI é a sua dimensão política no que se refere à construção de um ambiente propício entre os atores (FARIA, 2016).

Segundo Oliveira et al. (2021), existe uma tendência em aprimorar e melhorar os deslocamentos das pessoas e produtos por motivos ambientais e econômicos, tornando a inserção dos STI na operação do transporte público imprescindível para o planejamento e gerenciamento desta atividade.

Oliveira et al. (2021) mostraram que a implementação de sistemas inteligentes em quatro capitais brasileiras, agrega qualidade ao transporte público. Em Porto Alegre, a implantação dos STI tinha por objetivo o sistema de transporte público através de ferramentas inteligentes, com as principais prerrogativas de alcançar eficiência, através da utilização de *software* flexível, implantação de telemetria online, implantação de uma central de controle de operações, monitoramento da frota em tempo real e controle 24 horas.

Na cidade do Rio de Janeiro, a utilização dos STI é amparada pelo regime de concessão e os STI são motivados pelos projetos de BRT (*Bus Rapid Transit*) e do BRS (*Bus Rapid System*), através de sistemas focados na biometria, sistema de bilhetagem eletrônica, gestão de informações aos usuários e centro operacional de controle e fiscalização eletrônica (OLIVEIRA et al., 2021).

Na implantação dos STI na cidade de Goiânia, em função da inserção de novas tecnologias, ocorreram dificuldades na gestão de inovação do sistema, como a escassez de mão de obra especializada. No entanto essa escassez foi suprida com a contratação de profissionais especializados de outras regiões do país. A implementação de STI na cidade de Fortaleza, resultou no aperfeiçoamento das melhores práticas para o setor de transporte e para a utilização destas novas tecnologias, primeiro deverão acontecer estudos e avaliações, considerando os custos totais e benefícios (OLIVEIRA et al., 2021).

Segundo Kambur et al. (2021), a finalidade da aplicação de STI no país e no mundo inclui desde o gerenciamento e resolução de problemas do transporte público de passageiros, melhoria da segurança viária, diminuição de congestionamentos, aumento da produtividade do sistema de transporte intermodal (seja rodoviário, ferroviário, aéreo e aquaviário) até problemas ambientais energéticos. As tecnologias básicas do veículo e da infraestrutura de transporte permitem:

- Gerenciar o tráfego em rodovias e estradas;
- Realizar transporte rodoviário comercial de cargas;
- Prevenir colisões de veículos e aumentar a segurança de sua movimentação;
- Fazer sistemas de pagamento eletrônico para serviços de transporte;
- Conduzir veículos em situações de emergência;
- Gerir o tráfego na rede rodoviária principal;
- Gerir a extinção das consequências dos acidentes;
- Informar os usuários das estradas;
- Realizar o controle climático nas estradas;
- Conduzir o transporte público de passageiros.

De acordo com Neamtu e Țitu (2021), as aplicações de STI demonstram que são uma forma válida e eficiente de auxiliar na gestão e exploração dos serviços de transporte, podendo auxiliar nos seguintes aspectos:

- Maior redução de acidentes;
- Aumento da capacidade das estradas sem que sejam executadas novas construções (aumento de 20%);
- Redução do tempo de viagem;
- Redução significativa da poluição veicular (a exemplo das emissões de CO<sub>2</sub>);
- Assegurar o desenvolvimento sustentável e duradouro do sistema de transporte rodoviário.

Os STI são capazes de fornecer dados importantes no que tange a eficiência operacional de todo o sistema de transporte, qualidade dos serviços, gestão de infraestrutura,

melhoria da segurança viária, diminuição do impacto ambiental, além de trazer informações e dados relevantes aos gestores, operadores, passageiros e motoristas (NEAMȚU; ȚÎȚU, 2021).

Segundo Neamtu e Țitu, (2021), a tecnologia é o elemento fundamental que garante a sustentabilidade e é a solução para resolver os problemas nesse campo. No desenvolvimento de tecnologias modernas, os STI são tendências atuais no desenvolvimento sustentável deste setor e podem gerenciar e agilizar com rigor as capacidades de transporte, garantir informações, segurança, ergonomia e conforto dos passageiros.

Para Neamtu e Țitu (2021), se a Arquitetura de Sistemas para STI for baseada em uma estratégia estruturada, a compatibilidade de aplicativos STI oferece os máximos benefícios. O STI é implementado em todos os sistemas de transportes na Europa, sendo criados com dedicação de acordo com as especificidades de cada um:

- Sistemas de Transporte Inteligente - STI (ITS) para transporte rodoviário;
- Sistemas Europeus de Gestão do Tráfego Ferroviário (ERTMS), composto pelo Sistema de controle de trens da Europa (ETCS);
- Serviço de Informação Fluvial (RIS) para o transporte fluvial;
- Sistema de Monitoramento e Informação de Tráfego de Embarcados (VTMIS) para embarque.

A partir dessas abordagens, a maioria das aplicações de sistemas inteligentes dispõe de soluções de inteligência artificial, como *Big Data* e *Data Mining*. Assim, os sistemas inteligentes são definidos por tecnologias aplicadas e não por ferramentas de *marketing*.

Os conceitos relacionados ao funcionamento de STI são apresentados por Neamtu e Țitu (2021) em três categorias no Quadro 1:

Quadro 1 - Conceitos relacionados ao funcionamento de STI

Coordenação	Inclui conceitos propostos ou implementados por certos operadores ou são funções de uma entidade de tráfego.
Implementação	Inclui conceitos que são recomendados para implementação onde há maior potencial de benefício.
Monitoramento	Inclui todos os conceitos que podem ser implementados de imediato ou após determinado período de tempo, em condições de mudança repentina de uma tecnologia desenvolvida para uma altamente desenvolvida.

Fonte: Autora adaptado de Neamtu e Titu (2021).

Para uma maior eficiência dos recursos e uma melhor gestão dos fluxos físicos, deve-se fornecer aos usuários das estradas informações atualizadas com relação ao tráfego e as condições meteorológicas (MANGIARACINA; PEREGO; SALVADORI, 2017).

Para a gestão de estacionamento, são utilizados sensores de tecnologias de comunicação sem fio, além de aplicativos inteligentes que informam aos motoristas sobre as vagas de estacionamento através de sinais de mensagens variáveis em tempo real, com setas direcionais, nomes dos parques de estacionamento, estado, números de lugares de estacionamento disponíveis, diminuindo a frustração dos motoristas e o impacto negativo no tráfego da cidade (MANGIARACINA; PEREGO; SALVADORI, 2017).

Mangiaracina et al. (2017) analisaram a ideia de integrar as informações da posição de ônibus ou bondes em um sistema de gerenciamento de tráfego em semáforos inteligentes que dão prioridade ao transporte público. Os horários em verde são definidos dinamicamente para fornecer prioridade aos ônibus ou bondes quando estes se aproximam de um cruzamento e são detectados. Os sistemas são capazes de otimizar o tempo de viagem, diminuindo o número de paradas nos cruzamentos ao coordenar sinais de trânsito em cruzamentos adjacentes, obtendo maior eficiência no fluxo de tráfego e reduzindo o tempo de viagem e o consumo de combustível.

Através de um conjunto de dados coletados em 26 cidades levando em conta o nível de inteligência em sistemas de transportes, Debnath et al. (2014) indicaram Londres, Seattle e Sydney como as principais cidades de transporte inteligente do mundo. Londres é seguida por Cingapura com a maior classificação em serviços de transporte público. Londres se destaca por todos os ônibus serem equipados com Sistemas Automáticos de Localização de Veículos (AVLS) e sistema de anúncio de informações aos passageiros a bordo. O AVLS permite o fornecimento de informações em tempo real aos passageiros sobre os horários de chegada dos ônibus na maioria dos pontos de ônibus através de mensagens de texto e canais online.

Ainda há um desafio a ser enfrentado na engenharia de transportes quanto à integração de várias aplicações computacionais, tais como sistemas de controle de tráfego e sistemas de gestão de rodovias que fornecem benefícios individualmente, porém seus potenciais não são alcançados plenamente até que sejam integrados regionalmente. A integração regional permite que os sistemas compartilhem informações, abrindo caminho para um melhor gerenciamento de todo o sistema de transporte de uma região (ROJAS; RITTO; RIBEIRO, 2009).

Não apenas a gestão, mas a concepção e a operação de um sistema integrado que contemple diversos modos de transporte dependem de esforços para que as integrações sejam harmoniosas, tanto operacionais como institucionais. Nessas circunstâncias, um modo de transporte precisa ser abastecido e abastecer outros modos para alcançar sustentabilidade econômico-financeira.

### **2.2.3 *Big Data* em STI**

O *Big Data* tem produzido dados com impactos no STI, tornando-os mais seguros, eficientes e lucrativos (ZHU et al., 2019).

Grandes quantidades de dados diversos e complexos, gerados em STI, podem ser utilizados por *Big Data* para serem manipulados com armazenamento, análise e gerenciamento. Tais análises visam a melhora na eficiência da operação de STI, podendo auxiliar os usuários a chegar a seu destino em um menor tempo e em uma rota mais adequada, prever a ocorrência de acidentes de trânsito, prever o fluxo de tráfego em tempo real, melhorar o planejamento do serviço de transporte público através dos padrões de jornada dos passageiros na rede de transporte e, também, podem melhorar o nível de segurança de STI com a utilização de sensores de detecção para obter informações (ZHU et al., 2019).

## **2.3 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL**

### **2.3.1 Mobilidade**

De acordo com Balbim (2016), todas as formas de mobilidade estão ligadas e conectadas à divisão social e territorial do trabalho, além dos modos de produção que configuram o espaço, tanto social, quanto territorial, em suas múltiplas escalas, ou seja, implicando o aprofundamento da vida de relações ao homem moderno, inclusive com os objetos que também se multiplicam e se tornam portáteis.

Tal definição apresentada por Balbim (2016) tem o intuito de conceituar o termo mobilidade de forma global, sem associar aos termos acessibilidade, trânsito ou transporte. No entanto, afirma que, nas ciências sociais, a vocação do conceito de mobilidade é ligar o tráfego à sociedade que o faz.

Para Florentino (2011), a mobilidade é uma dimensão crucial do direito à cidade, onde se permite que pessoas e espaços se integrem.

A mobilidade tem que se dar de uma forma digna, rápida, confortável e econômica. Atualmente é um dos maiores desafios enfrentados pelas cidades. A tendência das cidades de concentrar população e atividades econômicas destaca a necessidade de tratar sobre essa questão. Os problemas de mobilidade causam perdas econômicas expressivas, desperdiçam tempo e energia das pessoas em deslocamentos de rotina e sobrecarregam, cada vez mais, a atmosfera com poluentes (LERNER, 2013).

### **2.3.2 Mobilidade Urbana e políticas públicas**

Segundo Vasconcellos et al., (2011), a transformação da mobilidade urbana iniciou-se em 1960 nas cidades brasileiras, quando o processo de urbanização se associou ao uso de veículos motorizados como automóveis e ônibus. O bonde deixou de ser usado e aumentou a utilização de ônibus e automóveis e, dessa forma, a mobilidade pública que era movida à eletricidade, passou a depender de combustíveis fósseis.

De acordo com a Constituição Federal de 1988, a União deve legislar sobre o trânsito e traçar as diretrizes gerais quanto ao transporte urbano. Tais diretrizes se tornam normas universais que não podem ultrapassar o princípio das competências dos municípios e dos estados (VASCONCELLOS et al., 2011).

Além das atribuições da constituição, o governo federal também impacta em fatores como a política de combustível, por exemplo, onde houve o encarecimento do diesel com relação à gasolina desde a quebra de monopólio estatal quanto à exploração e venda de petróleo em 1997, o que vem estimulando o aumento de viagens por transporte individual. Ainda quanto aos incentivos ao transporte individual, podem-se citar as políticas de incentivo à produção de motocicletas na zona Franca de Manaus, a instalação de fábrica de automóveis no Brasil com incentivos fiscais, redução tributária para motos em contrapartida ao incentivo da utilização de bicicletas (VASCONCELLOS et al., 2011).

De acordo com a Lei 12.587 (BRASIL, 2012), que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano é definida como mobilidade urbana.

Dentre as principais diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012), destaca-se a priorização por modos de transporte não motorizados sobre os

motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado.

Um conjunto de ações planejadas que melhorem a infraestrutura de transporte público, integrando diferentes modos de transporte de forma eficiente, descentralizando o contexto urbano, explorando modos diferentes de transporte tais como hidrovias e modos ativos como, por exemplo, a caminhada, é o que melhora a mobilidade urbana de forma global e não apenas um modo de transporte (SILVA et al., 2020).

Segundo Al Maghraoui et al. (2019), os sistemas de mobilidade urbana ainda não operam em harmonia centrada nas pessoas para oferecer uma experiência de mobilidade perfeita. Como exemplo, na saída de uma estação de trem, é comum encontrar informações sobre as linhas de ônibus de um operador. No entanto, existem vários outros operadores que não tem informações, justamente porque cada linha é projetada e operada separadamente das outras.

De acordo com Vasconcellos et al. (2011), as políticas de estímulos para a utilização de transporte individual, associadas às medidas de encarecimento do transporte público coletivo agravam a mobilidade nos grandes centros, impactando em congestionamentos, poluição, acidentes e exclusão social das pessoas que não podem adquirir um veículo privado e sofrem com a perda de qualidade e aumento de custos das tarifas do transporte público. Apesar de a mobilidade urbana ser de competência local, há carência de programas federais que sejam mitigadores de impactos negativos de tais políticas.

Com os avanços nas telecomunicações e na capacidade de processamento e armazenamento de dados, surgiram novas alternativas para a mobilidade urbana. Atores não tradicionais, como as *startups*, que focam em realizar negócios com base no perfil do cliente e aumentam o leque de clientes que não estão satisfeitos com outros modos de transporte. Tais *startups* procuram atender seus clientes de formas diferentes, desenvolvendo interfaces atrativas e eficientes como, por exemplo, forma de pagamento, disponibilidade em tempo real e flexibilidade. No entanto, estas “soluções” de mobilidade urbana são voltadas para o indivíduo e, conseqüentemente, aumentam congestionamentos, acidentes e poluição, enfraquecendo as redes de transporte público coletivo (NTU, 2019).

São diretrizes de prioridades a projetos que beneficiem o transporte coletivo sobre o transporte individual e criação de vantagens de contratação às modalidades que menos agredem o meio ambiente.

Observa-se que há diretrizes e prioridades para projetos que beneficiem o transporte coletivo em detrimento do transporte individual. Deve-se também considerar políticas públicas que provem vantagens em contratos públicos que menos agridem o meio ambiente.

O governo federal é responsável pela execução de políticas de controle da poluição de transporte motorizado, pois os limites de emissão de poluentes são definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que está ligado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

### 2.3.2.1 *Qualidade e mobilidade urbana*

Para que sejam definidos atributos e determinantes da qualidade no que se refere à modalidade urbana, é necessário se colocar ao lado da demanda, ou seja, no lugar dos usuários da mobilidade e do espaço público urbano, observando as preferências, expectativas, necessidades e capacidade de compra dos clientes-consumidores para que estes sejam valorizados e fiquem satisfeitos (GUTIERREZ, 2013).

Para um melhor entendimento de gestão de qualidade e sua ligação direta com a satisfação do cliente, que pode ser aplicado a qualquer área, inclusive mobilidade urbana, são expostas explicações dadas por Juran (1989), Paladini (1998) e Deming (DEMING INSTITUTE, 1986).

Juran (1989) explica que a satisfação com o produto é o resultado de que o cliente está satisfeito e as necessidades foram supridas e descobrindo como os clientes avaliam a qualidade, pois a qualidade não tem unidade de medida.

Também é enfatizado por Juran (1989), o planejamento, controle e melhoria da qualidade como processos para o gerenciamento da qualidade.

A gestão da qualidade, através da busca das causas de insucesso de programas dessa natureza dentro das organizações e utilização de ferramentas e estratégias para resolução dos problemas também são trazidos por Paladini (1998).

No site “*The W. Edwards Deming Institute*” ([s.d.]), são trazidas algumas frases de Willian Edwards Deming com a definição de qualidade dentro de seu livro “*The New Economics*”:

O problema básico em qualquer lugar é a qualidade. O que é qualidade? Um produto ou serviço possui qualidade se ajuda alguém e desfruta de um mercado sustentável. O comércio depende da qualidade (DEMING INSTITUTE, 1986).

Ainda, em seu livro “*Out of the crisis*” com relação à satisfação dos clientes:

Não será suficiente ter clientes meramente satisfeitos. Um cliente insatisfeito vai mudar. Infelizmente, um cliente satisfeito também pode mudar, na teoria de que ele não poderia perder muito e poderia ganhar (DEMING INSTITUTE, 1986).

A fim de melhorar a qualidade, Deming Institute, (1986), criou quatorze pontos de gestão, dentro de sua própria filosofia, focando otimizar o sistema e deixar a qualidade em primeiro lugar, melhorando constantemente o serviço, diminuindo custos, quebrando barreiras entre os departamentos com foco no trabalho em equipe, supervisão das pessoas de forma a auxiliá-las para que um trabalho seja melhor, mover-se para um único fornecedor para qualquer item que tenha como finalidade manter um relacionamento leal e de confiança a longo prazo (BEST; NEUHAUSER, 2005).

Outra aplicação de Deming que pode ser utilizada na mobilidade urbana é o ciclo PDSA (Figura 8) cujo significado é *Plan* (Planejar), *Do* (Fazer), *Study* (Estudar) e *Act* (Agir) ou ciclo de Deming, que é um processo sistemático com o intuito de obter aprendizado para melhorar continuamente um produto, processo ou serviço (DEMING INSTITUTE, 1986).

Figura 8- Ciclo de Deming



Fonte: Autora adaptado de Deming (DEMING INSTITUTE, 1986).

Tal ciclo inicia com a etapa Planejar, onde se define uma meta ou propósito para colocar o plano em ação, na etapa Fazer. Em seguida, os resultados são monitorados para e analisados na etapa Estudar. Por último, a etapa Agir que integra o aprendizado gerado por todo o processo, é utilizado para tomar ação em ajustes, mudanças ou reformulação (DEMING INSTITUTE, 1986).

### 2.3.3 Sustentabilidade

Com o crescimento da demanda do transporte rodoviário e a utilização de combustíveis fósseis, aumentam as emissões de poluentes pelos veículos motorizados. A regulamentação do Programa de Controle da Poluição Veicular (Proconve) estabelece que os novos veículos produzidos pela indústria nacional emitam menor quantidade de poluentes por quilômetro rodado. Mas apesar disso, o problema da poluição atmosférica continua grave, principalmente em regiões metropolitanas onde há maiores frotas de veículos automotores (VASCONCELLOS et al., 2011).

A emissão de poluentes em cidades com mais de 60 mil habitantes pode ser vista na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 – Emissão de poluentes por modo de transportes em municípios com mais de 60 mil habitantes

Transporte	Emissões (milhões ton./ano)		
	Poluentes locais <sup>1</sup>	CO <sup>2</sup>	Total
Público	0,1	9,5	9,6
Privado	1,5	16,3	17,8
Relação privado/público	1,6	25,8	27,4

Nota: 1 monóxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>), hidrocarbonetos (HC), material particulado (MP).

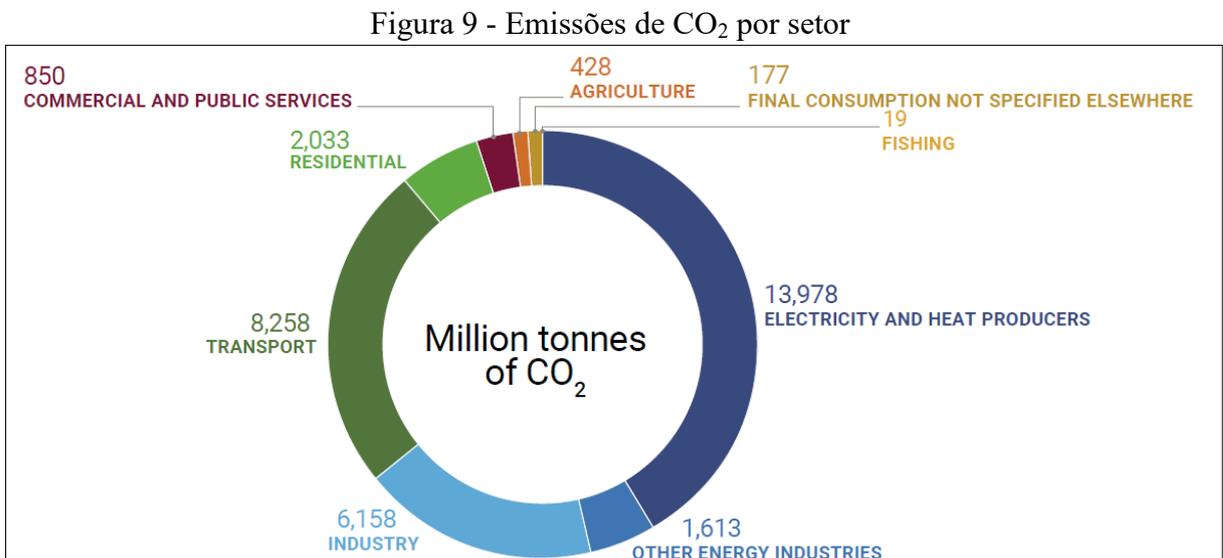
Fonte: ANTP, Sistemas de Informações de Mobilidade (2007).

O transporte privado emite 15 vezes mais poluentes locais do que o transporte público e quase o dobro de CO<sub>2</sub>. Recursos humanos e materiais são gastos com os deslocamentos das pessoas, órgãos responsáveis pelo trânsito e pelo transporte público como tarifas de transporte coletivo, combustível, manutenção de veículos privados, manutenção de vias e sinalização. Em municípios com 60 mil habitantes, esses gastos foram estimados em R\$

119 bilhões em 2007, segundo a ANTP. Sabe-se também que os custos de transporte privado correspondem a 80% do total (VASCONCELLOS et al., 2011).

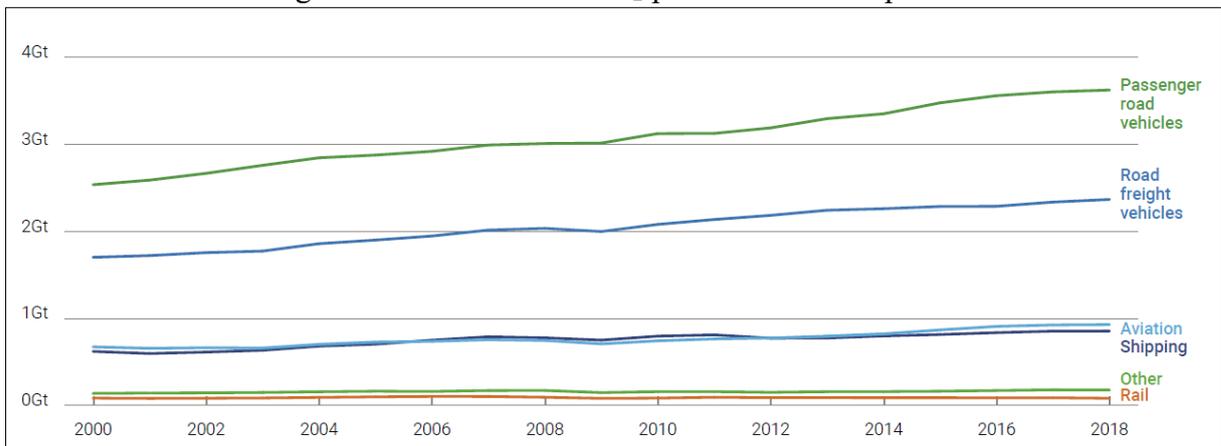
Cabe observar, o documento da United Nation, (2021), o qual apresenta um relatório sobre transporte sustentável como resultado da Segunda Conferencia Global sobre transporte sustentável ocorrido em outubro de 2021 da China, onde demonstra que o setor de transporte foi responsável por 24% das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da queima de combustível, além da responsabilidade por 57% da demanda global de petróleo e 28% de consumo de energia.

Uma das figuras apresentadas no documento, a seguir identificada como Figura 9, apresenta as emissões de CO<sub>2</sub> por setor.



Fonte: United Nation (2021).

Destaca-se que, especificamente a área de transportes contribue com 8,258 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, enquanto que outros setores, como residências, contribuem com 2,033 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, comércio e serviços públicos com 0,85; agricultura com 0,428; pesca com 0,19; eletricidade e geradores de energia com 13,978; outros consumos não especificados com 0,177; a indústria com 6,158 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> e outras indústrias de energia com 1,613 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Figura 10 - Emissões de CO<sub>2</sub> por modo de transporte

Fonte: United Nation (2021).

A Figura 10, apresentada pela United Nation (2021), detalha as emissões do setor de transporte para os diferentes modos entre os anos 2000 e 2018, onde se percebe que a maior contribuição dessas emissões é o transporte rodoviário de passageiros, seguido do transporte rodoviário de mercadorias, aviação, transporte marítimo e por último o transporte ferroviário com 0,3% das emissões diretas de CO<sub>2</sub>.

Se conseguir diminuir os veículos de passageiros, por consequência diminuir emissões de CO<sub>2</sub>.

### 2.3.4 Mobilidade Urbana Sustentável no Brasil

Nos últimos anos, as condições de mobilidade da população brasileira têm se degradado com o crescimento de transporte individual motorizado, acidentes de trânsito, congestionamentos e poluição dos veículos. Ademais, as vendas de veículos privados continuam se sobrepondo aos estímulos de utilização de transporte público e não motorizados e não há sinalização de que as políticas públicas adotadas venham a ser alteradas no futuro (CARVALHO, 2016).

No contexto da mobilidade urbana sustentável, o transporte ativo (caminhada, bicicleta) juntamente com o transporte público são a base de sustentação para políticas públicas de transporte eficiente no que se refere ao desenvolvimento do espaço urbano e deslocamentos dos cidadãos (NTU, 2019).

Há novos desafios às políticas ambientais e urbanas com as limitações de políticas públicas de transporte coletivo devido à migração de usuários do transporte coletivo para o

transporte individual, com incentivos ao uso de carros que geram novos congestionamentos, alimentando um círculo vicioso responsável pela degradação da qualidade do ar, aquecimento global e comprometimento da qualidade de vida nas cidades (NTU, 2019).

Carvalho (2016), sugere que para uma maior sustentabilidade ambiental, as políticas públicas devem aumentar a eficiência da rede através do aumento da participação de transporte público coletivo e outros transportes não motorizados e aumentar a eficiência de veículos através da utilização de combustíveis mais limpos, bem como aumentar a eficiência de tecnologias à combustão tradicionais.

Canitez (2019), em seu artigo sobre a mobilidade urbana sustentável em megacidades, citou como exemplo a cidade de Istambul (Turquia), cuja população está em rápido crescimento com mais de 15 milhões de pessoas. Tal cidade, com um crescimento rápido e sem planejamento enfrenta desafios urbanos como congestionamento crônico do trânsito, superlotação dos serviços de transporte público e poluição ambiental, além de problemas com a capacidade insuficiente de transporte público, governança, políticas e instituições fragmentadas. Apesar da expansão da rede de metrô de 44 km em 2002 para 158 km em 2018, início da operação de uma linha de ônibus de trânsito rápido (BRT) e reorganização das rotas de ônibus, as iniciativas não conseguiram trazer, até o momento, uma mobilidade urbana sustentável.

Além das tentativas de enfrentar rapidamente os desafios em Istambul, também pode ser citado como exemplo, a implantação de veículos autônomos. Porém, uma nova tecnologia em um sistema requer a adaptação de outros elementos para serem implementadas (CANITEZ, 2019).

Para quebrar a barreira de utilização de veículos individuais e incentivar a utilização de modos de transporte sustentáveis, Istambul está investindo em projetos que alteram significativamente a dinâmica da mobilidade na cidade como, por exemplo, um canal que liga o Mar Negro e o Mar de Mármara, túnel submarino ferroviário, expansão da rede de metrô, além de aumento de combustíveis, estacionamentos e pedágios e incentivando o transporte público em sistema de bilhete integrado, tarifas diferenciadas para grupos específicos, como estudantes e idosos, descontos nas transferências nos modos de transporte público (CANITEZ, 2019).

Com isso, Canitez (2019), defende uma mudança de elementos de configuração sociotécnica que leva à mudança de outros elementos, criando assim uma nova configuração dos sistemas de mobilidade urbana conforme a Figura 11, a seguir:

Figura 11 – Configuração sociotécnica dos sistemas de mobilidade urbana



Fonte: Autora adaptado de Canitez (2019).

Na configuração desenvolvida por Canitez (2019), são levadas em consideração as estruturas de governo; competências regulatórias; culturas de planejamento; visões políticas; cultura, norma e expectativas; infraestrutura urbana; veículo/artefato; estrutura da indústria; regulamentação, políticas e estratégias; padrões de viagens, hábitos e comportamentos; forma urbana e uso do solo.

Os regimes de mobilidade urbana envolvem diversas categorias que interagem e se alinham umas com as outras, influenciando a transição para uma mobilidade urbana sustentável (CANITEZ, 2019).

Os carros particulares preenchem uma lacuna devido à falta de acessibilidade e confiabilidade no serviço de transporte público. O crescimento das malhas viárias em um ambiente urbano não planejado, incentiva a dependência do carro na cidade. Possuir e utilizar um carro virou sinônimo de progresso e *status* para as pessoas, dificultando o rompimento para um regime de mobilidade urbana sustentável (CANITEZ, 2019).

As políticas de incentivo à utilização do automóvel causam desigualdades sociais, desequilíbrios econômicos constantes nos serviços e orçamentos públicos, além de agredirem o meio ambiente pela emissão de poluentes, geração de ruídos e interferência visual (CARVALHO, 2016).

De acordo com Banister (2008), a mobilidade sustentável tem um papel central a ser executado no futuro das cidades sustentáveis. No entanto, o sucesso somente irá ocorrer com a compreensão e aceitação pelas pessoas.

Segundo Banister (2008), quatro princípios básicos são necessários para alcançar a mobilidade sustentável. São eles:

- Redução da necessidade de viajar, através de uma substituição que pode ser realizada por meio de tecnologia, como por exemplo, compras em loja física que pode ser substituída por compras realizadas pela internet, bem como trabalho de forma remota;
- Medidas da política de transporte, com mudança modal, reduzindo uso de carro e promovendo caminhada, por exemplo. Também podem ocorrer controles de estacionamentos e facilitar o uso de transporte público. Está sendo criada uma noção mais ampla da rua, considerando espaços verdes, espaço para pessoas e transporte público.
- Medidas de política de uso da terra e redução da distância, através do desenvolvimento de uso misto, através da localização habitacional, com traçados espaciais e rotas, orientados ao transporte público e estabelecimento de limites de tamanho para disponibilidade de serviços e instalações.
- Inovação tecnológica com aumento da eficiência e garantia da melhor tecnologia no uso de fontes de energia renováveis. Também podem ser inseridas normas para redução de ruídos, além de restringir o acesso a determinadas partes da cidade somente para veículos ambientalmente mais limpos que outros.

Com essas quatro ações, Banister (2008) acredita ter a chave para a mudança de pensamento das pessoas, através da criação de espaços atraentes e acessíveis. Também acredita que deve haver envolvimento das pessoas em um planejamento de transporte a fim de ter uma compreensão lógica por trás das mudanças políticas e comportamentais com uma aceitabilidade pública.

Através dos quatro tipos básicos para alcançar a mobilidade sustentável, Banister (2008) demonstra elementos-chave na promoção do paradigma da mobilidade urbana:

- Melhor utilização de tecnologia, com investimentos em modos de transporte, sistema de informação e dar direções à indústria quanto às prioridades, como por exemplo, veículos mais eficientes e com combustíveis alternativos. No entanto, não se descarta a necessidade de mudanças comportamentais, com condução ecológica e dentro dos limites de velocidade para o público em geral.
- Para reduzir o número de viagens, diminuir a distância da viagem, alterar as ações do modo e promover veículos com maior eficiência, faz-se necessário o apoio público através de regulação e precificação de custos externos do transporte a serem refletidos nos custos reais das viagens com preços mais elevados de combustível ou por meio de cobrança dos usuários na estrada.

- Níveis aprimorados de proximidade auxiliariam na redução da distância percorrida e contribuiriam para reduzir viagens e mudanças de divisão modais, através de planejamento e regulamentações, para que medidas de contenção física e padrões de desenvolvimento sejam utilizados para suportar viagens mais curtas.
- A aceitabilidade é um elemento essencial para a mobilidade urbana e é crucial que haja pressão social, com conscientização, demonstração, persuasão e *marketing* individual com informações pessoais claramente direcionadas.

Com o apoio de todas as partes interessadas, o paradigma da mobilidade sustentável direciona para um sistema de planejamento baseado em objetivos focados em implementar uma série de intervenções políticas para que uma mudança real possa ocorrer, através da compreensão do comportamento e exploração dos meios pelos quais a cooperação e o apoio possam ser obtidos (BANISTER, 2008).

O incentivo à utilização dos automóveis nas vias gera mais congestionamentos e alimenta um círculo vicioso responsável pelo aquecimento global, qualidade do ar e comprometimento da qualidade de vida nas cidades (aumento dos níveis de ruídos, tempos de viagens, degradação do espaço público, atropelamentos e estresse gerado pelo trânsito) (NTU, 2019).

Os serviços de transporte sob demanda impactaram negativamente na mobilidade principalmente pelo aumento de volume de viagens por automóveis e pela competição frente ao transporte público. Somente na cidade de São Paulo, por exemplo, o prejuízo anual pelo transporte sob demanda é de R\$ 3,13 bilhões. Essas externalidades vão contra com as boas práticas de políticas urbanas voltadas ao desenvolvimento de cidade sustentáveis (NTU, 2019).

O transporte público coletivo é garantido pela Constituição Federal do Brasil e deve ser protegido e privilegiado frente ao transporte individual motorizado a fim de garantir deslocamentos racionais e sustentáveis. A inovação, seja ela tecnológica ou em modelo de negócios, é uma ferramenta importante para o desenvolvimento da mobilidade urbana. No entanto, não deve se contrapor aos direitos sociais dos cidadãos brasileiros (NTU, 2019).

## 2.4 MOBILIDADE EM OUTROS PAÍSES

A fim de diminuir a emissão de gases poluentes e reduzir os problemas de mobilidade, a cidade chinesa de Hangzhou passou a limitar a compra de automóveis em 2014.

Para isso, o município determinou que o número máximo de carros a serem vendidos por ano seria de 80 mil unidades. Após essa medida, outros cinco municípios também restringiram o número de veículos que podem ser comercializados (NTU, 2015).

Em Helsinque, capital da Finlândia, iniciou-se em 2015 um plano para priorização do transporte público através de um sistema de demanda personalizada, onde um *software* que pode ser utilizado em celulares e computadores programa o trajeto individualmente, seja por meio de metrô, trem, ônibus, táxi ou bicicleta. Dessa forma, os moradores podem não se sentir motivados a adquirir um carro (NTU, 2015).

Em Paris, a ideia é acabar com a circulação de carros no centro histórico, permitindo que somente ônibus, táxis e bicicletas possam andar na região central. A cidade de Hamburgo, segunda maior cidade da Alemanha, também pretende tirar carros das ruas com o plano *Grünes Netz* (Rede Verde, em tradução literal), através da ampliação de áreas verdes e ciclovias. (NTU, 2015).

Na cidade de Zurique, na Suíça, existe um sistema de transporte intermodal que permite que a população se desloque para qualquer lugar da cidade sem precisar utilizar um carro. A cidade conta com 42% dos deslocamentos realizados a pé ou bicicleta e 32% realizados por transporte público. Além do mais, existe um número fixo de estacionamentos que não sofre alteração e mais de 4500 sensores que monitoram a quantidade de carros em um sistema de controle de tráfego (NTU, 2015).

Em 2014, um milhão de bicicletas foram vendidas na Espanha, ao mesmo tempo em que foram vendidos 720 mil carros. Isso mostra que a utilização de bicicletas na Espanha é uma alternativa bastante visada nos projetos de mobilidade sustentável (NTU, 2015).

Com a utilização de *displays* eletrônicos em mais de 700 paradas de ônibus, bondes e estações de trem na região metropolitana de Oslo (Noruega), são fornecidas informações de tráfego em tempo real tanto das chegadas quanto de partidas. Tais informações são repassadas através do *SIS Oslo* que também tem a capacidade de dar prioridade de passagem aos veículos de transporte público nos semáforos. A intenção política é de melhorar os serviços de transporte público, tanto na satisfação do cliente quanto na eficiência operacional (MATTHIAS WEBER et al., 2014).

Ainda na Noruega, as regiões de Oslo e no condado vizinho de Akershus contam com sistema de bilhetagem eletrônica *Flexus*, de forma que um bilhete multiuso serve para vários meios de transporte público, como metrô, bondes, ônibus, trens e balsas. Esse sistema

inclui a venda de passagens eletrônicas pela rede e máquinas automáticas nas estações (MATTHIAS WEBER et al., 2014).

A Áustria conta com o *Compano*, serviço de agência de viagens e informações de viagens multimodais em tempo real, fornecido por associações de transporte público austríacas, que organizam o compartilhamento de caronas para toda a região austríaca. É baseado em um sistema de informações geográficas (GIS) que busca as solicitações ao longo de um corredor, ou seja, combinam motoristas e passageiros pelas suas coordenadas geográficas. Além dos serviços comumente ofertados por *carpooling*, o *Compano* está orientado para viagens periódicas de passageiros a fim de complementar os serviços de transporte público (MATTHIAS WEBER et al., 2014).

Também há o *ITS Vienna Region* que fornece uma imagem completa da situação atual do tráfego para estabelecer os serviços de roteamento e informação de tráfego regional, intermodal e dinâmico em tempo real, sendo uma rede intermodal (GIP – *Graph Integration Platform*) para todos os modos de tráfego (individual, transporte público, ciclismo e caminhada). O GIP é baseado em informações que são atualizadas permanentemente sobre todas as rotas de transporte, inclusive quanto a paradas de ônibus e bondes, estacionamentos, canteiros de obras, etc. É um projeto cooperativo de gerenciamento de tráfego, administrado pelos estados federais de Viena, Baixa Áustria e Burgenhland, na Áustria (MATTHIAS WEBER et al., 2014).

Para Kambur et al. (2021), uma das formas de resolver os problemas de gerenciamento de trânsito, é a utilização de STI. Na cidade russa de Belgorod, foi proposto um método para utilização de STI através da proibição da entrada de veículos na cidade, considerando o número final das placas dos veículos em determinados horários de pico, sendo proibida a entrada das placas com final 1 e 2 na segunda-feira, 3 e 4 na terça-feira, 5 e 6 na quarta-feira, 7 e 8 na quinta-feira e 9 e 0 na sexta-feira. Cerca de 1000 metros antes das seis entradas da cidade, há painéis de informação (

Figura 12) para alertar aos motoristas em tempo e estes podem utilizar um estacionamento “interceptor” e a partir dali seguir em transporte público.

Figura 12 – Placa de informação na cidade russa de Belgorod.



Fonte: Kambur (2021).

Em cada complexo de parada, há a programação da rota, tempo de viagem e geolocalização do transporte público para a conveniência dos passageiros (KAMBUR et al., 2021).

Através de um sistema de vigilância por vídeo inteligente, é possível ler os números das placas, identificar infratores e transferir os dados para a polícia para que sejam multados na cidade de Belgorod. Com essa técnica, é possível reduzir o congestionamento em 22%, melhorar a situação do ambiente em 25% e melhorar na economia do combustível em 18% (KAMBUR et al., 2021).

De acordo com Kambur et al. (2021), o STI russo permite que seja fornecido:

- Informações aos motoristas sobre a violação das regras de trânsito e operação do carro, como também informações quanto à previsão de longo e curto prazo sobre o estado das condições de tráfego rodoviário;
- Registro automático de infrações de trânsito para identificar e punir os responsáveis;
- Aumentar a atenção dos motoristas ao dirigir em diversas situações em condições estressantes;
- Reduzir o tempo de viagem dos passageiros por todos os modos terrestres de transporte urbano;
- Aumentar a capacidade das ruas e estradas da cidade através da regulação de fluxos de tráfego, gerando informações de alerta a respeito das condições do trânsito;

- Garantir que o passageiro escolha a rota ideal, desde o ponto de partida até o ponto final, considerando rotas, horários de transporte público, situações do tráfego e densidade do tráfego;
- Otimização das rotas de circulação de veículos, levando em conta a relevância do estado do tráfego rodoviário e a dinâmica das mudanças no congestionamento do tráfego.

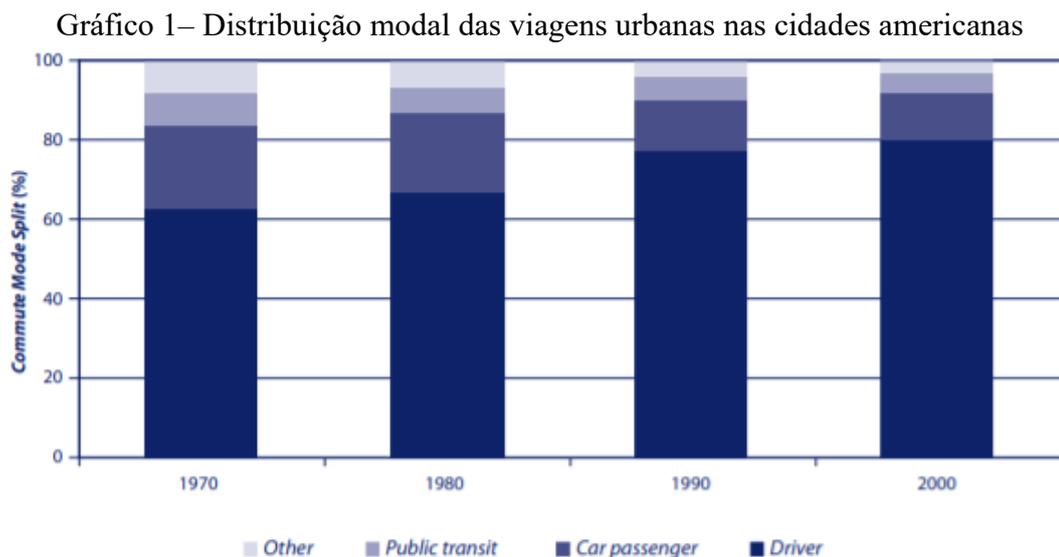
Os itens descritos são eficazes para reduzir o congestionamento, aumentar o rendimento da rede e aumentar a busca por transportes públicos (KAMBUR et al., 2021).

Sabe-se que a cidade de São Paulo introduziu o rodízio de veículos, conforme os finais das placas. Contudo, observou-se que famílias de classe média adquiriram um segundo ou terceiro carro, para “burlar” o rodízio (CHEN, 2012).

Desta forma é possível observar que cada cidade adota uma solução mais adequada a sua própria realidade e ainda assim podendo assim ser replicadas a outras cidades.

#### 2.4.1 Comparativo entre Estados Unidos e Europa

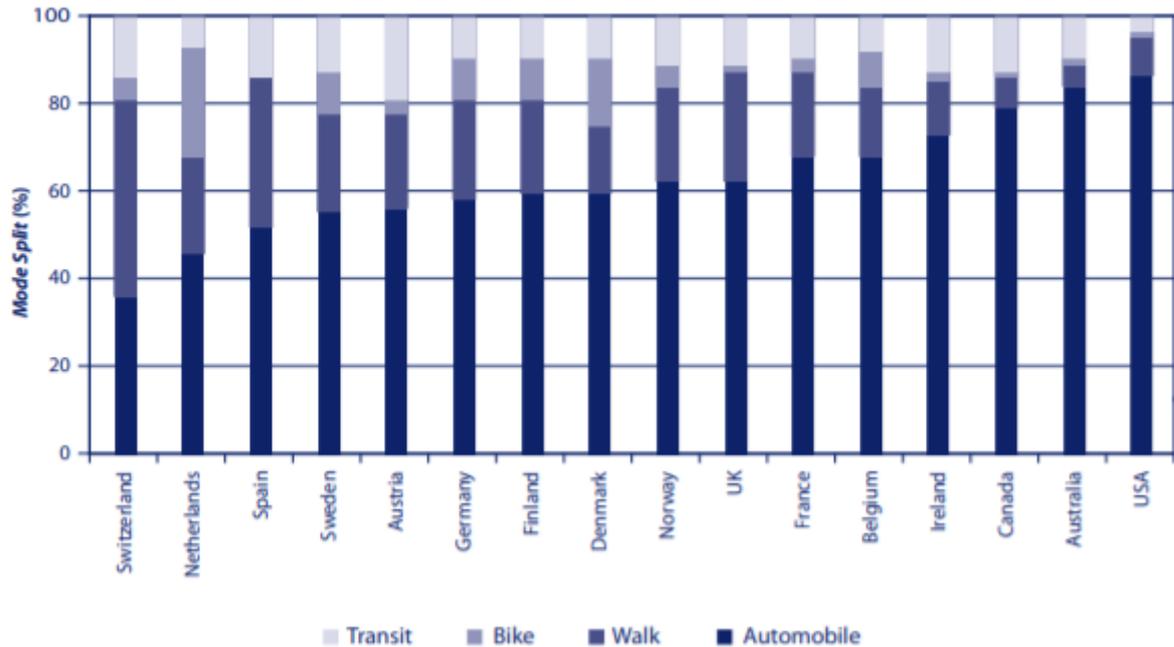
De acordo com Vasconcellos et al., (2011), na matriz modal norte-americana, o transporte privado por automóvel vem apresentando uma participação cada vez maior nas últimas décadas, enquanto transporte público fica em segundo plano como mostra o Gráfico 1, a seguir:



Fonte: Victoria Transport Policy Institute (Apud Vasconcellos et al, 2011).

Já as cidades europeias se destacam pelo maior uso de transporte não motorizado com relação às cidades americanas. (Vasconcellos et al., 2011).

Gráfico 2– Distribuição modal nas principais cidades da Europa e nos Estados Unidos



Fonte: *Victoria Transport Policy Institute* (Apud Vasconcellos et al, 2011).

Pode-se inferir que *Transist* se refere ao transporte público de pessoas; *Bike*, transporte de bicicletas; *Walk*, se refere a transporte de pedestres e *Automobil*, veículos de passageiros.

Pelo exposto no Gráfico 2, é possível observar a diferença entre o padrão de modalidade dos Estados Unidos com relação aos países europeus, onde há um grande percentual de participação de utilização de transporte público e transporte não motorizado. Apesar de grande parte da população europeia possuir veículo privado, o transporte coletivo ou não motorizado é utilizado no dia a dia. Isso em decorrência de sistema viário e sistemas de transporte público e não motorizado mais atrativos, enquanto que a maioria das cidades americanas é voltada ao automóvel, com grandes vias de transporte rápido e poucas opções de transporte coletivo e ciclovias (VASCONCELLOS et al., 2011).

Um padrão de mobilidade com foco no automóvel tem por consequência maior gasto com energia e emissão de poluente *per capita*. Os Estados Unidos criaram políticas para aumentar a participação do transporte público na modalidade urbana com a implantação de

ônibus BRT (*Bus Rapid Transit*), como implantado em Curitiba (Brasil) e Bogotá (Colômbia), onde os veículos circulam em pistas exclusivas, a cobrança é realizada fora do veículo e o embarque é realizado no mesmo nível dos veículos em nível (VASCONCELLOS et al., 2011).

## 2.5 IMPACTOS DA PANDEMIA DA COVID-19

A pandemia da COVID-19 proporcionou uma reflexão em diferentes campos da produção acadêmica e das políticas públicas. Transporte e mobilidade fazem parte de um campo de interesse central que foi desafiado pelas condições inéditas que iniciaram nos primeiros meses de 2020 (GUTIÉRREZ; BLANCO, 2021).

Medidas de restrições de aglomerações, além de decisões individuais de evitar viagens em transporte público a fim de diminuir a exposição ao risco de contaminação reduziu globalmente a demanda por deslocamentos (ANDRADE; NETO; RABAY, 2021).

Segundo Andrade et al. (2021), o Brasil que já apresentava tendência de redução de demanda, viu sua situação piorar com a pandemia, colocando em risco a sustentabilidade financeira dos serviços de transporte coletivo.

Após a participação de oito *webinars* temáticos que aconteceram através de um Fórum de discussão pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) para tratar dos sistemas de mobilidade urbana e de transporte público com a pandemia do Covid-19, Andrade et al. (2021) compilaram as principais estratégias propostas no Fórum e as resumiu em um planejamento estratégico através dos seguintes tópicos:

- Reduzir passageiros por viagens e nas estações, em deslocamentos mais ágeis a fim de reduzir o tempo de exposição e riscos de contágio;
- Ajustar a oferta à demanda conforme as condições de restrições referentes à ocupação;
- Melhorar as condições de infraestruturas para transportes ativos no intuito de aumentar a atratividade;
- Disponibilizar informações quanto à oferta de transporte, horários e condições de ocupação na rede e nas linhas.

Andrade et al. (2021) também enfatizam que para o sucesso das estratégias, é necessário superar barreiras quanto a financiamento, regulação e gestão de transportes, além da agilidade em decisões políticas.

### 2.5.1 Paradoxo Covid-19

Considerando-se que esta pesquisa se desenvolveu também ao longo da pandemia de COVID-19, optou-se por incluir algumas considerações a respeito.

Com mais pessoas passando mais tempo em casa, algumas cidades começaram a ampliar os espaços públicos para transportes não motorizados, como caminhadas e bicicletas (LINDAU, 2020).

Ruas de cidades como Bogotá, Filadélfia, Cidade do México, Berlim, entre outras, foram fechadas ao tráfego de veículos e utilizadas para ciclistas (SCHWEDHELM et al., 2020). Por outro lado, são utilizados mais veículos de entrega devido ao crescimento de vendas *online* (LINDAU, 2020).

Sistemas de aprendizado *online* para estudantes de todas as idades se tornam populares e pessoas trabalhando de casa, também. Assim, acontece a remodelagem física das cidades e há uma nova dinâmica da vida urbana (LINDAU, 2020).

Com a pandemia de COVID-19, vieram à tona as preocupações dos planejadores urbanos e o atual momento é visto como a hora de colocar a mobilidade ativa e o transporte público em primeiro lugar. Há uma ampla variedade de soluções de mobilidade sustentável que já foram testadas em diversos locais e com diferentes culturas (LINDAU, 2020).

Assim, essa pandemia também trouxe desafios aos STI e mobilidade urbana sustentável, de forma a continuar a atender os cidadãos de forma segura e atrativa.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Uma cidade preocupada com a sustentabilidade possui diversas atividades sendo desenvolvidas, resultando em determinadas pressões e impactos, no presente e no futuro. Tais atividades diferem entre si em função de sua localização, especificidade e tipologia. Assim, buscam-se soluções para equilibrar a necessidade de desenvolvimento econômico e a construção de um território ambientalmente sustentável (CAMPOS; RAMOS, 2005).

Dentre as atividades de uma cidade, está o deslocamento urbano, sendo ele motorizado ou não, cuja necessidade ocorre em virtude de atividades sociais, econômicas e de lazer. O sistema de transporte surge para dar mobilidade aos indivíduos em função da necessidade de integração dos mesmos com as diversas atividades (CAMPOS; RAMOS, 2005).

Neste capítulo observou-se a arquitetura dos sistemas e destacam-se os domínios e grupos de serviços aplicados no Brasil, bem como também se observou gestão de STI, big data, mobilidade urbana sustentável, tanto do Brasil, como em outros países.

No capítulo seguinte, são demonstrados os métodos aplicados a este trabalho, apresentando de que forma esta pesquisa é caracterizada e quanto aos meios e técnicas utilizadas.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO

De acordo com Gil (2002), a pesquisa pode ser definida como o procedimento racional e sistemático que tem como propósito trazer as respostas dos problemas que estão sendo apresentados. A pesquisa também se faz necessária quando não há informação suficiente para responder a um problema, ou quando a informação disponível se encontra em desordem.

Para Silva e Menezes (2005), pesquisa é um conjunto de ações, com o intuito de encontrar a solução para um problema, tendo como base procedimentos racionais e sistemáticos. Quando não se tem informações para a solução de um problema, é que a pesquisa é realizada.

Neste capítulo, é exposta a caracterização da pesquisa, demonstrando o processo utilizado para o seu desenvolvimento e sua classificação quanto aos meios e técnicas utilizadas.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada a partir da contextualização do tema e apresentação do problema, seguido dos objetivos, justificativa e estrutura, escopo e limitações do trabalho.

A Fundamentação teórica, fez uma revisão da literatura a partir da leitura de periódicos acadêmicos encontrados no Portal da Capes e *Google Scholar*, revistas especializadas, livros e *sites* de organizações que tratam do tema.

##### 3.2.1 Hipótese

Considerando que a pesquisa científica se inicia normalmente com um problema, o passo seguinte consiste em ofertar uma solução possível através de uma proposição, ou seja, de uma expressão verbal que possa ser apresentada como verdadeira ou falsa. Dessa forma, a hipótese é a proposição testável que pode ser a solução para o problema em questão (GIL, 2002).

As declarações e observações testáveis são deduzidas de uma hipótese. Popper (1975), em seu método hipotético-dedutivo, não afirma evidências positivas em favor de uma única hipótese, mas procura falhas ou erros ao invés da confirmação (RIEPPPEL, 2003).

Popper (1975) afirma que não se deve justificar a alegação de que uma teoria é verdadeira, pois todas as teorias são hipóteses e todas podem ser derrubadas. Testa-se pela verdade, eliminando a falsidade.

As hipóteses, ou teorias, ou expectativas precedem a observação. Assim, caso uma observação refute determinada hipótese, esta pode estimular o surgimento de uma nova hipótese. As hipóteses se tornam nosso guia e nos conduzem a novos resultados observacionais (POPPER, 1975).

Assim, após a realização da pesquisa bibliográfica, aplica-se o método hipotético-dedutivo nas pesquisas realizadas através de uma hipótese a ser investigada.

### 3.3 SOBRE OS MEIOS E TÉCNICAS UTILIZADOS NESTA PESQUISA

Segundo (SILVA; MENEZES, 2005), as pesquisas podem ser classificadas de diferentes formas, entretanto, as formas clássicas de classificação são as seguintes:

Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa, (SILVA; MENEZES, 2005) pode ser:

- **Pesquisa Básica:** Com objetivo de gerar novos conhecimentos com utilidade para o avanço da ciência, sem aplicação prática prevista. Envolvendo verdades e interesses universais.
- **Pesquisa Aplicada:** Com objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática e voltados à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, Silva e Menezes (2005) expõe que a pesquisa pode ser:

- **Pesquisa Quantitativa:** com o intuito de traduzir as informações em números após classificá-las e analisá-las, considerando que tudo pode ser quantificável. Nessa forma de pesquisa é requerido o uso de recursos e técnicas estatísticas, tais como percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, entre outros.
- **Pesquisa Qualitativa:** Nesse caso não é requerida a utilização de métodos e técnicas estatísticas. A pesquisa é descritiva e o ambiente natural é a fonte para a coleta de dados, onde o pesquisador é o instrumento-chave. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem e os pesquisadores tendem a analisar os dados de forma indutiva. Trata-se de um vínculo

indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzida em números.

Quanto aos seus objetivos, Gil (2002) classifica as pesquisas em três grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

- Pesquisa Exploratória: esta pesquisa tem o intuito de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. Esse tipo de pesquisas envolvem levantamentos bibliográficos, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Na maioria dos casos é voltada para a pesquisa bibliográfica ou de estudos de caso.
- Pesquisa Descritiva: tem o objetivo de descrever as características de determinada população ou fenômeno, ou ainda estabelecer relações entre as variáveis. Utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionário e a observação sistêmica, são características para esse tipo de pesquisa.
- Pesquisa explicativa: esse tipo de pesquisa busca fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de fenômenos. Pesquisas explicativas buscam explicar a razão e o porquê das coisas, assim, tais pesquisas aprofundam mais o conhecimento da realidade. Quando realizadas nas ciências naturais, utilizam o método experimental. Já nas ciências sociais, utilizam-se do método observacional. A maioria das pesquisas explicativas é classificada em experimentais e *ex-post-facto*.

Com base nos procedimentos técnicos utilizados, as pesquisas são classificadas conforme o seu delineamento, considerando o ambiente em que são coletados os dados e as formas de controle das variáveis que estão envolvidas e conforme Gil (2002), podem ser classificadas das seguintes maneiras:

- Pesquisa Bibliográfica: quando é realizada a partir de material já elaborado, como livros e artigos científicos e atualmente utilizando também material disponibilizado na internet.
- Pesquisa Documental: quando realizadas com materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que ainda podem ser realizados em conformidade com os objetos da pesquisa.
- Pesquisa Experimental: consiste em determinar um objeto de estudo, onde se selecionam as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definindo as formas de controle e observação dos resultados que a variável efetua no objeto.
- Pesquisa *Ex-post-facto*: esse tipo de pesquisa se caracteriza quando um experimento se realiza após os fatos.
- Levantamento: caracterizado pela interrogação direta das pessoas com comportamentos que ainda se quer conhecer. O procedimento consiste na solicitação de informações de um problema estudado a um grupo de pessoas e

com isso obtêm-se conclusões referentes aos dados coletados com análise quantitativa.

- Estudo de caso: caracteriza-se pelo estudo profundo de um ou poucos objetos, de forma que se permita um conhecimento mais detalhado.
- Pesquisa-Ação: trata-se de um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Nesse caso, os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.
- Pesquisa Participante: caracteriza-se pela interação entre pesquisadores e membros das situações que estão sendo investigadas. Tal pesquisa envolve a distinção entre ciência popular e ciência dominante.

Para apresentar informações acerca do tipo de pesquisa realizada neste estudo, elaborou-se o Quadro 2, exposto a seguir:

Quadro 2 - Classificação quanto aos meios e técnicas da pesquisa

Do ponto de vista da sua natureza	Pesquisa básica
Do ponto de vista da abordagem do problema	Pesquisa qualitativa
Do ponto de vista de seus objetivos	Pesquisa explicativa
Do ponto de vista dos procedimentos técnicos	Pesquisa Documental/ Experimental

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Dessa maneira, a pesquisa é classificada como básica, pois envolve questões universais que podem ser aplicadas em diversos municípios, qualitativa e explicativa. Ainda, quanto aos meios, pode ser caracterizada como documental e experimental.

### 3.4 MODELO COBIT

Na busca de indicadores para compor os resultados desta pesquisa, identificou-se o COBIT, o qual se descreve a seguir.

Através da tecnologia que vem sendo desenvolvida ao longo dos anos, foi possível a utilização de ferramentas que proporcionam maior eficiência, otimização de tempo e espaço, além de maior controle dos resultados aos gestores (ZORTEA, 2022).

Assim, busca-se a proposta de um sistema que auxilie os órgãos públicos no planejamento e acompanhamento da operação de sistemas inteligentes de transportes voltados ao modal rodoviário para pessoas através do modelo tridimensional COBIT (*Control Objectives for Information and Related Technology*). Tal modelo pode ser definido como uma ferramenta para gestão de projetos e de processos de Tecnologia da Informação (TI) (LOBO; LOBO, 2021).

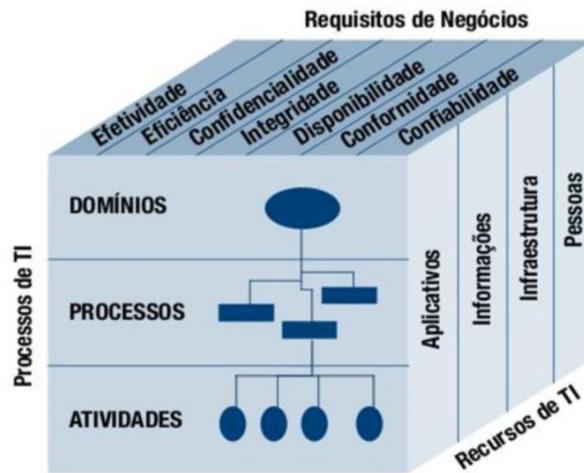
Segundo Lobo e Lobo, (2021), o COBIT é um *framework* que pode ser utilizado em outras áreas do conhecimento, ou seja, uma estrutura capaz de fornecer uma base para efetivação e gestão de diversos projetos, além da Tecnologia de Informação.

O COBIT foi lançado pela primeira vez em 1996. Já no ano de 2012 foi publicado o COBIT 5 para incluir novas tecnologias e tendências de negócios em informação e tecnologia, como digitalização. O COBIT 5 foi atualizado para a versão COBIT 2019, através da inclusão de novos *insights* de especialistas na área de TI e governança. Neste momento se encontra com a versão mais recente, chamada de COBIT 2019, que foi lançada em 2018 (HARISAIPRASAD, 2020).

Em comparação do COBIT 2019 com o COBIT 5, houve alteração nos princípios de governança, a fim de garantir que as necessidades das partes interessadas sejam avaliadas e acordadas de acordo com os objetivos da empresa, para definir a direção por meio de priorização e tomada de decisões, bem como para monitorar o desempenho e a conformidade em relação à direção e aos objetivos definidos. Também foram apresentados novos recursos, como fatores de *design*, de forma que se permite adaptar os sistemas de governança (HARISAIPRASAD, 2020).

A seguir é ilustrado o cubo de COBIT (Figura 13) que leva em conta os grupos de interesse, interface e indicadores para a formulação deste.

Figura 13 - Cubo do COBIT



Fonte: ITGI (2007).

O cubo de COBIT possui característica multicamada e tridimensional para os projetos de TI, onde, originalmente, são apresentados os domínios, processos e atividades na face frontal.

A segunda face deste modelo compõe os recursos de TI e a terceira face contempla os requisitos de negócios.

Por último, serão atribuídos pesos em uma tabela com os Grupos de Serviços referentes a cada Domínio de Serviço pesquisado, correlacionando com as cidades onde foram obtidas as informações.

### 3.5 FECHAMENTO DO CAPÍTULO

Para cada camada, a partir do capítulo seguinte, serão identificados os elementos e será aplicado o COBIT, ou seja, serão definidas as dimensões do COBIT e a cada dimensão atribuídos os elementos dos indicadores que serão relacionados e discutidos.

No próximo capítulo será apresentado o estado da prática quanto às aplicações tecnológicas que são voltadas à mobilidade.

## **4 ESTADO DA PRÁTICA SOBRE AS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS VOLTADAS À MOBILIDADE**

### **4.1 INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO**

Para entender melhor as práticas voltadas à mobilidade, foram pesquisadas quatro cidades europeias: Hannover, Helsinki, Londres e Vienna, a fim de compreender o diferencial com relação a cidades brasileiras e assim entender as diferenças com as cidades brasileiras. Quanto às cidades brasileiras, foram pesquisadas as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba, sendo as duas primeiras escolhidas por serem as cidades mais populosas do Brasil e, Curitiba, por ser um destaque na área de transporte e um exemplo de mobilidade para outras cidades.

### **4.2 APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS NO MUNDO VOLTADAS À MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL**

#### **4.2.1 Hannover**

Graças à localização central, é possível chegar a Hannover e voltar de Berlim, Hamburgo ou Renânia do Norte-Vesfália em pouco tempo. É um importante entroncamento de tráfego na Alemanha e na Europa, seja por autoestrada, trem ou avião. Também é um destino de viagem popular e um ponto de partida para uma variedade de passeios (HANNOVER, 2022a), como pode ser visto a seguir na Figura 14:

Figura 14 - Localização de Hannover



Fonte: Autora, adaptado de Google (2023).

As viagens de ônibus, bonde ou trem local na região de Hannover, utilizam uma rede coordenada de diferentes empresas de transporte, todas combinadas na associação de transportes *Großraum-Verkehr Hannover* (GVH) (HANNOVER, 2022a).

As ferrovias da cidade *Üstra* (*Üstra Hannoversche Verkehrsbetriebe Aktiengesellschaft*), sistema de bonde que fazem ligação, muitas vezes direta para Langenhagen, Laatzen, Garbsen, Altwarmbüchen e Sarstedt. As redes de ônibus *Üstra* e *Regiobus* complementam o transporte ferroviário local. Os trens S-Bahn e regionais operados pelas empresas *Deutsche Bahn*, *Metronom*, *Erixx* e *WestfalenBahn* fazem conexão com a maioria das cidades e comunidades na área de Hannover com a capital do país (HANNOVER, 2022a).

#### 4.2.1.1 Informações ao viajante

São fornecidas informações sobre chegada e partida, transporte público local, vagas de estacionamento, empresas de táxi, entre outras (HANNOVER, 2022a).

A região de Hannover tem todas as informações de horário de forma eletrônica que são necessárias para realizar as viagens de trem local, S-Bahn ou Stadtbahn e ônibus. Ele

contém os dados do calendário de toda a Baixa Saxônia e Bremen. Também são fornecidas informações sobre chegada e partida, transporte público local, vagas de estacionamento, empresas de táxi, entre outros (HANNOVER, 2022a).

#### 4.2.1.2 Operações e gerenciamento de tráfego

São realizadas 3,5 viagens por dia para cada pessoa na região de Hannover. E é no aspecto sustentável que ocorre o gerenciamento do tráfego, evitando o tráfego de carros e focando em mais bicicletas e transporte público. A equipe que elabora o plano de transporte local, presta atenção na coordenação do tráfego de bicicletas e na segurança rodoviária, juntamente com o Estado e a polícia (HANNOVER, 2022b).

Hannover conta com o *sprintRAD*, um aplicativo de locação de bicicletas com as quais é possível percorrer os últimos metros da parada do carro ou ponto de transporte público até o destino final ou mesmo fazer todo o trajeto de bicicleta. As bicicletas podem ser usadas de segunda a sexta-feira das 08:30 às 15:00 e das 19:00 às 06:30 do dia seguinte, bem como em tempo integral aos sábados, domingos e feriados dentro do GVH (zonas ABC) gratuitamente. Durante os outros horários, podem ser adquiridos bilhetes (bilhete único, bilhete de 6 viagens ou bilhete diário para uma zona) para a bicicleta nos trens da DB, Transdev, Metronom, Enno, Erixx, WestfalenBahn ou Niedersachsen Mitte (GVH, 2022a).

Para os casos em que a bicicleta é levada com frequência, vale a pena adquirir um Passe Mensal adicional para uma zona (A, B ou C). Para viagens dentro da tarifa Regional (zonas DF), geralmente é necessário adquirir um bilhete de bicicleta. Na estação central de Hannover há serviços de lavagem e manutenção de bicicletas (GVH, 2022a).

Algumas empresas de transporte da GVH oferecem treinamentos especiais para passageiros com mobilidade reduzida, a fim de deixá-los mais seguros para utilizar o transporte local (GVH, 2022a).

As empresas de transporte dentro da GVH oferecem aos passageiros um horário suplementar em determinadas linhas de ônibus. Táxis fixos, micro-ônibus e ofertas sob demanda, como o serviço de chamada de ônibus ou o táxi de plantão, substituem os ônibus de trânsito, quando há menos pessoas viajando e levam os passageiros até seus destinos (GVH, 2022a).

Outro serviço são os táxis noturnos femininos, onde durante a tarde e a noite, as mulheres não precisam viajar sozinhas. Muitas autoridades locais na região de Hannover subsidiam este serviço. As clientes GVH femininas podem usá-lo a um preço reduzido em

Garbsen, Hannover, Lehrte, Ronnenberg e Sehnde. Os regulamentos variam de cidade para cidade (GVH, 2022a).

Também existem estações de paradas na região de tráfego da GVH com cerca de 6.000 vagas de estacionamento disponíveis abertos 24 horas por dia, gratuitos, que servem para mudar do próprio carro para os ônibus ou bondes e chegar ao destino (GVH, 2022a).

Ainda, há o compartilhamento de carros *Stadtmobil* que pode ser realizada por meio de aplicativo. Não é necessário determinar o período de uso e é permitido estacionar após a utilização em qualquer lugar dentro da área na cidade de Hannover (GVH, 2022a).

#### 4.2.1.3 Transporte público

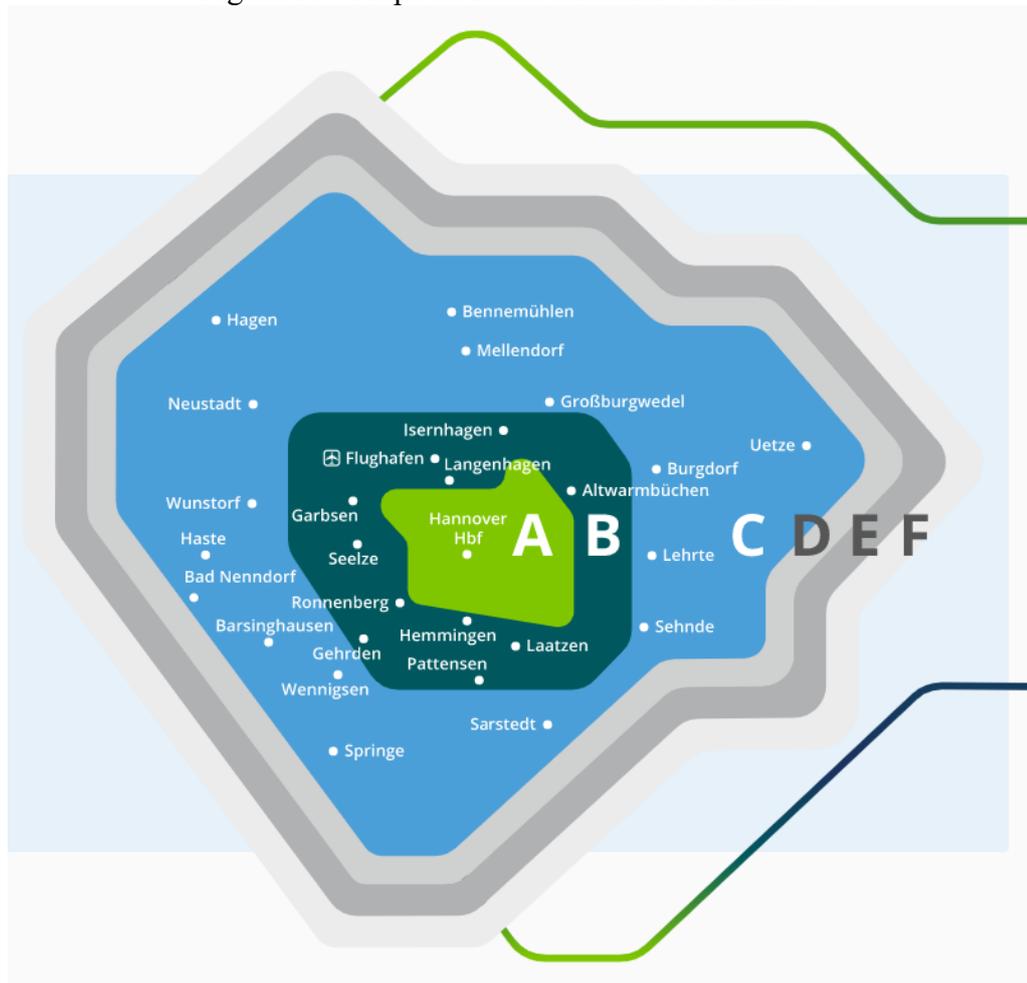
Na região de Hannover, existe uma rede coordenada para viagens de ônibus, bonde, ou trem local e com diferentes empresas de transporte combinadas em uma associação de transporte (HANNOVER, 2022a).

As ferrovias da cidade muitas vezes têm linhas diretas ligadas às cidades vizinhas e são realizadas pela empresa Üstra. Já os trens S-Bahn e regionais são operados pelas empresas Deutsche Bahn, Metronom, Erixx e WestfalenBahn que conectam a maioria das cidades e comunidades na região de Hannover com a capital do país. Ainda, a rede de ônibus Üstra e Regiobus complementa o transporte ferroviário local, além das conexões entre áreas locais, distritos e centros (HANNOVER, 2022a).

De forma a atingir a todas as pessoas, sem importar se a viagem é ocasional, deslocamento para o trabalho, de ônibus ou trem, em Hannover é possível encontrar diversos tipos de venda de bilhetes (GVH, 2022b).

As zonas tarifárias de Hannover são classificadas em Zonas A (área urbana de Hannover), B (cidades e comunidades vizinhas), C (área externa da região) e DF (tarifa regional), onde cada uma delas possui sua própria cor conforme a Figura 15 a seguir (GVH, 2022b):

Figura 15 - Mapa de zonas tarifárias de Hannover



Fonte: GVH (2022).

Há opções de bilhetes únicos que contemplam uma, duas ou três regiões (A, B e C) em opções de bilhetes únicos, diário ou mensais, bem como também existem as tarifas regionais.

Dentre as opções de cartões individuais, pode-se citar (GVH, 2022b):

- Bilhete para curta distância: válido para três paradas no bonde ou cinco paradas no ônibus. Neste caso, não é válido para empresas ferroviárias e viagens expressas;
- Cartão único: válido por até duas horas em todos os ônibus e trens da área de validade selecionada na área tarifária GVH, sendo possível trocar de trem no mesmo sentido de viagem dentro dessas áreas. Ida e volta não são possíveis;
- Bilhete único de criança: voltado para crianças entre 6 e 14 anos ou cachorro nos mesmos moldes do cartão único, mas com preço mais acessível;
- Bilhete único de 6 lugares: também nos mesmos moldes do cartão único, mas com tarifa mais acessível para grupos de 6 pessoas.

Quanto aos bilhetes diários, são passes válidos para qualquer número de viagens em ônibus e trens dentro das zonas selecionadas, válido até às 5 horas do dia seguinte. Neste caso, o bilhete se paga com duas viagens ao dia. Da mesma forma, há opções com preço diferenciado para crianças e para grupos de 6 pessoas (GVH, 2022b).

Há também a opção do bilhete diário “S”, mas que só é válido em conjunto com um cartão *Region S* (GVH, 2022b).

Além das opções de bilhete único e bilhete diário, também há disponibilidade da assinatura do passe mensal válido por 12 meses e o bilhete mensal, válido por um mês a partir do dia de validade selecionado. Estas opções tem a possibilidade de transferir para outra pessoa (GVH, 2022b).

Dentro dos bilhetes mensais, há a classificação com tarifas diferenciadas para utilização de 1ª classe, opção para idosos, jovens até 22 anos (alunos, egressos do voluntariado e estagiários) (GVH, 2022b).

Além de todas as alternativas citadas acima, ainda há a opção de tarifa regional de assinatura mensal com validade além das fronteiras da área tarifária da GVH (2022).

#### *4.2.1.4 Pagamento eletrônico relacionado ao transporte*

Toda a gama de bilhetes pode ser adquirida via *smartphone* e internet pela associação de transportes (GVH), através do site ou aplicativo da GVH. Estes podem ser adquiridos via *Google Pay* e *Apple Pay*, *PayPal* ou cartão de crédito e no caso de efetuar um registro, também pode ser pago com débito (GVH, 2022c).

Também podem ser adquiridos os bilhetes em uma Central de atendimento GVH, localizado no centro de Hannover, em 100 pontos de atendimento e máquinas de bilhetes com tecnologia *touchscreem* em todas as paradas do VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) Üstra e nas estações das linhas regionais e S-Bahn. Ao adquirir bilhetes nas máquinas das companhias ferroviárias, estes devem ser validados antes da viagem. Existem máquinas de validação em todos os ônibus e bondes da GVH. Há opção de adquirir a passagem diretamente na frente do motorista no ônibus. Os ônibus são equipados com leitores de cartão que aceitam todos os cartões de crédito padrão, cartões de débito ou outros sistemas de pagamento sem dinheiro. Os bilhetes são usados para iniciar sua viagem imediatamente e já estão validados (GVH, 2022c).

#### 4.2.1.5 Gerenciamento dos dados de STI

O sistema de informações para as estradas da Baixa Saxônia (Estado em que se localiza Hannover) utiliza o banco de informações rodoviárias da Baixa Saxônia (NWSIB-NI), onde podem ser exibidos dados para construção de estradas e tráfego, os quais podem ser exibidos com base nas geometrias das estradas (GVH, 2022b).

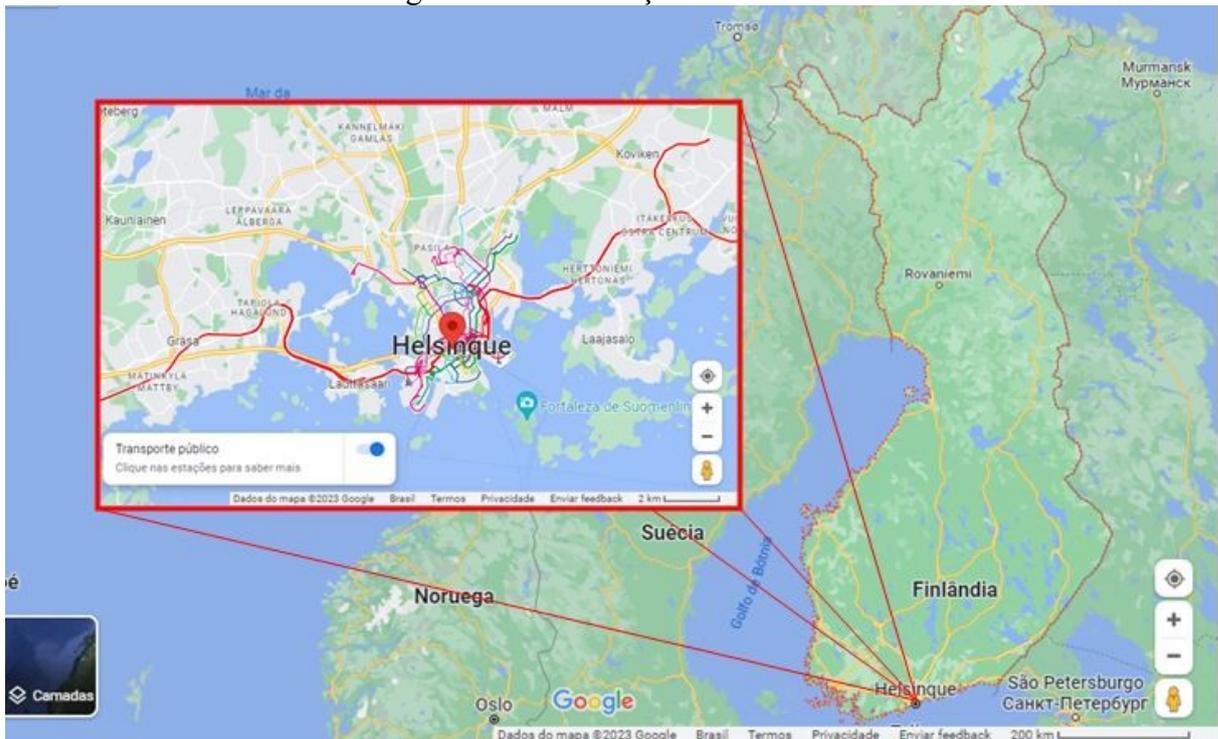
No banco de informações da Baixa Saxônia, as estradas que não estão classificadas ou em fase de planejamento ou em construção são mostradas apenas de forma parcial. Já as estradas distritais nem sempre estão atualizadas e completas. Tais informações são destinadas para profissionais da área, outras unidades da administração do Estado e parceiros contratuais (NIEDERSACHSEN, 2022).

#### 4.2.2 Helsinki

A HSL (Helsinki Region Transport), responsável pelo transporte público de Helsinki e outros nove municípios, enfatiza que o transporte público causa menos emissões que prejudicam o meio ambiente do que os carros particulares e diminui os engarrafamentos com uma maior utilização do transporte público do que os carros particulares (HELSINKI, 2022).

A seguir, pode-se ver na Figura 16 a localização de Helsinki, capital da Finlândia, localizada ao norte da Estônia e ao leste da Suécia:

Figura 16 - Localização de Helsinki



Fonte: Autora. Adaptado de Google (2023b).

A cidade de Helsinki, também conta com um plano de priorização do transporte público por meio de um conceito chamado de *MaaS* (*Mobility as a Service*), que significa “Mobilidade como um Serviço”, através de um aplicativo que reúne todos os tipos de transporte, realizando combinações entre diferentes modais e da maneira mais inteligente possível. Neste aplicativo, é possível realizar desde o planejamento da viagem até o pagamento, onde podem ser realizadas compras de viagem sob demanda ou assinar pacotes mensais (WHIM, 2016).

Dentre os modos ofertados dentro do *software* Whim, estão o transporte público (ônibus, bonde metrô, trem e balsas), serviço de táxi, aluguel de carros, patinetes e compartilhamento de bicicleta (WHIM, [s.d.]).

#### 4.2.2.1 Informações ao viajante

Os horários e linhas estão em constante atualização a fim de garantir a qualidade das informações aos passageiros. Na região de Helsinki, os horários de transporte público são publicados duas vezes ao ano, ou seja, a programação publicada em agosto tem validade de

outono até a primavera, pois no verão há menos tráfego do que em outras épocas (HELSINKI, 2022).

Os mapas de rotas de ônibus e bondes também são publicados anualmente pela HSL. Além disso, também se podem obter informações de horários nos pontos de serviço HSL, nos pontos de parada e por ligação para um número de atendimento ao cliente (HELSINKI, 2022).

#### *4.2.2.2 Operações e gerenciamento de tráfego*

A gestão operacional do tráfego é realizada pela Fintraffic, responsável pelos sistemas técnicos de túneis rodoviários, mudanças de sinalização rodoviária, sistemas meteorológicos que afetam as rodovias e serviços de tecnologia da informação e comunicação relacionadas ao tráfego da Finlândia. Também oferece dados abertos a todos que utilizam informações atualizadas sobre o tráfego (FINLAND, [s.d.]).

Dentre os serviços do Centro de Tráfego Rodoviário, está inclusa a manutenção da situação atualizada do tráfego rodoviário, controle de tráfego, informações relacionadas ao tráfego e gerenciamento de perturbações em parceria com as autoridades (FINLAND, [s.d.]).

A segurança e a fluidez no tráfego são o foco e podem ser melhoradas com atualização de informações e tratamento eficiente de situações de interrupção, sempre em cooperação com as autoridades, operadoras de transporte público e empreiteiros. Nas grandes áreas urbanas se destaca a cooperação com as entidades responsáveis pela gestão do tráfego urbano (FINLAND, [s.d.])

#### *4.2.2.3 Transporte público*

O transporte na região de Helsinki atende nove municípios além da própria capital, sendo eles (HELSINKI, 2022):

- Espoo
- Vantaa
- Kauniainen
- Kerava
- Kirkkonummi
- Sipoo
- Tuusula
- Siuntio.

Dentre os modos atendidos pelo transporte público, estão os ônibus, trens suburbanos, metrô, bonde e balsa (HELSINKI, 2022).

Existem linhas de ônibus locais que levam em conta as necessidades de grupos especiais, onde são utilizados micro-ônibus com piso baixo e os ônibus podem ser facilmente acessados por carrinhos de bebê ou pessoas em cadeiras de rodas, ainda, o motorista auxilia os passageiros com mercadorias para entrar e sair do ônibus (HELSINKI, 2022).

Os veículos locais levam os passageiros até perto de casa com rotas que são projetadas para que as paradas fiquem próximas aos serviços (HELSINKI, 2022).

Todos os bilhetes são válidos nas linhas e em outros ônibus (HELSINKI, 2022).

#### *4.2.2.4 Pagamento eletrônico relacionado ao transporte*

Pode-se efetuar um pagamento por meio de um cartão de viagem, aproximando-o da área de leitura de cartões ao entrar no veículo. O visor do leitor de cartões também mostra por quanto tempo o cartão é válido (HELSINKI, 2022).

Também há passagens com validade somente de ida e podem ser adquiridas em máquinas de bilhetes, quiosques, com os motoristas de ônibus (somente em dinheiro e valor mais caro) e em aplicativos. Dentre as opções que podem ser adquiridas, ainda há opções com bilhetes simples, diários ou por temporada. Podendo ser pago via conta telefônica ou cartão de débito ou crédito cadastrado ao aplicativo. (HELSINKI, 2022).

Para os usuários que utilizam o transporte público regularmente, podem adicionar tempo ao cartão e para os usuários que raramente viajam, podem recarregar o cartão com dinheiro. Ao efetuar a recarga em dinheiro, o cartão pode ser utilizado por várias pessoas ao mesmo tempo (HELSINKI, 2022)

Com o mesmo cartão é possível mudar, por exemplo, de trem para ônibus ou metrô, ou seja, podem ser utilizados diversos modos de transporte com o mesmo cartão. O bilhete único tem diferentes tempos de troca a depender de quantas zonas o bilhete tem validade.

A área de viagens da região de Helsinki é dividida em quatro zonas, nomeadas pelas letras A. B. C e D. Os limites das zonas não são seguidas pelas fronteiras dos municípios, mas sim pela distância entre o centro de Helsinki e uma determinada área. Assim, os valores dos bilhetes são baseados na duração da viagem (HELSINKI, 2022).

Para crianças e jovens de 7 a 19 anos, é possível viajar com bilhete infantil que tem custo pela metade de um bilhete simples (HELSINKI, 2022).

#### 4.2.2.5 Gerenciamento dos dados de STI

É possível pesquisar rotas de transporte público, horários e localização de veículos através de interfaces abertas para todos com informações produzidas pela HSL (Helsinki Region Transport). Essas interfaces do guia de rotas fornecem dados relativos ao *routing* e *geocoding*, dados de mapas e posicionamento através de várias APIs (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

Dados da rede de transporte público, a partir do registro de transporte público da HSL são atualizados todos os dias. Os dados do *Open Street Map* são atualizados diariamente no guia de rota para o *routing*, a *geocoding* e *background map* (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

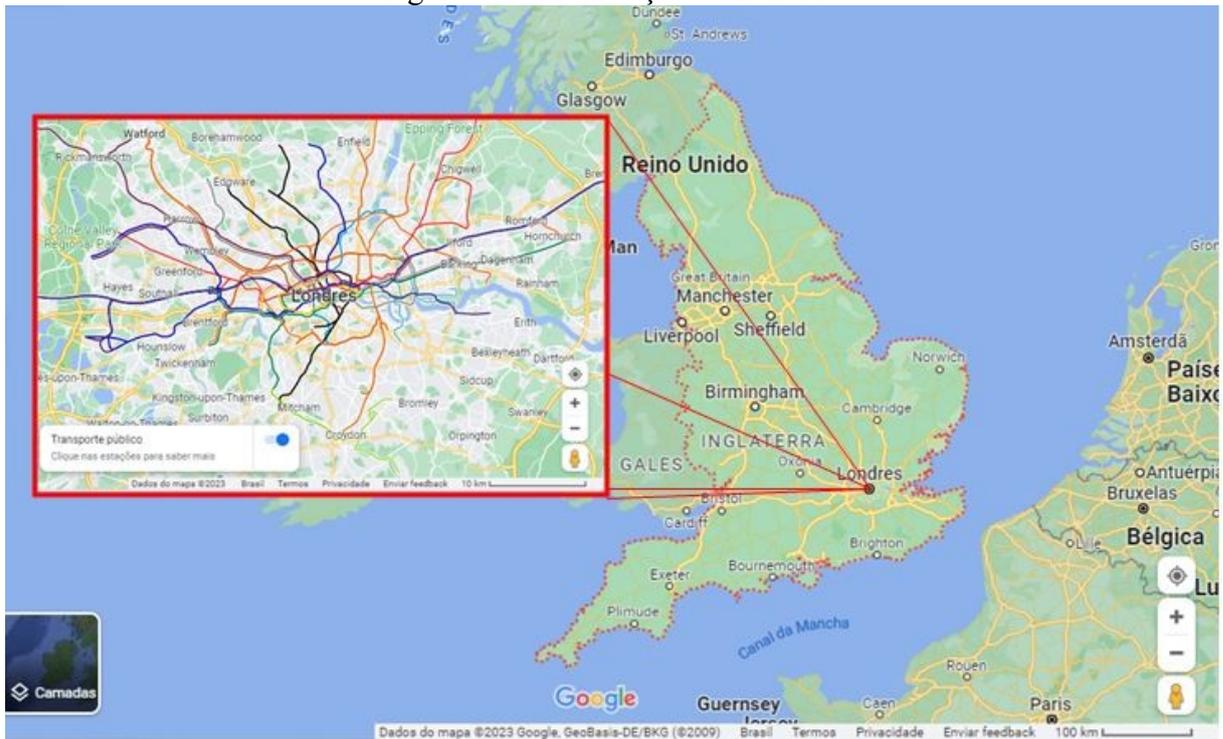
As APIs, em tempo real ou não, são suportadas em diversos tipos de interface a protocolos acessíveis, tanto para os transportes, mapas, pontos de venda de cartões ou ainda estações de bicicleta da cidade e vagas de estacionamento (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

O formato GTFS, compatível com o *Google Transit*, é utilizado para entregar um banco de dados de atualização diária acerca das linhas e horários de transporte público. Também possuem boletins de trânsito publicadas em formato *json* com informações sobre mudanças de última hora nos trajetos em função de acidente, obras ou outros, em tempo real (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

### 4.2.3 Londres

Londres, capital da Inglaterra e do Reino Unido, é separada do restante do continente Europeu pelo Canal da Mancha e sua localização pode ser visualizada na Figura 17:

Figura 17 - Localização de Londres



Fonte: Autora. Adaptado de Google (2023c).

#### 4.2.3.1 Informações ao viajante

As informações de trânsito relacionadas às viagens são fornecidas ao vivo diretamente às estações de TV e rádio (para transmissão de viagens), às empresas de navegação por satélite e outros, como desenvolvedores da *Web* e aplicativos (TFL, 2022).

A Transport for London (TFL, 2022) tem a responsabilidade de responder rapidamente a incidentes, a exemplo de inundações, colisões no trânsito, reparo de defeitos, como buracos, placas danificadas ou iluminação pública.

São utilizados sinais de trânsito eletrônicos para avisos antecipados sobre interrupções futuras devido a obras na estrada ou grandes eventos a fim de alertar os motoristas sobre as interrupções (TFL, 2022).

#### 4.2.3.2 Operações e gerenciamento de tráfego

Transport for London (TFL, 2022) possui a responsabilidade pelo gerenciamento da rede rodoviária de Londres, juntamente com *Higways England* (rodovias inglesas) e 32 distritos de Londres, além da própria cidade de Londres.

A responsabilidade pela manutenção, gestão e operação de mais de 6.000 semáforos da capital também são de responsabilidade da Transport for London. Ainda, milhares de câmeras de CFTV (Circuitos Fechados de TV) monitoram a rede rodoviária 24 horas por dia, sete dias por semana, permitindo verificar se o tráfego na capital está fluindo, através do Centro de Controle e Gerenciamento de Rede (NMCC). Os controladores de tráfego são capazes de mudar o tempo em que um semáforo fica verde ou vermelho, a fim de limpar uma fila inesperada e controlar os veículos que se deslocam para uma área que já se encontra congestionada (TFL, 2022).

#### 4.2.3.3 Transporte público

A Transport for London (TFL, 2022) gerencia uma frota com cerca de 9.300 veículos que opera em 675 rotas, assim, somente a rede de ônibus transporta mais de dois bilhões de passageiros por ano. Além disso, os serviços de ônibus em Londres são realizados por operadoras privadas, as quais realizam serviços específicos por meio de contratos que são administrados pela subsidiária da Transport for London, cuja responsabilidade é realizar planos de rotas, definir os níveis de serviço e monitorar a qualidade do serviço. Além disso, é responsável por aproximadamente 50 estações de ônibus e mais de 19.000 paradas de ônibus.

Grande parte dos serviços de ônibus que são realizados em Londres, são executados por operadoras privadas contratadas pela Transport for London e os contratos são administrados pela subsidiária London Bus Service Ltda. No entanto, há serviços de ônibus que são executados comercialmente e não participam dos processos licitatórios, mediante solicitação (TFL, 2022).

Há uma rota norte-sul, chamada rota 63, na qual foram implementadas melhorias com o intuito de atrair novos passageiros, com a introdução dos seguintes atrativos (TFL, 2022):

- Carregadores USB e suportes de celular nos assentos;
- Clarabóia no andar superior e janela traseira maior para uma sensação mais aberta, além de alças nas costas dos assentos ao invés de postes verticais para que a visão fique desobstruída, conforme a Figura 18;
- Pisos com efeito de madeira e bancos traseiros altos para tornar a viagem mais confortável;
- Capas em assentos prioritários em cores diferenciadas de outros assentos para passageiros;
- Área maior para cadeira de rodas;
- Câmeras CFTV atualizadas e com imagens em alta definição;

- Novos sinais digitais com informação ao vivo a bordo dos ônibus com o tempo até a próxima parada, interrupções e atualização para serviço de metrô.

Figura 18- Melhorias em transporte de Londres



Fonte: TFL (2022).

Na Figura 18 pode-se inferir que essas medidas podem contribuir para o bem-estar dos usuários, tornando os ônibus mais atrativos.

Do ponto de vista ambiental, os ônibus atendem os padrões de emissão da ULEZ (Zona de Emissão Ultra Baixa, tradução de Ultra Low Emission Zone) em Londres, com padrões de emissão Euro VI, ou seja, Zona de Emissão Ultra Baixa, onde as emissões de óxido de nitrogênio são reduzidas em até 90% nos veículos e a frota é composta por ônibus de emissão zero (no escapamento) com ônibus elétricos e a hidrogênio, e ônibus a diesel e híbridos (TFL, 2022).

Londres também conta com um serviço gratuito porta a porta para pessoas com deficiência que não podem utilizar ônibus, metrô ou trens, oferecendo viagens que podem ser reservadas entre 06:00 horas e 02:00 horas, 365 dias por ano (TFL, 2022).

#### 4.2.3.4 Pagamento eletrônico relacionado ao transporte

A fim de facilitar as viagens, são utilizados os cartões de pagamento inteligente que utilizam tecnologia e dados para facilitar as viagens.

De acordo com a Transport for London (TFL, 2022), cartão *Oyster* é ofertado em diferentes formatos, se o cartão for somente com crédito, pode ser utilizado na modalidade *pay as you go*, cujo cartão tem como finalidade adicionar dinheiro conforme for sendo utilizado e neste caso, pode ser emprestado para outra pessoa. Nos demais casos, os cartões

podem ser vendidos com planos que melhor se adaptem ao perfil do usuário, como por exemplo, nas modalidades *Travelcard*, *Bus & Tram Pass* ou desconto adicionado ao cartão *Oyster*.

Uma conta pode ser criada para que se verifique o crédito, sejam realizadas novas recargas, verifique o histórico de pagamentos e viagens, registro de cartão para solicitação de reembolsos ou substituições, comunicação de perda ou roubo ou mesmo pagar tarifas não pagas (TFL, 2022).

#### 4.2.3.5 Gerenciamento dos dados de STI

Os dados são abertos, de modo que desenvolvedores terceirizados podem utilizá-los e, assim criem *softwares* e serviços que beneficiem o público (TFL, 2022).

A unificação dos dados dos modos de transporte em um formato e estruturas comuns beneficia uma Interface de Programação de Aplicações (API), pois os dados são semanticamente semelhantes para cada modo de transporte no mesmo formato e com estruturas consistentes. Assim, é possível que todos os mesmos tipos de dados em todos os modos de transporte sejam escritos de uma vez e acessados rapidamente, facilitando o desenvolvimento de aplicativos multimodo (TFL, 2022).

Anteriormente, os dados eram fornecidos de várias maneiras, onde arquivos simples eram incentivados a uma abordagem onde se criavam aplicativos com cópias dos dados e esta rapidamente se tornava desatualizada. Atualmente, a nova API permite consultas em tempo real e sob demanda, de forma que os clientes finais têm sempre informações mais recentes.

Segundo a Transport for London (TFL, 2022), alguns dos principais conjuntos de dados multimodais e que se encontram disponíveis para os desenvolvedores são:

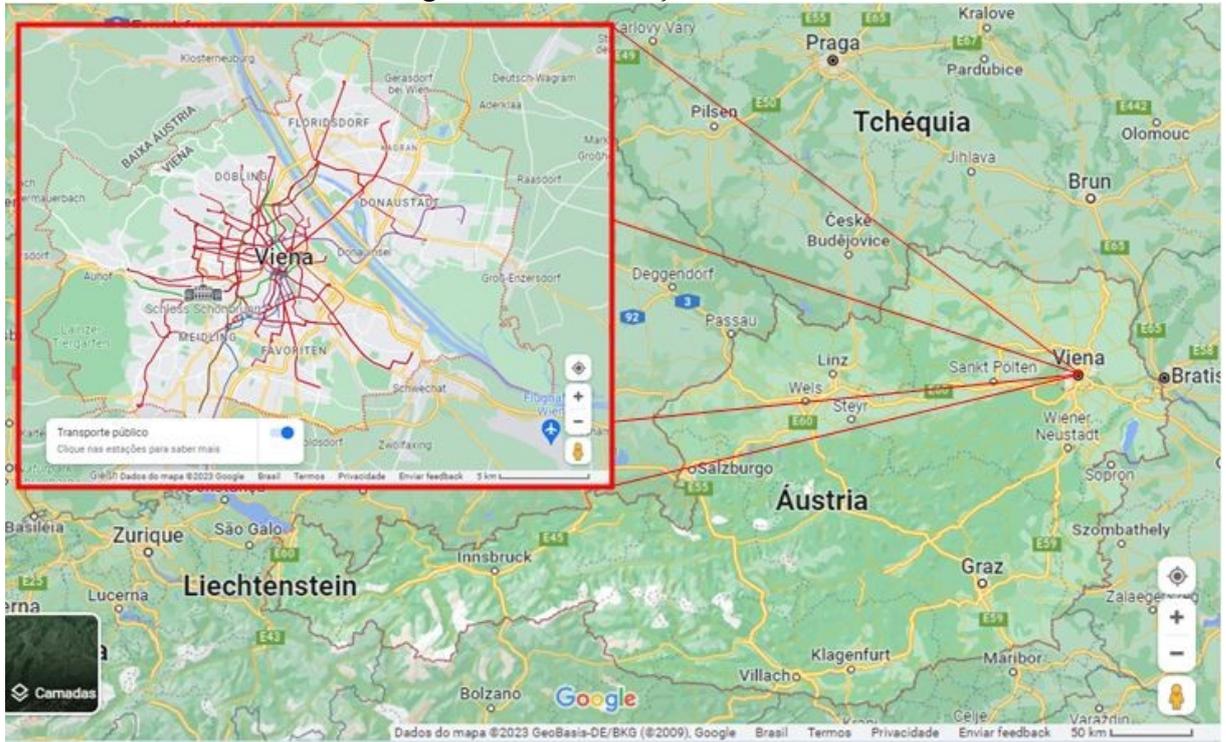
- Planejamento de jornada atual e futura;
- Situação atual e futura;
- Interrupções atuais e obras planejadas futuras;
- Previsão de chegada e partida;
- Rotas e linhas (topologia e geográfica);
- Tarifas.

Além desses conjuntos de dados, a API oferece suporte a um recurso de locais para pesquisar e combinar locais conforme nome, código postal, etc. Ainda, inclui dados de aluguel de bicicletas, localização de empresas de táxi registradas e informações de modelagem sobre transporte, a exemplo de tempos de viagens entre locais (TFL, 2022).

#### 4.2.4 Viena

A cidade de Viena, capital da Áustria, fica localizada no nordeste da Áustria, cujo país se localiza ao leste da Alemanha e ao sul da República Tcheca como pode ser visualizado na Figura 19:

Figura 19 - Localização de Viena



Fonte: Autora. Adaptado de Google (2023d).

##### 4.2.4.1 Informações ao viajante

Através do aplicativo VOR (Associação de Transporte da Zona Leste, tradução de Verkehrsverbund Ost-Region) Anach B é possível encontrar o horário em tempo real do transporte público, compartilhamento de carro, bicicleta, a pé ou combinações em toda a Áustria, de forma que seja encontrado o melhor trajeto para ir de um ponto A até um ponto B. Além de mostrar os dados mais recentes com base nas informações de trânsito da Áustria, o planejador de rotas também mostra a situação atual do trânsito, com câmeras de trânsito, locais de construção, engarrafamentos, atrasos e desvios na rede de trânsito (ITS VIENNA REGION, 2022).

Segundo ITS Vienna Region (2022), o aplicativo VOR Anach B, serve como aplicativo de horários e planejador de rotas para a Áustria, com trem, ônibus, compartilhamento de carro ou bicicleta. De forma resumida, VOR AnachB pode trazer:

- Informações de trânsito nos estados de Viena, Baixa Áustria, Burgenland;
- Comparação do tempo de viagem e em diferentes modais de transportes;
- Mapa com todas as paradas da área;
- Monitor que mostre partidas e chegadas nas paradas;
- Bilhete que pode ser comprado por aplicativo, tendo-o assim sempre a mão;
- Exibição de sequência de rotas e paradas, indicando as paradas intermediárias com horários de partida;
- Radar da mobilidade: para que seja rapidamente visto como o transporte público é acessível a partir de qualquer lugar;
- Favoritos: pontos de partida e rotas pessoais podem ser salvos;
- Visualização de mapa personalizável;
- Envio de conexão via e-mail ou SMS;
- Opção de armazenamento com função de lembrete no calendário.

O horário de transporte público mostra todas as conexões, sejam elas de trem, bonde, ônibus, etc. Todas as informações também podem ser obtidas por meio de aplicativos de horário, como *ÖBB*, *Westbahn*, entre outros (ITS VIENNA REGION, 2022).

#### 4.2.4.2 Operações e gerenciamento de tráfego

Através de dados de tráfego atualizados e informações de alta qualidade, o gerenciamento de tráfego eficiente auxilia todos os usuários que podem ir de um ponto a outro com facilidade, segurança e rapidez (ITS VIENNA REGION, 2022).

Para incluir todo o sistema de transporte e o maior número de dados possível, o ITS Vienna Region (2022) se conecta nacional e internacionalmente e com parceiros que incluem a ASFINAG (empresa pública austríaca de pedágio), ÖBB (Ferrovias Federais Austríacas), Wiener Linien (Empresa que administra rede de transporte público), a polícia, o departamento de trânsito, empresas de táxi, *Citybike Wien* (aluguel de bicicletas) e vários outros departamentos da administração pública.

A coleta de dados de tráfego é realizada por meio de sensores, webcams, gerenciamento de contagem de tráfego e dados flutuantes de carro (ITS VIENNA REGION, 2022).

#### 4.2.4.3 Transporte público

Em se tratando de transporte público, Viena, Baixa Áustria e Burgenland possuem uma associação chamada VOR, onde podem ser adquiridos os ingressos para deslocamentos em transporte público. Através do VOR (2022), que podem ser utilizados por meio de site e aplicativo, é possível planejar a rota, calcular o preço, entre outras possibilidades, tais como:

- Obter avisos para as linhas disponíveis onde se pretende parar a partir do ponto de parada desejado;
- Horários de linhas desejadas através da linha, parada ou local;
- Possibilidade de fazer um horário pessoal através de rotas, dias e horários mais utilizados pelo usuário;
- Consultor de mobilidade com sugestões para uma rota pessoal, com o melhor bilhete de acordo com a necessidade individual e a melhor tarifa de acordo com a idade do usuário.

O VOR oferece as passagens de transporte voltadas para o perfil de cada indivíduo, seja em passagens únicas, diárias, semanais, mensais, anuais, específica para finais de semana e de acordo com a idade de cada indivíduo, seja ele jovem, estudante, idoso (VOR, 2022).

#### *4.2.4.4 Pagamento eletrônico relacionado ao transporte*

Os pagamentos relacionados ao transporte público pelo VOR podem ser realizados por meio de cartão de crédito ou transferência bancária e podem ser impressos ou carregados em *smartphone* (VOR, 2022).

#### *4.2.4.5 Gerenciamento dos dados de STI*

A situação do tráfego é realizada através do registro de vários sensores. O ITS Vienna Region atende os estados federais com a coleta e avaliação desses dados em pontos de contagem permanente com posterior processamento destes (WIENER LINIEN, 2022).

Toda a rede de transporte é mapeada digitalmente, devendo se manter atualizado, como pré-requisito para aplicações modernas de STI. Assim, o ITS Vienna Region disponibiliza o GIP (Graphen Integrations Plattform), uma plataforma de integração gráfica para todos, como dados governamentais abertos – OGD (Open Government Data) que oferecem auxílio na aplicação, fornecimento dos dados e desenvolvimento contínuo do GIP. Essa plataforma é multimodal, ou seja, inclui todos os meios de transporte: transporte público, ciclismo, caminhada e transporte de carro (WIENER LINIEN, 2022).

O ITS Vienna Region fornece atualização de tráfego a cada sete minutos para os três estados federais Viena, Baixa Áustria e Burgenland, com planos de desenvolver uma qualidade homogênea para toda a Áustria (WIENER LINIEN, 2022).

A cidade de Viena trabalha para tornar os dados públicos livremente acessíveis. Através da Wiener Linien, empresa que administra a maior parte da rede de transporte público na cidade, está disponibilizando dados de transporte público aos desenvolvedores

interessados, tais como dados de partida em tempo real, roteamento, geodados de paradas, dados estatísticos da operação de bondes, ônibus e metrô.

Aos desenvolvedores que tem interesse, podem fazer um registro no portal de dados abertos da cidade e a Wiener Linien permite que sejam utilizados pelos desenvolvedores desde que especifiquem a origem destes dados (WIENER LINIEN, 2022).

Após a análise das cidades supracitadas pode-se observar que a linha de pensamento da ISO 14813-1 (ABNT, 2011) pode ser tomada como base para a aplicação das tecnologias em cidades brasileiras e se mostrou acertada a escolha dos itens para verificação e aplicação.

No próximo tópico faz-se a análise das aplicações tecnológicas voltadas à mobilidade urbana sustentável que são utilizadas no Brasil.

#### 4.3 APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS EM USO NO BRASIL VOLTADAS À MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

A Lei 12.527/2011 (BRASIL, 2011), Lei de Acesso a Informação, foi um marco na transparência do governo e abertura dos dados. Assim, qualquer cidadão pode requisitar qualquer informação do governo. Tais informações são liberadas ao cidadão se não houver restrições ao acesso dos dados e esta lei se aplica a todas as esferas públicas (MONTEIRO; PONS; SPEICYS, 2015).

Como forma de aumentar a fiscalização e estimular a inovação, cidades como Rio de Janeiro e São Paulo estão entre as cidades que fornecem dados abertos relacionados ao transporte público à sociedade civil (MONTEIRO; PONS; SPEICYS, 2015).

Optou-se pelas pesquisas nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, dado que são as maiores em população, já Curitiba, foi escolhida por ser uma cidade referencia nacional e mundial para estudo e replicação em transporte coletivo.

##### 4.3.1 Curitiba

Curitiba, capital do Paraná, fica localizada na região Sul do país conforme pode ser visto na Figura 20:



Figura 21 - Estação tubo em Curitiba



Fonte: URBS (2022a).

Na Figura 21 é possível ver o interior de uma das estações-tubo com painel informativo da cidade de Curitiba.

#### 4.3.1.2 Operações e gerenciamento de tráfego

Dentro das operações realizadas na cidade de Curitiba (s.d.), podem-se destacar algumas destas, tais como:

- Dimensionamento dos tempos e sincronismos da rede semafórica;
- Análise de viabilidade para implantação de semáforos;
- Análise de projetos futuros que interfiram na malha viária da cidade;
- Manutenção da fluidez e segurança no trânsito através da implantação e programação da sinalização semafórica;

No que tange ao gerenciamento de tráfego de Curitiba (s.d.), são relacionados os seguintes aspectos a serem levados em consideração:

- Interferências decorrentes de obras e eventos que ocorrem em vias públicas;
- Informações sobre as condições de trânsito para os meios de comunicação;
- Necessidade de implantação e realocação de semáforos, bem como controle das programações e sincronismos dos equipamentos semafóricos;
- Estudos técnicos a fim de avaliar novos equipamentos e tecnologias de sistemas de gestão de transporte, como também estudos com medidas mitigadoras e compensatórias para o trânsito;

#### 4.3.1.3 Transporte público

Curitiba possui a RIT (Rede Integrada de Transporte Coletivo de Curitiba), que permite que os usuários utilizem mais de uma linha com o pagamento de uma tarifa única. A partir dos terminais de integração o cidadão pode desembarcar de uma linha e embarcar em

outra, dentro daquele espaço, sem a necessidade de um novo pagamento. Vale ressaltar que Curitiba mantém a infraestrutura de transporte da RIT à disposição do Sistema de Transporte Coletivo Metropolitano para integrações físicas tarifárias (URBS, 2022b)

São 19 municípios que acessam a RIT através da COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba), pelo Estado (PARANÁ, 2022)

A frota de Curitiba se caracteriza por cores para cada categoria de linhas, como se pode verificar na Figura 22. Ainda, conta com diversos tipos de veículos, sendo biarticulado, articulado, padrão, híbrido, comum, micro especial, micro e Double-deck, este último para turismo.

Figura 22 - Composição da Frota

Categoria de Linhas	Tipos de Veículo	Capacidade dos Veículos	Frota Operante		Quantidade de Linhas
			Subtotal	Total	
EXPRESSO LIGEIRÃO	BIARTICULADO 	250	44	44	03
EXPRESSO	BIARTICULADO 	230/250	97	128	05
	ARTICULADO 	170	31		
LINHA DIRETA	ARTICULADO 	150	38	219	15
	PADRON 	110	181		
INTERBAIRROS	ARTICULADO 	140	91	102	08
	PADRON 	100	1		
	HÍBRIDO 	79	10		
ALIMENTADOR	ARTICULADO 	140	71	426	129
	COMUM 	85	326		
	MICRO ESPECIAL 	70	29		
TRONCAL	ARTICULADO 	140	5	78	15
	COMUM 	85	60		
	HÍBRIDO 	79	10		
	MICRO ESPECIAL 	70	3		
CONVENCIONAL	COMUM 	85	102	217	74
	HÍBRIDO 	79	10		
	MICRO ESPECIAL 	70	102		
	MICRO 	40	3		
TURISMO	DOUBLE-DECK 	65	12	12	01
<b>TOTAL</b>			<b>1.226</b>		<b>250</b>

Fonte: URBS (2022b).

A frota operante é de 1.226 veículos distribuídos em 250 linhas (URBS, 2022b)

A competência da URBS se dá pela regulação, gerenciamento, operação, planejamento e fiscalização do Sistema de Transporte Coletivo de Passageiros do Município

de Curitiba e a operação do sistema é executada por empresas privadas, através de concessão (URBS, 2022b)

#### 4.3.1.4 Pagamento eletrônico relacionado ao transporte

De acordo com a URBS (2022a), as vantagens do sistema de bilhetagem eletrônica podem ser as seguintes:

- Melhor gerenciamento do sistema de transporte coletivo de forma a prestar um melhor serviço aos usuários;
- Maior segurança nos ônibus, estações tubo e terminais pela redução do volume de dinheiro;
- Redução do tempo de embarque;
- Agilidade e segurança nos procedimentos de compra e distribuição do benefício;
- Garantia da utilização do benefício do vale-transporte dentro da sua real função;
- Facilidade de compra de créditos pela internet;
- Possibilidade de limitar a quantidade de utilização diária do cartão transporte;
- Possibilidade de bloqueio do cartão e recuperação dos créditos não utilizados.

Os créditos-transporte de Curitiba podem ser adquiridos tanto por pessoa física, como por pessoa jurídica por meio do SBE (Sistema de Bilhetagem Eletrônica), nos postos credenciados, aplicativos credenciados, terminais de ônibus e *WhatsApp* (URBS, 2022c).

Ao efetuar a compra dos créditos, estes podem ser carregados após a URBS identificar o pagamento. A partir do momento que aparece a mensagem “CARGA EMBARCADA” no sistema, denota-se que a carga estará disponível para ser carregada diretamente nos validadores que se encontram dentro dos ônibus que integram a RIT, nas estações tubo e nos terminais de transporte em até 48 horas (URBS, 2022c).

#### 4.3.1.5 Gerenciamento dos dados de STI

No intuito de melhorar a eficiência do sistema de transporte, em março de 2012 iniciou-se a operação do CCO (Centro de Controle Operacional) em Curitiba, cuja estrutura forma um núcleo de comando de operações online que compõe o SIM (Sistema Integrado de Mobilidade) e permitindo a gestão integrada do transporte coletivo da cidade de Curitiba. Neste ambiente é realizado o monitoramento da operação do transporte coletivo em tempo real, utilizando ferramentas de STI para a rápida tomada de decisão em virtude de situações adversas que venham a comprometer o serviço oferecido aos usuários (URBS, 2022a).

Os CFTV's (Circuitos Fechados de TV), PMV's (Painéis de Mensagens Variáveis), conectividade por fibra óptica e outros equipamentos, além de *softwares* específicos instalados em terminais, estações-tubo e vias públicas, contribuem para a melhoria da gestão e controle do serviço, visto que o sistema permite uma comunicação direta com os operadores e usuários do transporte público, cujas ações ocorrem de forma estruturada e planejada (URBS, 2022a).

Por meio de consoles instalados no interior de todos os ônibus da frota, os motoristas visualizam os horários pré-definidos que devem ser cumpridos, por meio de telas em LCD. Assim, podem ser controlados atrasos ou adiantamentos de horários, além de trocar informações que se referem às operações com os operadores do CCO através de mensagens de texto (URBS, 2022a).

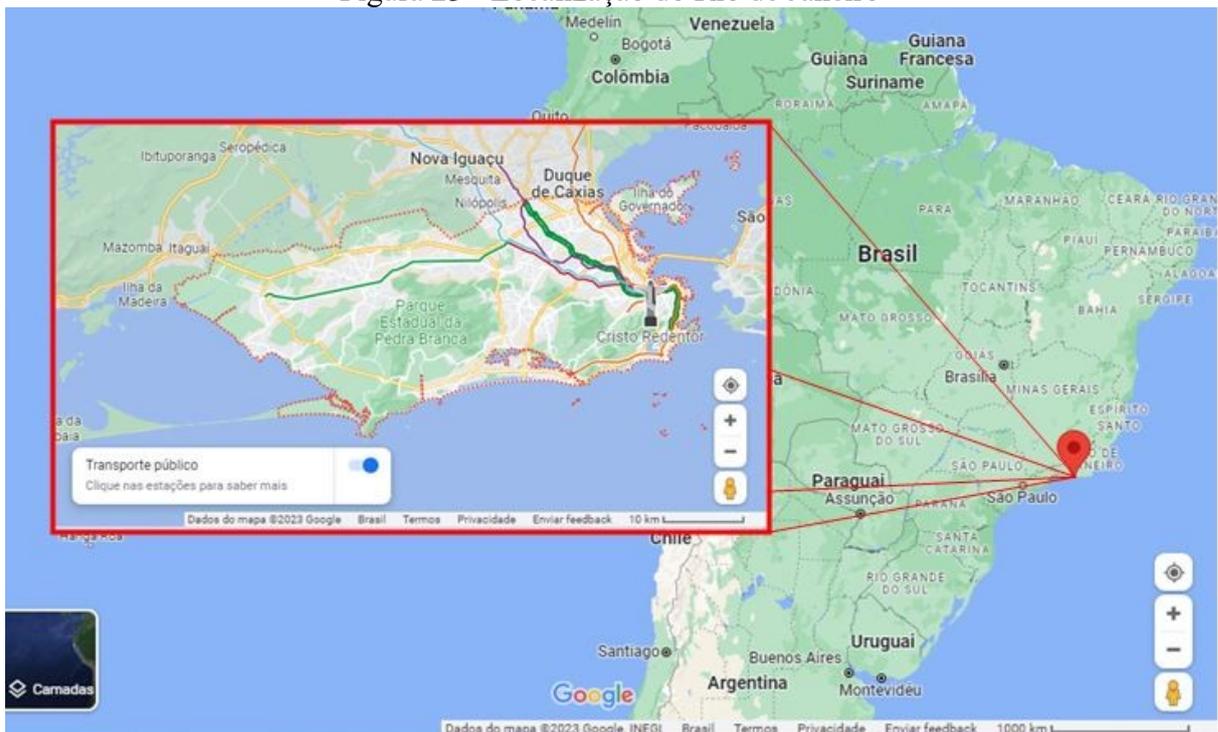
É possível realizar o acompanhamento de cada um dos ônibus através de um módulo GPS integrado a fim de informar os usuários em tempo real da previsão de chegada dos veículos e quaisquer alterações da rota ou horário, por meio de painéis instalados nos terminais e estações-tubo. Também há aplicativos para *smartphones*, como o Itibus e o Curitiba 156, além de aplicativos parceiros que recebem estas informações (URBS, 2022a).

O CCO faz a gestão das imagens que são capturadas pelas câmeras internas dos ônibus de transporte coletivo e desde 2018, todo veículo incorporado à frota é incorporado com câmeras de monitoramento (URBS, 2022a)

#### **4.3.2 Rio de Janeiro**

O Rio de Janeiro, capital do Estado do Rio de Janeiro, foi a primeira capital do país e hoje é a segunda cidade mais populosa do Brasil. Localiza-se ao nordeste do Estado de São Paulo, conforme pode ser visto na Figura 23:

Figura 23 - Localização do Rio de Janeiro



Fonte: Autora. Adaptado de Google (2023f).

#### 4.3.2.1 Informações ao viajante

Nos sites <http://data.rio> e <https://prefeitura.rio/> não foram encontradas referências quanto aos meios de informação aos usuários de transporte na cidade do Rio de Janeiro. No entanto, em um levantamento realizado por Costa (2022), é possível visualizar aplicativos que podem ser utilizados em *smartphone*, conforme ilustrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Aplicações de mobilidade do Rio de Janeiro

App	Funções	Empresa	Cobertura
Moovit	Planeja a viagem. É necessário adicionar origem e destino para obter as possibilidades de acordo com o meio de transporte.	Moovit	Nacional
Trafi	Após selecionar a rota, o aplicativo apresenta diferentes opções de transporte: trem, bicicleta, carro compartilhado e motocicletas	Trafi	Nacional
Cittamobi	Apresenta os horários dos ônibus e a melhor rota para deslocamentos.	Cittamobi	Nacional
Quicko	Permite consultar o deslocamento dos ônibus e seus horários, além de informações sobre linhas de metrô, trem e bicicleta.	Quicko App	Nacional
Vá de Ônibus	Apresente o status do trajeto do ônibus, de acordo com o trajeto escolhido, considerando tempo de espera e paradas até o destino final.	Fetransport	Estadual
Ônibus ao Vivo	Localiza linhas de ônibus, metrô e trem. Apresenta diferentes opções para que o usuário possa escolher como chegar ao seu destino.	CIS – Connected Information Services	Nacional

Fonte: Autora adaptado de Costa (2022).

Costa (2022) conclui que, embora os aplicativos auxiliem nas informações em tempo real sobre os movimentos, localização de ônibus, disponibilidade de bicicletas em estações, além de sistemas inteligentes para pagamentos de passagens e painéis informativos nas estações de metrô e bondes, observa-se uma seletividade espacial, pois os sistemas inteligentes estão em maior concentração em bairros de classe média e áreas turísticas.

Para facilitar que as informações cheguem aos usuários, sem que necessariamente tenham acesso à internet, um novo modelo de parada foi implantado nos BRS com o intuito de fornecer informações básicas aos usuários, como quais linhas passam em determinado ponto e o itinerário dessas linhas, conforme mostra a Figura 24 (CREMA et al., 2013).

Figura 24 - Sistema de informação aos usuários nos pontos de parada



Fonte: Crema et al. (2013).

Ressalta-se também que o VLT da cidade do Rio de Janeiro tem feito o melhor uso dos sistemas inteligentes, além de atender, ao final de 2016, 4 milhões de usuários e em 2019, mais de 22 milhões. No entanto, o acesso é feito a partir de cartões inteligentes que facilitam a integração com outros meios. Caso se deseje utilizar apenas o bonde e não tiver o cartão, não é possível acessar o transporte, pois esse sistema não possui cartão próprio, diferente do que acontece com o metrô ou ônibus (COSTA, 2022).

#### 4.3.2.2 Operações e gerenciamento de tráfego

Segundo Crema et al. (2013), desde setembro de 2011, o Rio de Janeiro conta com um Centro de Controle Operacional (CCO), cujas funções são as seguintes:

- Gestão Operacional Consorciada: permite o controle mais eficiente das linhas e veículos de cada empresa com o intuito de impedir a concorrência predatória;
- Monitoramento de velocidades: onde o operador pode identificar e advertir o mal condutor e assim aumentar a segurança e conforto dos passageiros, haja vista que alguns motoristas abusavam da velocidade devido ao fluxo mais livre nos corredores do Sistema de Ônibus Rápido (BRS);
- Adequação de frota operante: o controle dos horários e localização dos veículos permite que a programação horária e a frota adotem adequações para melhor atendimento;

- Alterações de itinerários: o GPS presente em toda a frota permite que os controladores identifiquem eventuais mudanças não autorizadas de itinerários, possibilitando que se tomem medidas necessárias para impedir tal ação;
- Tempos de viagem: devido à presença de uma câmera externa, é possível identificar o tempo de viagem e as causas de atrasos;
- Informações ao poder público: os dados das câmeras e dos GPS auxiliam na elaboração de relatórios, dando mais fundamentação às solicitações dos operadores.

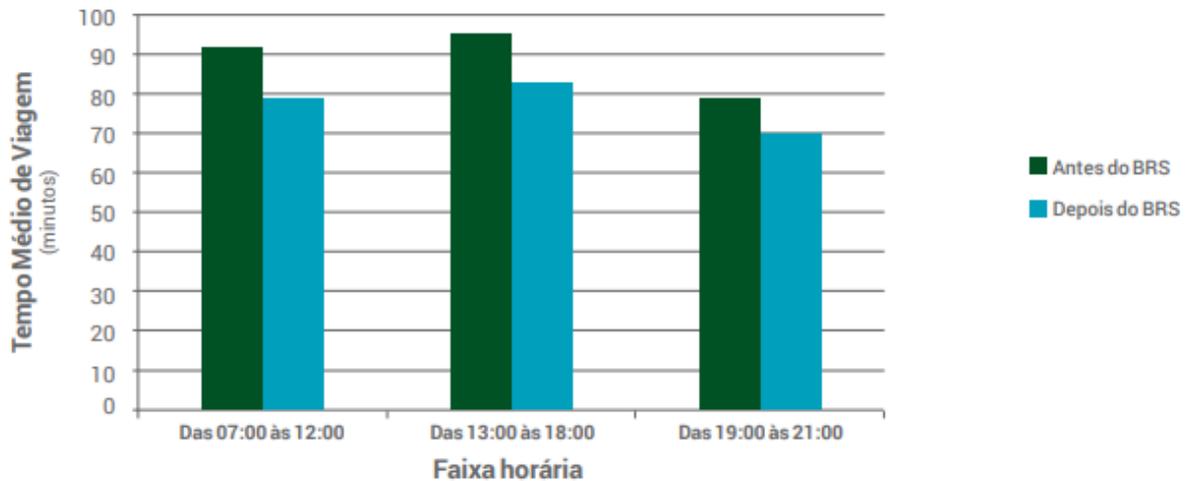
Com a implantação do BRS, foi retirada parte da frota a fim de evitar a sobreposição das linhas e a concorrência predatória entre as empresas de um mesmo consórcio. Assim a operação se torna mais eficiente e diminui o tempo em congestionamentos (CREMA et al., 2013).

#### *4.3.2.3 Transporte público*

Em 2010 ocorreu a licitação do sistema de transporte público urbano, onde houve a divisão do município em quatro áreas com operações em quatro consórcios de empresas. Com isso, toda a frota foi padronizada, além da obrigatoriedade de todos os veículos contarem com câmeras internas de vídeo e GPS, além de atenderem as regras de acessibilidade e utilizarem tecnologias menos poluentes (CREMA et al., 2013).

Com a implantação das faixas exclusivas e outras medidas que foram tomadas para assegurar a prioridade do transporte coletivo, como faixas reversíveis na orla, proibição de caminhões e horários específicos para carga e descarga, houve redução do tempo de viagem nos horários de pico, conforme pode ser visto na Figura 25 (CREMA et al., 2013).

Figura 25 - Redução no tempo médio de viagens nos corredores BRS



Fonte: Crema et al. (2013).

As medidas tomadas no transporte público do Rio de Janeiro permitiram um ganho de mais de 84% na velocidade operacional dos ônibus nos corredores (CREMA et al., 2013).

Com essas medidas, o transporte público garantiu maior eficiência e maior fluidez na circulação viária (CREMA et al., 2013).

Observa-se, contudo, que há dez anos de defasagem e caberia considerar um possível aumento populacional, associado ao número de aumento de veículos particulares trafegando e em contrapartida, uma possível melhoria no acesso tecnológico.

#### 4.3.2.4 Pagamento eletrônico relacionado ao transporte

De acordo com Crema et al. (2013), a empresa RioCard é a gestora da bilhetagem de todo o Estado do Rio de Janeiro, permitindo que seja uniformizado o sistema e a utilização de uma tecnologia padrão.

Na cidade do Rio de Janeiro, o pagamento eletrônico é realizado através da “RioCard Mais”, onde podem ser adquiridos cartões, aplicativo cartão digital, chaveiros e relógios para utilização do transporte público, seja ônibus, BRT, VLT, metrô e barca. Também oferece o aplicativo RioCard Mais para verificação de saldo, extrato do uso dos últimos 30 dias e compra de recarga (RIOCARD MAIS, 2022).

Dentre as opções gratuitas oferecidas pela RioCard Mais (2022), estão as seguintes:

- Passe escolar: oferecido gratuitamente para estudantes de escolas públicas do ensino fundamental e ensino médio;

- Passe sênior: oferecido gratuitamente para pessoas acima de 65 anos. Exceto para os habitantes de Macaé e Teresópolis, cujas cidades concedem gratuidade a partir de 60 anos. Para o bilhete único intermunicipal, o benefício ocorre para pessoas acima de 65 anos;
- Passe especial: com gratuidade para os deficientes (físico, auditivo, visual ou mental) e, em alguns locais, para doentes crônicos em tratamento médico, em unidade pública de saúde ou conveniada ao SUS, cuja interrupção possa acarretar risco de morte. Especialmente no caso da cidade do Rio de Janeiro, a concessão é feita também para não residentes que se tratem no município.

As integrações podem ser realizadas através das formas Van e Metrô, ônibus e Metrô, e BRT e Metrô, com tempo máximo de transferência de 120 minutos (RIOCARD MAIS, 2022).

Com a implantação do controle biométrico, foram instaladas câmeras junto aos validadores dos ônibus, que fotografam o usuário no momento em que ele passa o cartão. O sistema verifica se o usuário é o titular do cartão, através da conferência entre o rosto e a foto do cadastro. No caso de ser outro usuário, um técnico é acionado para auditar ou suspender o benefício (RIOCARD MAIS, 2022).

#### 4.3.2.5 Gerenciamento dos dados de STI

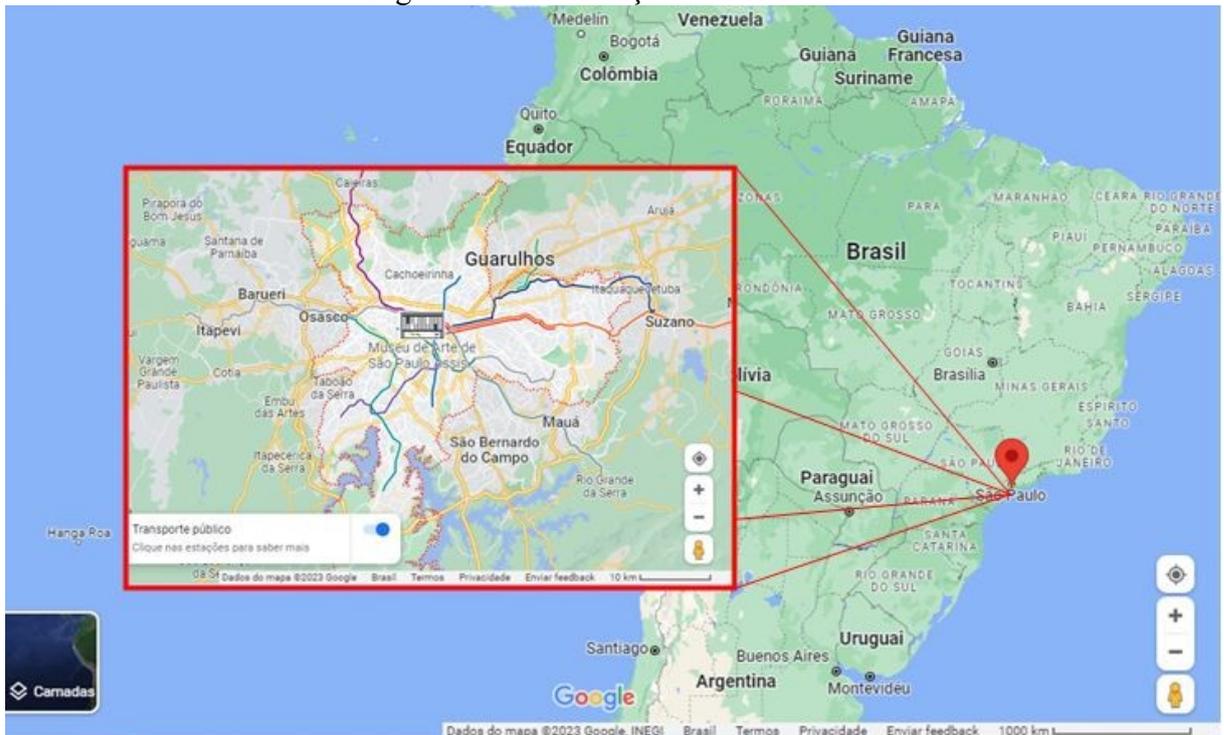
A utilização de STI no Rio de Janeiro é influenciada pelo regime de concessão vigente e pelos projetos de BRT. Dentre os sistemas em que o Rio de Janeiro tem se empenhado, destacam-se as áreas de bilhetagem eletrônica, biometria, sistemas de informações aos usuários, Centro de Controle Operacional e fiscalização eletrônica (CREMA et al., 2013).

A aplicação dos sistemas; o melhoramento na fluidez; o monitoramento e o controle devido ao uso de tecnologias como, por exemplo, o GPS; a otimização da frota e a programação horária; o escalonamento de pontos de paradas; o controle de tráfego via GPS e câmeras da prefeitura, impactaram positivamente no complexo sistema do Rio de Janeiro (CREMA et al., 2013).

### 4.3.3 São Paulo

A cidade de São Paulo, capital do estado de São Paulo, é a cidade mais populosa do Brasil e uma das maiores cidades do mundo. Localiza-se na região Sudeste, ao norte do Paraná, como pode ser visualizado na Figura 26:

Figura 26 - Localização de São Paulo



Fonte: Autora. Adaptado de Google (2023g).

A cidade de Campinas-SP foi pioneira no sistema de bilhetagem eletrônica, em 1997. Entretanto a primeira tecnologia desenvolvida em sistemas de bilhetagem e arrecadação foi empregada no Metrô de São Paulo a partir de 1974 no Brasil. No início, os sistemas tinham a intenção de disciplinar à gratuidade (ANTP, 2019).

#### 4.3.3.1 Informações ao viajante

A totalidade dos ônibus da capital paulista pode ser rastreada por meio de um sistema de geolocalização, cujos dados são abertos para a população através da plataforma “Olho Vivo” da SPTrans, com a finalidade de ampliar a transparência (MONTEIRO; PONS; SPEICYS, 2015).

A plataforma “Olho Vivo” informa o tempo de viagem, a velocidade média nos principais corredores e vias da cidade e informações sobre onde os ônibus de linha estão e quando irão passar em seu ponto. Ao selecionar, por exemplo, uma linha que circula em um Corredor de Ônibus monitorado pelo Olho Vivo, além da opção de ver os ônibus no mapa com o itinerário completo, será exibida a previsão de chegada dos próximos ônibus dessa linha em cada uma das paradas do Corredor. Também é possível fazer uma busca

selecionando um corredor ou visualizar uma média de velocidade nos corredores (SPTRANS, 2022a).

A cidade de São Paulo disponibiliza um guia prático onde expõe informações úteis e dentre elas, é sugerida a utilização do Moovit, cujo objetivo é traçar rotas, disponibilizar itinerários das linhas de ônibus, informar a localização dos veículos, atrasos e até mesmo a superlotação. Também informa a situação das linhas em tempo real do Metrô, EMTU (Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo) e CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos) que são empresas metropolitanas de transporte público. Ainda, os aplicativos BikeSampa e a CicloSampa podem ser utilizados pelos usuários desses sistemas para realizar aluguel de bicicletas e consultar informações sobre a disponibilidade das mesmas (SÃO PAULO, 2022).

Além das alternativas citadas anteriormente, a SP Trans também informa que aplicativos como Cittamobi, voltado aos usuários de ônibus e “SP Pass”, um aplicativo de mobilidade urbana onde é possível pesquisar e visualizar todas as rotas possíveis, custo por modo (ônibus, bicicleta ou táxi), linhas de ônibus e metrô e tempo de duração da viagem. Ainda é possível saber a que horas determinado ônibus passará pelo ponto, se este é acessível e se tem *Wi-fi* (SPTRANS, 2022b).

#### 4.3.3.2 Operações e gerenciamento de tráfego

A Cidade de São Paulo, realiza o controle do sistema em um único local através de telas de consulta com atualização em tempo real.

Figura 27 - Elementos de Controle



Fonte: Cidade de São Paulo (s.d.).

A Figura 27 demonstra os métodos utilizados para efetuar o controle da frota, do sistema viário e dos terminais. Dentro da frota, a principal fonte de informação do Sistema Integrado de Monitoramento (SIM) são os veículos que possuem equipamento embarcado chamado de AVL (Automatic Vehicle Location) (CIDADE DE SÃO PAULO, [s.d.]).

#### 4.3.3.3 Transporte público

Dentro da cidade de São Paulo, a SPTrans é responsável pela gestão, sendo um dos maiores sistemas de transporte do mundo. São transportados, em média, 10 milhões de passageiros por dia, em uma frota de 14.500 coletivos cadastrados, que percorrem 200 mil viagens programadas (três milhões de quilômetros) em dias úteis, distribuídos em 1.300 linhas (sendo 150 linhas no período noturno das 0 às 4 horas) (CIDADE DE SÃO PAULO, 2022).

Através da SPTrans, é possível adquirir passagens de diversas formas, seja somente para ônibus, somente para metrô/CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos) ou bilhete para integração ônibus e metrô/CPTM. Além disso, é possível adquirir bilhete único, pagando uma tarifa mensal somente para ônibus, disponível para Metrô/CPTM ou ônibus e Metrô/CPTM (CIDADE DE SÃO PAULO, 2021).

De acordo com o Governo do Estado de São Paulo, (2022), a região metropolitana é atendida pela EMPTU que classificam os serviços da seguinte maneira:

- Serviço Comum: onde as linhas ligam pelo menos dois municípios que fazem parte da mesma região metropolitana, com transporte de passageiros sentados e em pé;
- Serviço Seletivo: onde um conjunto de linhas faz a ligação de pelo menos dois municípios da região metropolitana. O transporte é realizado apenas com passageiros sentados e atendidos por ônibus do tipo rodoviário.

A EMTU também gerencia o sistema RTO (Reserva Técnica Operacional), com micro-ônibus e vans de até 20 lugares que atendem linhas intermunicipais operadas por empresas individuais. Além disso, também há a prestação de serviço de transporte entre o Aeroporto Internacional de Guarulhos e a estação de metrô através do Serviço Comum e ligações entre aquele terminal ao Aeroporto de Congonhas, Praça da República, Terminal Rodoviário do Tietê, Circuito dos Hotéis (Região da Avenida Paulista) e Shopping Eldorado, através de um Serviço Especial (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2022a).

A operação do VLT da Baixada Santista possui 11,5 quilômetros, ligando o terminal Barreiros, em São Vicente, à Estação Porto, em Santos, onde há 15 estações, ciclovia e paraciclo. No terminal Barreiros, os usuários tem um bicicletário à disposição para 80 bicicletas (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2022b).

Desde 2016, os usuários do transporte metropolitano da Baixada Santista contam com algumas linhas municipais de Santos e linhas metropolitanas da região. Ao embarcar nos ônibus metropolitanos será debitada do cartão do usuário a tarifa da linha utilizada, e na integração com o VLT não será debitado valor adicional. O débito vai variar conforme a tarifa da linha a ser utilizada. Para que o usuário possa usufruir dessa integração, é necessário que ele tenha o cartão BRCart e utilizar máquinas de autoatendimento, com cartão de débito ou comprar bilhete único em um dos 50 pontos de venda cadastrados pela concessionária (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2022b).

#### *4.3.3.4 Pagamento eletrônico relacionado ao transporte*

A fim de evitar o deslocamento à uma das bilheterias nos terminais de ônibus, os usuários do bilhete único podem utilizar aplicativos credenciados pela SPTrans e realizar a recarga do cartão. Após a compra dos créditos, o usuário ainda precisa recarregar o Bilhete Único em um dos validadores instalados nos ônibus ou em um dos pontos de recarga

automática que se encontram disponíveis nos terminais de ônibus e estações do Metrô ou CPTM (SPTRANS, 2020).

A SPTrans (2022b) conta com uma lista dos aplicativos que estão credenciados para realizar a venda de crédito do Bilhete Único, tais como:

- Ame Digital;
- Cittabomi;
- Ewally;
- Fash;
- Jeitto;
- Leve-me;
- Mercado Pago;
- Onboard;
- Picpay;
- Ponto Certo;
- Qiwi;
- Recargapay;
- SP Pass;
- Superdigital;
- Voud;
- Bipay;

A recarga do bilhete também pode ser efetuada através da loja virtual da SP Trans via *web*, do Banco do Brasil e Itaú Unibanco, além da página “Bipay” do Facebook, diretamente pelo Messenger, sem que seja necessário baixar o aplicativo (SPTRANS, 2022b).

#### 4.3.3.5 Gerenciamento dos dados de STI

A EMTU/SP abre os dados do Transporte Público Metropolitano e os disponibiliza respeitando o conceito *Open Data* (Dados Abertos) para serem reutilizados e redistribuídos por qualquer pessoa, com a possibilidade de cruzamento de dados, permitindo acesso fácil a desenvolvedores, pesquisadores, estudantes e cidadãos (EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS, 2022).

As informações que são disponibilizadas incluem: relação de linhas, itinerários e tarifas praticadas; relação de veículos, empresas, placas e prefixos, dados da frota e de atendimento do Serviço, ocorrências operacionais e do Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) das Regiões Metropolitanas de São Paulo e Baixada Santista (as outras regiões se encontram em processo de implantação do SBE), bem como informações da Central de

Atendimento ao Cliente (CAC). São utilizados dados em formatos CSV, Excel, PDF, GTFS, além de APIs (EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS, 2022).

Aos desenvolvedores são destinadas as informações de geolocalização de ônibus metropolitanos em formato GTFS (General Transit Feed Specification) e o acesso via API (Interface de Programação de Aplicativos) do monitoramento em tempo real dos seis mil ônibus em operação e das ocorrências operacionais. Faz-se necessário um cadastro prévio e um aceite das condições de acesso aos dados que não podem ser vendidos, sublicenciados ou alugados. Esses dados são públicos e gratuitos e a EMTU estão abertos ao envio dos dados analisados e apresentação de produtos de tecnologia desenvolvidos a partir dos dados disponibilizados (EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS, 2022).

#### 4.4 CONVERGÊNCIA ENTRE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

##### 4.4.1 Convergência

Apesar de investimentos europeus nas últimas décadas, voltadas a novas estruturas de transporte em prol de benefícios para a mobilidade urbana, novos desafios vêm crescendo e se tornando mais complexos (SAMPSON et al., 2019)

Sampson et al. (2019) percebem que nos últimos anos a parcela do uso de carros particulares diminuiu lentamente na maioria das cidades europeias.

Ao realizar os deslocamentos diários, levam-se em conta múltiplos fatores, tais como tempo, custo, conforto e a facilidade de conexão entre diferentes meios. Com o crescimento da frota de carros, quem depende de transporte coletivo tenta driblar a mobilidade fazendo melhores escolhas. Para isso, um caminho para cidades mais humanas e sustentáveis são as soluções integradas que levam as pessoas de um ponto ao outro com o máximo de conveniência (TANSCHHEIT et al., 2019).

De acordo com Tanscheit et al., (2019), integração entre os diversos meios de transporte, como metrô, ônibus, bicicleta e até mesmo o automóvel, forma uma conexão física que facilita o acesso entre um e outro. Como por exemplo, estações de bicicleta nos terminais de ônibus, ou ciclovias que se conectam até a estações de metrô são mais convenientes em um uso combinado entre os meios disponíveis.

A integração tarifária para pagamento de diversos meios de transporte em uma viagem é uma possibilidade de utilizar uma mesma forma de pagamento, como um cartão. Em capitais como São Paulo, um mesmo cartão dá acesso a transporte sobre trilhos, ônibus e compartilhamento de bicicletas. Através do pagamento unificado, é possível que as agências e operadoras incentivem a utilização de transporte coletivo com desconto ou isenção da viagem seguinte dentro de uma determinada janela de tempo, chamada de integração tarifária temporal, tornando a opção por meio de transportes mais sustentáveis (TANSCHHEIT et al., 2019).

Através das integrações dos diferentes meios de transporte, as tarifas e informações tornam o deslocamento pela cidade mais fluido, intuitivo e promovem a “*seamless mobility*”, que significa dizer, a mobilidade sem interrupções e inconveniências (TANSCHHEIT et al., 2019).

A Mobilidade como um Serviço (*MaaS*), tem por objetivo a integração total das opções públicas e privadas de transportes disponíveis, com um único pagamento, que pode ser realizado por viagem, mensalidade ou anuidade. Assim, mesmo que combine vários modais, é possível realizar um deslocamento por inteiro, de “porta a porta”, com diferentes combinações possíveis para chegar ao destino por um trajeto rápido, barato, eficiente e integrado (TANSCHHEIT et al., 2019).

Tanscheit et al., (2019) citam o exemplo de um trajeto de oito quilômetros a ser realizado entre dois pontos, nesse caso uma plataforma *MaaS* indica uma sequência de modos, como por exemplo, caminhar até a estação de bicicletas a uma quadra de casa, pedalar um quilômetro até o metrô, descer na terceira estação e pegar um carro compartilhado que estará na saída 2 da estação para concluir a viagem.

Dentro da plataforma *MaaS* é indicada uma sequência conveniente e encadeada de modos, onde podem ser incorporados fatores como a qualidade do ar, por exemplo. Muitos dos elementos que fazem parte do *MaaS* são familiares para quem usa aplicativos tais como *Google Maps*, *Waze*, aplicativos de compartilhamento de bicicletas, solicitação de táxi e aplicativos de carona pelo *smartphone*. No entanto, falta a integração inteligente entre todas essas tecnologias (TANSCHHEIT et al., 2019).

Para o funcionamento pleno, o *MaaS* precisa da cooperação e disponibilidade dos transportes públicos e privados através de APIs abertas, ou seja, uma determinada plataforma deve acessar em tempo real informações relativas à disponibilidade de patinetes, bicicletas, carros, ônibus e quaisquer outras opções que integrem a mobilidade urbana para que seja

possível compor trajetos, prever tempos de deslocamentos e remunerar cada prestador com o máximo aproveitamento dos serviços, independente de serem privados ou públicos (TANSCHKEIT et al., 2019).

De acordo com Tanscheit et al., (2019), no Brasil a abertura de dados e da API ainda são um gargalo para uma integração mais abrangente.

#### 4.4.2 Relação entre STI e mobilidade urbana sustentável

Atualmente, as áreas urbanas exigem conexão com diferentes redes de dados e otimização do sistema de transporte com novas infraestruturas que são cada vez mais caras e complexas de implementar (SAMPSON et al., 2019).

As soluções de STI já adotadas incluem gerenciamento de tráfego interativo, serviços integrados de viagens multimodais (serviços de informação, bilhetagem inteligente e reserva), sistemas cooperativos de transporte, controle de acesso à infraestrutura viária, monitoramento de comportamento da mobilidade e gerenciamento da demanda, a fim de apoiar escolhas voltadas à mobilidade sustentável (SAMPSON et al., 2019).

De acordo com Sampson et al., (2019), mais recentemente, uma variedade de serviços STI vem fornecendo uma base voltada para *MaaS*, como uma alternativa para utilizar os modos de transporte em contraponto da posse de um veículo.

Segundo Tanscheit et al. (2019), o *MaaS* pode auxiliar no acesso mais barato de todos para a mobilidade das cidades, aumentando a segurança das pessoas, trazendo benefícios pela redução de emissões, reduzindo veículos particulares, estacionamentos e congestionamentos.

Sampson et al., (2019) relaciona três papéis do STI relacionados ao planejamento de mobilidade urbana sustentável:

- Ferramentas para implementar medidas de transporte e alcançar objetivos da política: Os STI possibilitam medidas tais como, restrições de acesso, gestão de tráfego amigo do ambiente, mudanças de comportamento, gerenciamento de estacionamento, esquemas de prioridade para modos verdes e monitoramento de segurança.
- Infraestrutura da cidade: A fim de oferecer esquemas de mobilidade inovadores e alavancar medidas para alcançar visões mais sustentáveis e econômicas e para enfrentar os desafios do transporte urbano de passageiros e cargas de forma eficaz e eficiente, os STI permitem que as cidades construam sobre a infraestrutura existente. De acordo com o nível de prontidão e maturidade dos STI em que uma cidade se encontra, reflete nos planos de

implementação conforme a necessidade da cidade. Como exemplo, por meio de STI, as cidades podem agregar informações e disponibilizar dados abertos para reutilização através de portais de dados, criando uma arquitetura aberta e introduzindo soluções contratuais público-privados com o intuito de troca de dados.

- Provedor de dados para suporte, desenvolvimento, monitoramento, avaliação e avaliação relacionada ao planejamento de mobilidade urbana sustentável: Os STI podem agregar as principais fontes de dados que suportam desenvolvimento, monitoramento e implementação de planejamento de mobilidade urbana sustentável. Como exemplo, os STI permitem coletar e armazenar, troca e elaboração de informações digitais e dados, tais como dados em tempo real sobre o tráfego e fluxo de pessoas. Assim, o STI pode ser utilizado como uma ferramenta nas diferentes etapas do processo de desenvolvimento do planejamento de mobilidade urbana sustentável, seja na análise de linha de base, modelagem, desenvolvimento de cenários, monitoramento, envolvimento do usuário/*stakeholder*, entre outras etapas.

Sampson et al., (2019) ressaltam que cada cidade é única e assim, todas as soluções em STI devem ser adaptadas ao contexto local e estar de acordo com a visão e a ambição de cada cidade. No entanto, faz-se necessário cooperar e compartilhar informações em todos os níveis de governança e a participação em relação à tecnologia.

#### **4.4.3 Fechamento do capítulo**

Por meio da convergência e da correlação entre os STI e a mobilidade urbana sustentável, é possível compreender melhor as necessidades de cada cidade, sem deixar de considerar que cada cidade é única.

No próximo capítulo são abordadas as aplicações tecnológicas relacionadas aos STI e que são voltadas à mobilidade, formação do cubo COBIT e os esclarecimentos relativos aos pressupostos.

## 5 APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS VOLTADAS À MOBILIDADE

### 5.1 INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO

A partir das pesquisas realizadas, tanto em cidades do continente Europeu, quanto em cidades brasileiras, propõe-se um *framework* que seja voltado à mobilidade urbana sustentável, englobando os sistemas inteligentes de transportes.

Assim, é proposto um cubo de COBIT que relaciona os elementos dos STI e mobilidade urbana sustentável, trazendo os aspectos relacionados a estes temas e englobando os desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras.

### 5.2 PROPOSTA DE APLICAÇÃO VOLTADA À MOBILIDADE URBANA PARA AS CIDADES BRASILEIRAS

O *framework*, inspirado no cubo de COBIT, é utilizado para mostrar a aplicação da mobilidade urbana sustentável e os STI em cidades brasileiras.

As características tridimensionais e com multicamadas são mantidas no modelo conceitual proposto e apresentados os aspectos relacionados aos sistemas inteligentes de transportes, à mobilidade urbana sustentável e os desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras.

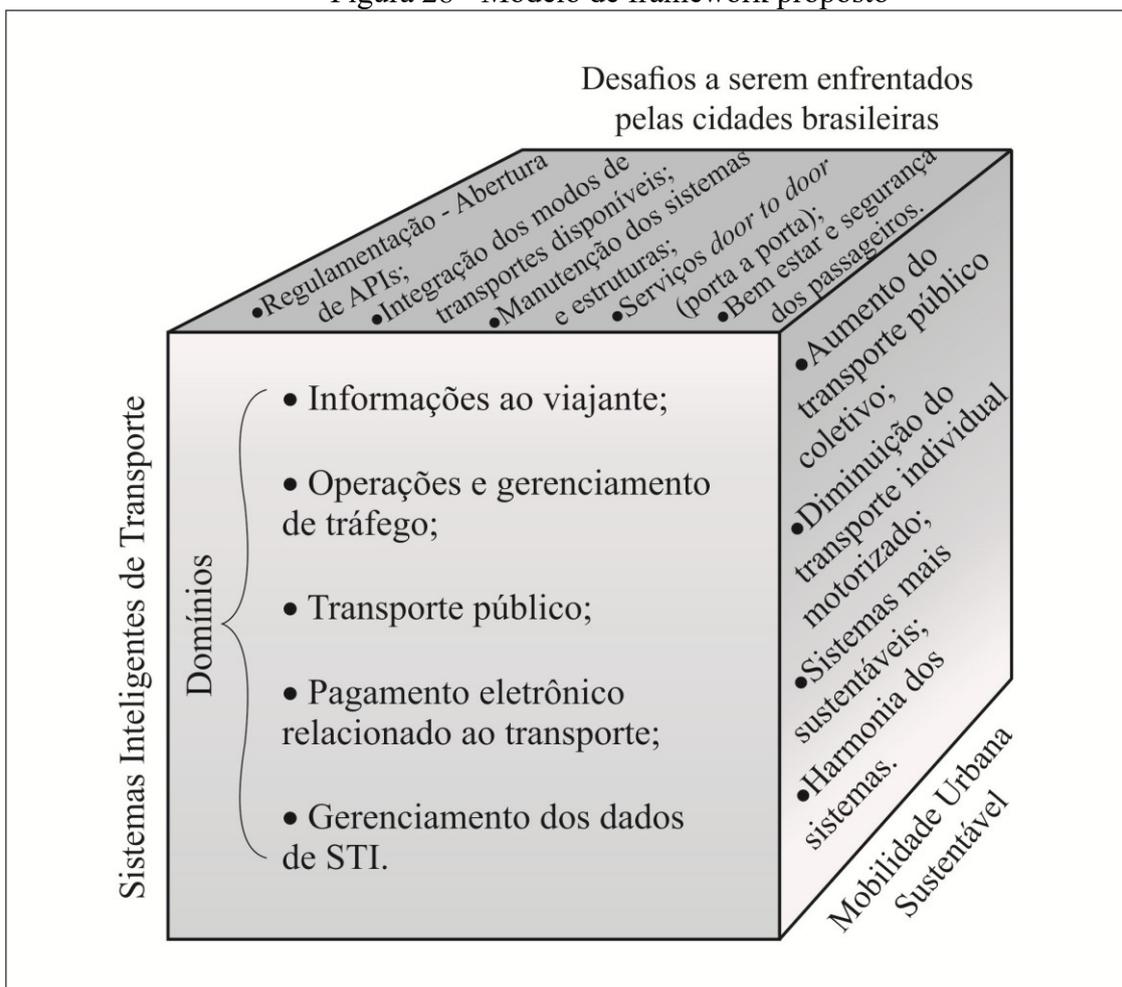
Quadro 4 – Aspectos relacionados aos sistemas inteligentes de transportes, à mobilidade urbana sustentável e os desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras.

Sistemas Inteligentes de Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Informações ao viajante;</li> <li>●Operações e gerenciamento de tráfego;</li> <li>●Transporte público;</li> <li>●Pagamento eletrônico relacionado ao transporte;</li> <li>●Gerenciamento dos dados de STI.</li> </ul>
Mobilidade Urbana Sustentável	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Aumento do transporte público coletivo;</li> <li>●Diminuição do transporte individual motorizado;</li> <li>●Sistemas mais sustentáveis (considerando emissões);</li> <li>●Harmonia dos sistemas.</li> </ul>
Desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Regulamentação -Abertura de APIs;</li> <li>●Integração dos modos de transportes disponíveis;</li> <li>●Manutenção dos sistemas e estruturas;</li> <li>●Serviços porta a porta;</li> <li>●Bem estar e segurança dos passageiros.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A partir dos dados apresentados no Quadro 4 e baseado no modelo do cubo de COBIT, de característica tridimensional, desenvolveu-se um *framework* a partir de cinco domínios de serviços aplicados aos Sistemas Inteligentes de Transportes, voltados à mobilidade urbana sustentável e os aspectos inter-relacionados a estes, que servirá de apoio para implementar tais aspectos em cidades brasileiras.

Figura 28 - Modelo de framework proposto



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na sequência, são apresentados os aspectos relacionados a cada face do CUBO para uma melhor compreensão dos tópicos escolhidos para compor o cubo.

O modelo conceitual proposto a partir do COBIT, desenvolvido como já se afirmou, para a área de tecnologia de informação, integra as dimensões estudadas até este ponto da pesquisa. Assim, mobilidade urbana sustentável foi alocada onde no cubo de referência “COBIT” se encontram os recursos de TI. Da mesma forma, os desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras ocupam o lugar dos requisitos de negócios. À face frontal, atribuiu-se os cinco domínios afetos aos sistemas inteligentes de transportes.

### **5.2.1 Aspectos relacionados aos Sistemas Inteligentes de Transportes**

Com base na ISO 14813-1 (ABNT, 2011) a arquitetura de modelo de referência para o setor de Sistemas Inteligentes de Transporte é apresentada através de doze domínios de serviço e nesta pesquisa foram estudados cinco deles.

No primeiro, Informações ao Viajante, são fornecidas informações sobre chegadas e partidas no transporte público, vagas de estacionamento, entre outras informações. Estas podem ser realizadas por meio de aplicativos, sites, painéis nas estações, pontos de serviços e terminais. Principalmente em cidades europeias, também são informados sobre inundações, colisões no trânsito, reparos, iluminação pública, entre outros.

No segundo domínio pesquisado, Operações e gerenciamento de tráfego, são levantados aspectos relacionados ao controle do tráfego, manutenção e gerenciamento. Em todas as cidades pesquisadas há câmeras de CFTV que auxiliam no controle.

Posteriormente, com relação ao Transporte Público, foram buscadas informações quanto à abrangência do transporte público dentre das regiões de cada cidade. Além de melhorias implementadas no transporte público relacionadas ao bem-estar dos passageiros, como no caso de Londres e serviços *door to door*.

Em seguida, o pagamento eletrônico relacionado ao transporte, onde se constatou que as cidades pesquisadas não fazem uso somente de cartão, como também podem ser realizados pagamentos via aplicativos, relógios, dinheiro e cartão de crédito. Em cidades como Helsinki e Vienna, é possível realizar o pagamento de trem e posteriormente de ônibus, por exemplo, utilizando um único cartão, pois são ofertados planos para utilização do transporte.

Por último, Gerenciamento de dados de STI, onde são percebidas a utilização de banco de informações e dados abertos por parte de todas as cidades europeias pesquisadas.

### **5.2.2 Aspectos relacionados à mobilidade urbana sustentável**

Carvalho (2016), sugere que para uma maior sustentabilidade ambiental, as políticas públicas devem aumentar a eficiência da rede através do aumento da participação de transporte público coletivo e outros transportes não motorizados e aumentar a eficiência de veículos através da utilização de combustíveis mais limpos, bem como aumentar a eficiência de tecnologias à combustão tradicionais.

As políticas de incentivo à utilização do automóvel causam desigualdades sociais, desequilíbrios econômicos constantes nos serviços e orçamentos públicos, além de agredirem o meio ambiente pela emissão de poluentes, geração de ruídos e interferência visual (CARVALHO, 2016).

Com o aumento da participação do transporte público, podemos ter a diminuição dos veículos particulares para deslocamentos urbanos rotineiros.

Vasconcellos et al. (2011), demonstraram em suas pesquisas que o transporte privado emite 15 vezes mais poluentes locais em relação ao transporte público e quase o dobro de CO<sub>2</sub>.

A sustentabilidade da mobilidade urbana e dos sistemas aumenta a partir de um conjunto de ações voltado ao transporte coletivo ou outras alternativas de acesso a serviços, trabalho ou lazer.

De acordo com Silva (2000), um conjunto de ações planejadas que melhorem a infraestrutura de transporte público, integrem os diferentes modos de transporte público, explorem outros modos de transporte, inclusive modos de transporte ativo, como a caminhada são capazes de melhorar a mobilidade urbana de forma global.

A harmonização dos sistemas precisa existir para criar conexões entre os diferentes modais e também entre os diferentes operadores de ônibus, por exemplo.

Segundo Al Maghraoui et al. (2019), os sistemas de mobilidade urbana ainda não operam em harmonia centrada nas pessoas para oferecer uma experiência de mobilidade perfeita. A falta de informação de linhas de ônibus ao sair de uma estação de trem, ou somente informação de um operador, tornando as informações parciais ou incompletas pode ser citada como exemplo, dado que podem existir vários outros operadores para as linhas de ônibus e que o usuário não as obtém com clareza.

### **5.2.3 Aspectos relacionados aos desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras**

Os aspectos ligados aos desafios a serem enfrentados pelas cidades brasileiras mostram os caminhos que os Sistemas Inteligentes de Transporte podem oferecer para a melhoria da mobilidade urbana nas cidades brasileiras.

A partir das cidades pesquisadas, pode-se perceber que as cidades brasileiras ainda necessitam regulamentação perante a legislação brasileira a fim de abrir dados para melhoramento dos serviços aos usuários, assim como, por exemplo, Helsinki e Vienna que

oferecem mobilidade como um serviço, onde se podem adquirir planos para utilização de transporte por assinatura e de forma a englobar todos os modais de transporte existentes no local.

Faz-se necessário que as cidades estabeleçam conexões com parceiros, não somente com empresas de transporte público, como também empresas de táxi, aluguel de carro, aluguel de bicicletas e patinetes, integração com empresas de pedágio entre outros que venham estar relacionados com o transporte de passageiros e assim sejam implantadas e mantidas as integrações e conexões.

Além da integração entre os modos, não se pode deixar de lado a infraestrutura necessária para manter os diferentes modos de transporte em funcionamento, a exemplo de estacionamentos de carros e bicicletas próximos às estações.

Os serviços porta a porta são essenciais para pessoas com pouca ou nenhuma mobilidade. Pode ser aplicada através de um veículo que sai do ponto de partida para as pessoas que mais necessitam desses serviços para se locomover.

Por último, não se pode deixar de lado a importância do bem-estar e segurança dos passageiros que fazem uso do transporte público, procurando implementar melhorias a exemplo do que foi realizado em Londres (TFL, 2022), através de ampliação de janelas em ônibus para dar a sensação de um veículo mais aberto, conforto dos assentos e demais artigos dos ambientes e acessórios voltados às novas tecnologias (carregadores USB, suporte de celular, etc).

#### **5.2.4 Índices de indicadores**

Visando testar os indicadores que compõem os domínios escolhidos neste trabalho, para compor o modelo conceitual, ligados aos STI, considerando quatro cidades europeias e três capitais brasileiras, atribui-se pesos 0 para os grupos de serviços ausentes e peso 1 quando os grupos de serviços estão presentes e possuem o serviço ligado a cada domínio, conforme a tabela a seguir.

Tabela 2 – Teste dos indicadores

Domínio de serviço	Grupo de serviço	Cidades pesquisadas						
		Hannover	Helsinki	Londres	Vienna	Curitiba	Rio de Janeiro	São Paulo
1. Informações ao viajante	1.1 Informações antes do início da viagem	1	1	1	1	1	1	1
	1.2 Informações durante o transcurso da viagem	1	0	1	1	1	0	1
	1.3 Orientação de rota e navegação – Antes do início da viagem	1	1	1	1	1	1	1
	1.4 Orientação de rota e navegação – Durante o transcurso da viagem	0	1	1	1	1	0	1
	1.5 Apoio ao planejamento da viagem	1	1	1	1	1	1	1
	1.6 Informações sobre serviços de viagem	1	1	1	1	1	0	1
2. Operações e gerenciamento de tráfego	2.1 Gerenciamento e controle de tráfego	1	1	1	1	1	1	1
	2.2 Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte	0	1	1	1	1	1	0
	2.3 Gerenciamento de demanda	1	1	1	1	1	0	1
	2.4 Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte	1	1	1	0	1	0	0
	2.5 Diretrizes/cumprimento das regras de trânsito	0	1	0	0	0	1	0
5. Transporte público	5.1 Gerenciamento de transporte público	1	1	1	1	1	1	1
	5.2 Transporte compartilhado e responsivo de demanda	1	1	1	1	0	0	1
7. Pagamento eletrônico relacionado ao transporte	7.1 Transações eletrônicas financeiras relacionadas ao transporte	1	1	1	1	1	1	1
	7.2 Integração de serviços de pagamento eletrônico relacionados ao transporte	1	1	1	1	1	1	1
12. Gerenciamento dos dados de	12.1 Registros de dados	1	1	1	1	1	1	1
	12.2 Dicionários de dados	0	0	0	0	0	0	0
	12.3 Mensagens de emergência	0	1	1	0	0	0	0

Domínio de serviço	Grupo de serviço	Cidades pesquisadas						
		Hannover	Helsinki	Londres	Vienna	Curitiba	Rio de Janeiro	São Paulo
ITS	12.4 Dados do centro de controle	1	1	1	1	1	1	1
	12.5 Cumprimento de leis	0	0	0	0	0	0	0
	12.6 Dados de gerenciamento de tráfego	1	1	1	1	1	1	1
Total pontuação		15	18	18	16	16	12	15
Índice do indicador		0,62	0,75	0,75	0,67	0,67	0,5	0,63

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Com base nas cidades pesquisadas, pode-se perceber que Helsinki e Londres são as cidades que tiveram o melhor desempenho, assim como Rio de Janeiro ficou com o pior desempenho ao relacionar os Grupos de Serviços.

De forma positiva, Curitiba aparece com o melhor desempenho dentre as cidades brasileiras, se igualando a Vienna, na Áustria, com relação aos Grupos de Serviços pesquisados.

Pode-se afirmar, que os dados resultantes da tabela anterior indicam tendências que podem e devem ser comparadas com outros indicadores ou até mesmo por meio de outros métodos. Entende-se, portanto, que o objetivo de testar os indicadores integrantes do modelo conceitual foram atingidos.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em sintonia com a literatura da área, pode-se afirmar que os STI contribuem para a mobilidade urbana sustentável por meio de novas tecnologias de informação relacionadas ao transporte, mas sem deixar de implantar outras medidas complementares.

Ao mesmo tempo, verifica-se que não é possível a aplicação de mobilidade urbana sustentável de forma eficiente, sem a harmonia entre os sistemas de transporte.

Observou-se pelo trabalho que as aplicações tecnológicas voltadas à mobilidade urbana sustentável estão sendo utilizadas pelo mundo e a busca tem sido em desenvolver novos meios e melhorar as soluções existentes por meio de sistemas inteligentes.

Relembrando a pergunta de pesquisa que motivou o desenvolvimento deste trabalho: “Como as possíveis relações entre os elementos dos Sistemas de Transportes Inteligentes e a mobilidade urbana sustentável?”, como resultado, pode-se afirmar que o Sistema de Transportes Inteligentes vem contribuir para o desenvolvimento da mobilidade urbana sustentável, pois os STI contribuem para o aumento da utilização do transporte público coletivo por parte dos usuários, diminuindo assim a utilização de transporte individual motorizado, além de trazer sistemas mais sustentáveis e de forma equilibrada.

A partir do desenvolvimento deste trabalho, foram identificados padrões que auxiliaram no entendimento entre os sistemas inteligentes de transporte e a mobilidade urbana sustentável. Dentre as respostas encontradas, alternativas como a integração entre os diversos meios de transporte, a integração tarifária e a possibilidade de utilizar tais meios através do *Maas*, que utiliza todos os modos de transporte possíveis para auxiliar os usuários, integrando as tecnologias.

Constatou-se que há ferramentas para implementação de medidas que vem sendo desenvolvidas, como as aplicações que são voltadas ao transporte urbano.

Como objetivo geral e a partir da identificação de correlações, gerou-se um *framework*, inspirado no cubo de COBIT, com características tridimensionais, voltado à mobilidade urbana e aplicável em cidades brasileiras, de forma a auxiliar os gestores públicos, a adotarem essa abordagem de sistemas inteligentes de transportes como uma ferramenta de apoio à mobilidade urbana. Entende-se que os gestores públicos, ao adotarem o modelo conceitual aqui proposto poderão ter mais “inteligência” disponível para suas decisões.

No cumprimento dos objetivos específicos a) e b), no Capítulo 2, foram identificados os conceitos relacionados aos STI, bem como abordado o estado da arte a respeito dos elementos contemporâneos sobre a mobilidade urbana sustentável.

Foram avaliadas as aplicações tecnológicas utilizadas em cidades europeias voltadas à mobilidade urbana sustentável, acrescido de três cidades brasileiras, a fim de realizar uma análise e comparação que auxiliou na compreensão do que vem sendo feito em grandes cidades e que podem auxiliar a elas mesmas para melhoria do existente e podem auxiliar aquelas cidades que estão em implantação de STI para a melhoria do sistema de transporte.

No Capítulo 4, no item 4.4 foram analisadas as possíveis convergências entre os Sistemas de Transportes Inteligentes e a mobilidade urbana sustentável no intuito de verificar a correlação entre as mesmas.

Pode-se destacar que os STI possuem ferramentas para implementação de medidas de transporte que auxiliem na mobilidade urbana sustentável, também são uma forma de trazer melhorias às cidades, sem necessariamente modificar a infraestrutura delas, ou seja, pode-se aproveitar a infraestrutura existente. Ainda, os STI podem contribuir com fontes de dados destinados ao desenvolvimento, monitoramento e implementação de planejamento de mobilidade urbana sustentável.

A plataforma *MaaS* é uma alternativa de integração inteligente dos diferentes modos de transporte por meio de um único aplicativo, mas que para o seu pleno funcionamento é necessário cooperação e abertura de APIs, com acessos em tempo real, com tempos de deslocamentos e divisão do que compete a cada prestador.

Os STI visam mobilidade de forma que não haja interrupções e inconveniências.

A maioria da população reside em áreas urbanas e os STI vem para melhorar nesse aspecto, pois apesar da pandemia da Covid diminuir os deslocamentos, estes ainda se fazem necessários, principalmente de quem se encontra em centros urbanos e precisa se deslocar de forma eficiente e eficaz para outros locais para que possam se conectar a mais lugares e serviços.

Finalmente, pode-se afirmar que os ganhos em STI resultam em mobilidade urbana mais sustentável, e o sucesso na implantação desses STI depende da organização e da coordenação das ações.

Em seguida são apresentados os oito pressupostos que foram verificados e respondidos e posteriormente validar a hipótese.

## 6.1 PRESSUPOSTOS DE PESQUISA A SEREM TESTADOS POR MEIO DO MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

Em face ao que foi exposto, são apresentadas as respostas para cada pressuposto pré-determinado com a comprovação ou não comprovação de cada um deles.

1) Os conceitos relacionados aos STI são mais aplicáveis a centros urbanos; Segundo Pons e Reynés, (2004), gestão do tráfego interno é um objetivo prioritário nas grandes e médias cidades. Através do controle automático das artérias e interseções, os STI atendem a esse objetivo. Em áreas interurbanas, a aplicação de tecnologias de informação e controle no transporte viário permite falar em “estradas inteligentes”, onde há aplicação de sistemas de informação em tempo real, onde serão permitidas:

- Regulação e controle de acesso;
- Captura de dados para medir intensidade, velocidade e detecção automática de incidentes;
- Controle de trilha linear;
- Controle de entradas para a estrada;
- Informações quanto ao itinerário;
- Assistência na estrada;
- Pedágios e controle de demanda.

Eficácia e eficiência dos transportes: Através de informações sobre as condições de tráfego, pode-se planejar uma viagem e reduzir os desperdícios de tempo, aumenta-se a rapidez com trajetos mais precisos e eficientes. Em nível de infraestruturas pode-se reduzir tempo de viagem por meio de sistemas de cobrança automática, sistemas de mensagem variáveis e sistemas de controle de ramais de acesso que avisem os condutores sobre pontos de congestionamento em potencial (FIGUEIREDO, 2005).

Para Kalupová e Hlavoň (2016), um sistema integrado para um transporte mais seguro e eficiente, um sistema inteligente de transporte é o que inclui:

- Sistemas de informação para passageiros (ATIS – Advanced Traveler Information Systems);
- Sistemas de gestão de estacionamento para veículos (AFMS – Advanced Fleet Management Systems);
- Sistemas de gestão de tráfego (ATMS – Advanced Traffic Management Systems);
- Sistemas para gerenciamento de veículos (AVCS – Advanced Vehicle Control Systems);

- Sistemas de dispositivos móveis de viagem (AMSS – Advanced Mobile Support Systems).

De fato, os investimentos realizados em centros mais populosos atendem um maior número de pessoas e fazem os investimentos valerem a pena para alguns tipos de tecnologia, no entanto, isso não impede que em ambientes rurais sejam utilizados recursos com aplicação de tecnologia voltada ao transporte.

Com isso, pode-se considerar que o pressuposto 1) Os conceitos relacionados aos STI são mais aplicáveis a centros urbanos; não se **verifica** com a pesquisa realizada.

## 2) Os STI estão em fase inicial dentro das grandes cidades brasileiras;

Após a realização das pesquisas nas cidades de Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro constataram-se que as três cidades possuem meios de informar aos seus viajantes.

Curitiba traz informações por meio de painéis em tempo real quanto ao horário previsto de chegada dos ônibus e alterações de rotas e horários (URBS, 2022a).

Já na cidade do Rio de Janeiro, disponibilizam informações aos usuários em pontos de paradas, como se pode ver na Figura 24 - Sistema de informação aos usuários nos pontos de parada. Também possuem diversos aplicativos, levantados por Costa (2022) que podem ser usados nos *smartphones* dos usuários de transporte público, assim como São Paulo, que também conta com uma plataforma chamada “Olho Vivo”, com informações sobre a localização da linha e previsão de chegada de ônibus (SPTRANS, 2022a), metrô e informações sobre alugueis de bicicletas..

Quanto às operações e gerenciamento de tráfego, Curitiba controla a rede semafórica, o trânsito, gerencia o tráfego e age nas interferências que acontecem no trânsito, além de realizar estudos técnicos (CURITIBA, [s.d.]).

Curitiba possui tarifa única para utilização de ônibus na região metropolitana e organiza cada categoria de linha dividida por cores, assim como o Rio de Janeiro que setoriza o BRS por grupos de números e cores.

A bilhetagem eletrônica é presente em Curitiba, Rio de Janeiro e São Paulo.

CCO em Curitiba para a gestão de CFTV, painéis de mensagens variáveis, entre outros equipamentos e *softwares* que contribuem para a melhoria da gestão (URBS, 2022a). A utilização de STI no Rio de Janeiro é influenciada pelo regime de concessão vigente e pelos projetos de BRT (CREMA et al., 2013).

A EMTU/SP abre os dados do Transporte Público Metropolitano e disponibiliza de forma livre para serem reutilizados e redistribuídos por qualquer pessoa, com a possibilidade de cruzamento de dados, permitindo acesso fácil a desenvolvedores, pesquisadores, estudantes e cidadãos (EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS, 2022).

Com isso, é possível afirmar que o pressuposto 2) Os sistemas inteligentes de transporte estão em fase inicial dentro das grandes cidades brasileiras; **não foi comprovado**, haja vista que nas cidades pesquisadas já existem grandes avanços em sistemas inteligentes de transporte.

3) Para obter uma mobilidade urbana sustentável, são imprescindíveis incentivos públicos;

Utilizando um conjunto de medidas integradas, multimodais e robustas, com uma combinação de política e medidas inter-relacionadas, pode-se fomentar a mobilidade urbana de maneira mais sustentável para bens e pessoas com benefícios em relação ao consumo de energia, aos impactos ambientais e a qualidade do ambiente urbano (AMBROSINO et al., 2016).

Para reduzir os efeitos das viagens de veículos particulares e melhorar a sustentabilidade das cidades, Butler et al. (2020) consideram que a mobilidade inteligente tem tido um crescente interesse da literatura conforme os pesquisadores procuram maneiras de usar inovações mais recentes em transportes.

Os atores envolvidos na implantação de um STI incluem órgão público de gestão e regulamentação do transporte, operadoras de transporte público (sejam elas separadas ou organizadas em consórcios), usuários, fornecedores de sistema, entre outros. (FARIA, 2016).

Contudo, pode-se dizer que os incentivos públicos são um fator relevante a ser considerado para se obter uma mobilidade urbana sustentável, porém não é a única forma, mas sim, através de um conjunto de ações. Tais ações devem ser tomadas, não somente de órgãos públicos, quanto por outros atores citados por Faria (2016).

Assim, pode-se afirmar que o pressuposto 3) Para obter uma mobilidade urbana sustentável, só é possível através de incentivos públicos **não foi comprovado**.

4) Cidades com aplicações de sistemas inteligentes voltados ao transporte são cidades com mobilidade urbana mais sustentável;

De acordo com Pons e Reynés (2004), no que se refere à externalidades ambientais, a situação é preocupante pelas emissões de monóxido de carbono que afetam o meio ambiente,

poluindo o ar, contribuindo para o efeito estufa e afetando a saúde dos cidadãos. Com isso, foram desenvolvidas novas estratégias globais para o transporte urbano sustentável tanto com medidas paliativas, quanto com utilização de tecnologias e infraestruturas inovadoras.

Entre as medidas que podem ser tomadas, ressalta-se a promoção dos transportes públicos, políticas de estacionamento, pedonalização dos centros urbanos, cobranças para utilização de determinadas zonas urbanas, entre outras. Quanto às tecnologias e infraestruturas inovadoras, vale destacar todo um conjunto de recursos e modos de transporte que contribuem para reduzir tempo e distância percorrida e assim é possível garantir maior fluidez, melhor nível de serviço nas vias e racionalização de consumos e emissões (PONS; REYNÉS, 2004).

Além disso, veículos limpos melhoram a gestão do tráfego, contribuindo para a redução das emissões que provocam poluição ambiental, poluição sonora, consumo de recursos renováveis e a geração de resíduos.

A HSL (Helsinki Region Transport), responsável pelo transporte público de Helsinki e outros nove municípios, enfatiza que o transporte público causa menos emissões que prejudicam o meio ambiente do que os carros particulares e diminui os engarrafamentos com uma maior utilização do transporte público do que os carros particulares (HELSINKI, 2022).

A cidade de Hannover tem em seu aspecto sustentável a ocorrência do gerenciamento do tráfego, evitando o tráfego de carros e focando em mais bicicletas e transporte público. A equipe que elabora o plano de transporte local, presta atenção na coordenação do tráfego de bicicletas e na segurança rodoviária, juntamente com o Estado e a polícia (HANNOVER, 2022b). Além disso, uma rede coordenada para as viagens em transporte público também é aplicada em Hannover, contribuindo para a sustentabilidade.

Portanto, é possível afirmar que o pressuposto 4) Cidades com aplicações de sistemas inteligentes voltados ao transporte são cidades com mobilidade urbana mais sustentável; **foi comprovada.**

5) A implementação de STI pode ser obtida a partir de políticas públicas específicas;

Quanto ao Brasil, fatores como a política de combustível, por exemplo, onde houve o encarecimento do diesel com relação à gasolina desde a quebra de monopólio estatal quanto à exploração e venda de petróleo em 1997, estímulos ao aumento de viagens por transporte individual, assim como as políticas de incentivo à produção de motocicletas na zona Franca de Manaus, a instalação de fábrica de automóveis no Brasil com incentivos fiscais, redução

tributária para motos em contrapartida ao incentivo da utilização de bicicletas (VASCONCELLOS et al., 2011). Assim, de uma forma contrária, as políticas públicas interferem sim na implementação de novos projetos, nesse caso, de forma negativa.

De acordo com Vasconcellos et al. (2011), as políticas de estímulos para a utilização de transporte individual, associadas às medidas de encarecimento do transporte público coletivo agravam a mobilidade nos grandes centros, impactando em congestionamentos, poluição, acidentes e exclusão social das pessoas que não podem adquirir um veículo privado e sofrem com a perda de qualidade e aumento de custos das tarifas do transporte público. Apesar de a mobilidade urbana ser de competência local, há carência de programas federais que sejam mitigadores de impactos negativos de tais políticas.

O governo federal é responsável pela execução de políticas de controle da poluição de transporte motorizado, pois os limites de emissão de poluentes são definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que está ligado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

São diretrizes de prioridades a projetos que beneficiem o transporte coletivo sobre o transporte individual e criação de vantagens de contratação às modalidades que menos agredem o meio ambiente.

Por outro lado, há exemplos como Helsinki, que utiliza *softwares* que programam trajetos individualmente, utilizando transporte público; e também Paris, cuja administração tem a intenção de acabar com a circulação de carros pelo centro histórico. Zurique, na Suíça, que permite o deslocamento de pessoas para qualquer lugar da cidade sem a necessidade de utilizar carro particular (NTU, 2015).

Ao nível da União Europeia, considerando o desenvolvimento de STI e como os países membros possuem economias e indústrias altamente desenvolvidas, possibilitou a criação das arquiteturas autorais sejam nacionais ou regionais. A Comissão Europeia decidiu financiar um projeto com a finalidade de aperfeiçoar e expandir para outros países dentro de suas próprias arquiteturas, a fim de agregar a comunicação entre as diversas arquiteturas STI (NEAMTU; TITU, 2021).

Assim, pode-se afirmar que o pressuposto **foi comprovado**, mostrando que políticas públicas podem, sim, ser obtidas também por meio de STI sustentáveis.

- 6) Para uma implementação de STI em cidades brasileiras é necessária uma mudança comportamental;

Atualmente o que se vê por parte de pessoas que precisam ir e vir de um lugar para outro é, na maioria, um deslocamento de veículos individuais. Para que este cenário possa ser alterado ou aprimorado, são necessárias medidas que incentivem a utilização de outras formas de transporte e que tragam maior mobilidade para os centros urbanos.

Os deslocamentos motorizados individuais ganharam força nas grandes cidades brasileiras, visto que a indústria automotiva cresceu no Brasil, diminuindo assim os deslocamentos coletivos públicos (CARVALHO, 2016).

Na medida em que se tem um aumento do transporte individual motorizado, também crescem os congestionamentos urbanos, a poluição provocada pelos veículos e os acidentes de trânsito, o que acaba degradando as condições de mobilidade da população no Brasil (CARVALHO, 2016).

Especialmente ao longo do ano de 2020, intensificou-se a queda do número de passageiros do transporte público pela crise econômica e saúde pública, gerada pela pandemia do Coronavírus. Tal crise acentua a perda de passageiros e eleva tarifas de transporte público e assim, aumenta a substituição do transporte coletivo pelo individual (PEREIRA et al., 2021).

Neamtu e Titu (2021) também ressaltam que as autoridades de transporte têm aceitado que a simples construção de mais estradas ou aumento de pistas, raramente é uma solução para todos os problemas que se relacionam ao congestionamento do tráfego rodoviário, todavia, é essencial encontrar alternativas para uma gestão mais eficiente do tráfego em estradas existentes e aumentar a utilização de outros modos de transporte de passageiros ou mercadorias.

A fim de implementar mudanças em cidades brasileiras, pode-se utilizar instrumentos para planejamento e gestão do transporte público sugeridas por Pons e Reynés, (2004) que causem um impacto positivo no setor, induzindo o aumento da procura e determinando a escolha modal da rota, como dissuadir o uso de transporte privado com o aumento da atração para formas de transporte ambientalmente mais corretas e sustentáveis, além de utilizar instrumentos de tecnologia de informação e comunicação que a médio e longo prazo podem substituir as viagens.

Portanto, pode-se afirmar que o pressuposto 6) Para uma implementação de STI em cidades brasileiras é necessária uma mudança comportamental; **foi comprovado**, mostrando

que são necessárias mudanças que diminuam o uso do transporte privado em favor de alternativas mais sustentáveis, por meio, por exemplo, de soluções na área de tecnologia de informação e comunicação voltados aos STI.

- 7) Com a utilização de STI, a segurança pública e o monitoramento tornam-se mais eficazes nos centros urbanos;

No Brasil, a ISO 14813-1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011) trata sobre a segurança pessoal que está relacionada ao transporte rodoviário, com o intuito de proteger os usuários de transporte, incluindo motociclistas, ciclistas, pedestres, mas principalmente usuários vulneráveis, como idosos, pessoas com deficiência e trabalhadores de manutenção de rodovias.

Algumas das medidas que podem ser implementadas a fim de melhorar a segurança, são as travessias inteligentes (como exemplo o prolongamento do tempo de travessia), sistemas de advertências de velocidade do veículo, detectores de presença para veículos ou pedestres e informação automática repassada aos condutores quanto a usuários vulneráveis que se encontram na rodovia. A seguir, no Quadro 5, são apresentados exemplos de segurança pessoal relacionados ao transporte público. (ABNT, 2011).

Quadro 5 - Exemplos de segurança pessoal relacionada ao transporte rodoviário

Segurança do transporte público	Melhoria da segurança para usuários vulneráveis na rodovia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alarme silencioso</li> <li>• Alerta de chamada/SOS de emergência para transporte público;</li> <li>• Detecção de intrusão;</li> <li>• Vigilância do transporte público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de monitoramento de veículos não motorizados e pedestres;</li> <li>• Sistemas para monitorar veículos especializados.</li> </ul>
Melhoria da segurança para usuários com necessidades especiais na rodovia	Precauções de segurança para pedestres que utilizam cruzamentos e conexões inteligentes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento do cruzamento de veículos especializados (por exemplo, cadeira de rodas, carretas);</li> <li>• Advertências ao condutor para veículos especializados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advertência antecipada no monitor de sinais;</li> <li>• Advertência antecipada de aproximação de veículo (para cruzamento não sinalizado);</li> <li>• Sistemas de advertência e sinalização no veículo.</li> </ul>

Fonte: Autora adaptado da ISO 14813-1 (ABNT, 2011).

Além dos elementos relacionados à segurança pessoal, também existem soluções em STI relacionadas à segurança nacional, como monitoramento e controle de veículos suspeitos

e monitoramento de tubulações ou serviços de utilidade pública, que envolvem notificações de emergência para agências-chave, identificação de veículos suspeitos, monitoramento de tubulações e explosivos (ABNT, 2011).

Como exemplo de aplicação no Centro de Controle Operacional (CCO) na cidade do Rio de Janeiro (Rio Ônibus) há monitoramento de velocidade, onde foram verificados motoristas que abusavam da velocidade devido ao fluxo mais livre nos corredores BRS. Dessa forma, o operador pode identificar e advertir o condutor e por consequência, aumentar a segurança e o conforto nas viagens (CREMA et al., 2013).

Crema et al., (2013), menciona que para níveis mais altos de eficiência, segurança e conforto para os usuários de transporte público urbano em sistemas de ônibus rápido (BRT) é fundamental a utilização dos avanços nas áreas de Tecnologia da Informação e de Comunicação (TIC).

Com isso, pode-se considerar que o pressuposto 7) **foi comprovado** com a pesquisa realizada.

8) Todos os ganhos obtidos na utilização de STI resultam em mobilidade urbana sustentável.

Os STI garantem a segurança do tráfego rodoviário, descongestionam o tráfego nas principais metrópoles e aumentam a qualidade no transporte, seja de mercadorias ou de passageiros. Tais sistemas tornam-se indispensáveis a todos os usuários, sejam pedestres, motoristas, passageiros ou autoridades (NEAMTU; TITU, 2021).

Em cidades com uma população cada vez mais crescente e serviços mais caros, os sistemas inteligentes de transporte mostram como ferramentas de suporte aos clientes pode auxiliar, por exemplo, com um fluxo de passageiro mais eficiente e que tem o intuito de facilitar o dia-a-dia destes usuários (RODRIGUES; BUENO; MACHADO, 2020).

Dentre os cinco domínios pesquisados, pode-se afirmar que todos os STI possuem relação com a mobilidade urbana sustentável, pois as informações que são repassadas aos viajantes, sejam por meio de placas ou informações que podem ser verificadas por meio de aplicativos, estimulam os usuários do transporte público. Assim como as operações e gerenciamento de tráfego que influenciam diretamente, podendo ser citado como exemplo a prioridade semaforica de veículos de transporte público.

A fim de organizar e melhor distribuir a cidade em setores, há alternativas para utilizar a multimodalidade no transporte público, ou seja, com o mesmo bilhete, é possível se deslocar em um trecho de trem, complementando com outro trecho de ônibus, por exemplo.

Quanto ao pagamento relacionado ao transporte, as cidades propõem diversas alternativas, como opções de pagamento diretamente pelo celular, cartão de crédito cadastrado a um aplicativo, entre outras opções.

Por último, pode-se salientar os dados abertos no que tange o gerenciamento de dados de STI, cujas vantagens retornam diretamente aos usuários por meio de informações relacionadas ao transporte público.

Assim, considerando os cinco domínios de serviço pesquisados, pode-se afirmar que **foi comprovado** o pressuposto 8) Todos os ganhos obtidos na utilização de STI resultam em mobilidade urbana sustentável.

#### Hipótese:

A utilização de STI com foco em mobilidade urbana sustentável pode melhorar a qualidade dos serviços de transporte através do envolvimento de atores na implantação de um STI que incluem não somente os órgãos públicos, como também os operadores de transporte público, fornecedores de sistemas, usuários, entre outros.

Entre as medidas que podem ser implantadas para resultar em mobilidade urbana sustentável, podem-se citar exemplos de políticas de estacionamento, tornar centros urbanos em bons espaços para realizar as atividades a pé, cobrança para utilização de veículos particulares de determinadas zonas urbanas, etc.

A cidade de Helsínki adotou a utilização de Mobilidade como um Serviço (*MaaS*) com o intuito de estimular a utilização de transporte público sem deixar de focar em trajetos individuais.

A forma de pagamento que propõe diversas alternativas, como opções de pagamento diretamente pelo celular, cartão de crédito cadastrado a um aplicativo, entre outras opções.

Consideram-se também os dados abertos relacionados aos STI que estimulam empresas que desenvolvem aplicações relativas ao transporte público, com vantagens diretamente aos usuários.

Diante das pesquisas realizadas e as comprovações dos pressupostos, a hipótese “A utilização de STI com foco em mobilidade urbana sustentável pode melhorar a qualidade dos

serviços de transporte de forma geral.” pode ser considerada, para os casos estudados, **verdadeira**.

Através das respostas dos pressupostos e da hipótese, foi possível compreender a aplicação dos STI voltados à mobilidade urbana sustentável, de modo a melhorar o entendimento dos conceitos e aplicações inerentes a estes conceitos.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foram englobados os domínios de serviço que são relacionados ao transporte público.

A escolha dos domínios a serem pesquisados, se deve à aderência ao tema de pesquisa. Não se considerou, contudo, o uso do automóvel de uso privado, por se entender que seria outro tema, ainda que aderente, mas muito específico, o qual mereceria uma pesquisa exclusiva.

No entanto, além de uma pesquisa relacionada ao uso do automóvel privado, também se pode abordar uma pesquisa associada a emergências e sua relação com os STI, como também pesquisas que relacionem STI, mobilidade urbana e transporte de cargas.

Da mesma forma, as questões relativas à segurança e monitoramento das condições climáticas não foram englobadas nessa pesquisa, porém o método do cubo COBIT tem plenas condições de ser aplicado em outros estudos da mesma forma como foi realizado no presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **ISO 14813-1** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.
- AL MAGHRAOUI, O. et al. Modeling traveler experience for designing urban mobility systems. **Design Science**, v. 5, p. 1–24, 2019.
- AMBROSINO, G. et al. Research in Transportation Economics Enabling intermodal urban transport through complementary services : From Flexible Mobility Services to the Shared Use Mobility Agency Workshop 4 . Developing inter-modal transport systems. **Research in Transportation Economics**, v. 59, p. 179–184, 2016.
- ANDRADE, M. O. DE; NETO, O. C. DA C. L.; RABAY, L. O desafio da sustentabilidade nos transportes públicos e na mobilidade urbana em face da pandemia da COVID-19 na realidade brasileira.pdf. **Revista Transporte y Territorio**, v. 25, p. 113–137, 2021.
- ANTP, A. N. DE T. P. **Guia Básico de Gestão Operacional para Melhoria da Qualidade do Serviço de Ônibus**. ANTP ed. Brasília, DF: [s.n.].
- BALBIM, R. Mobilidade: Uma Abordagem Sistêmica. **Cidade e Movimento: Mobilidades e interações no desenvolvimento urbano**, p. 23–42, 2016.
- BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 73–80, 2008.
- BEST, M.; NEUHAUSER, D. W Edwards Deming: Father of quality management, patient and composer. **Quality and Safety in Health Care**, v. 14, n. 4, p. 310–312, 2005.
- BOCCARDO, P.; ARNEODO, F.; BOTTA, D. Application of Geomatic techniques in Infomobility and Intelligent Transport Systems ( ITS ) Application of Geomatic techniques in Infomobility and Intelligent Transport Systems ( ITS ). **European Journal of Remote Sensing ISSN:**, v. 7254, p. 95–115, 2017.
- BRASIL. **Governo Federal, Lei 12527**, 2011.
- BRASIL. **Política Nacional de Mobilidade Urbana** Brasil, 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm)>
- BUTLER, L.; YIGITCANLAR, T.; PAZ, A. **Smart urban mobility innovations: A comprehensive review and evaluation** IEEE Access, 2020.
- CAMPOS, V. B. G.; RAMOS, R. A. R. **PROPOSTA DE INDICADORES DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL RELACIONANDO TRANSPORTE E USO DO SOLO** Pluris 2005, , 2005.
- CANITEZ, F. Pathways to sustainable urban mobility in developing megacities: A socio-technical transition perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 141, n. June 2018, p. 319–329, 2019.
- CARVALHO, C. H. R. DE. Mobilidade urbana sustentável: Conceitos, tendências e

reflexões. **Ipea**, p. 34, 2016.

CHEN, G. T. S. **O impacto do rodízio sobre a compra de automóveis em São Paulo**. [s.l.] Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, 2012.

CHEN, Y.; ARDILA-GOMEZ, A.; FRAME, G. Achieving energy savings by intelligent transportation systems investments in the context of smart cities. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 54, p. 381–396, 2017.

CIDADE DE SÃO PAULO. **Infraestrutura para Controle do Serviço** São Paulo Secretaria de Transportes, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/transportes/SPTrans/Edital-area4-2006/anexo5/ANEXO-5-3-InfraestruturaControleServico.PDF>>

CIDADE DE SÃO PAULO. **Tarifas**. Disponível em: <<https://www.sptrans.com.br/tarifas/>>. Acesso em: 19 nov. 2022.

CIDADE DE SÃO PAULO. **SPTrans**. Disponível em: <<https://www.sptrans.com.br/sptrans/>>. Acesso em: 18 nov. 2022.

COSTA, A. Intelligent Urban Mobility Systems Sistemas inteligentes de mobilidade urbana. **Cuadernos de Vivienda y Urbanismo**, v. 15, 2022.

CREMA, A. M. et al. **Sistemas Inteligentes de Transporte**. NTU ed. Brasília: Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano, 2013.

CURITIBA. **Trânsito**. Disponível em: <<https://transito.curitiba.pr.gov.br/institucional/operacao-de-transito/10>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

DEBNATH, A. K. et al. A methodological framework for benchmarking smart transport cities. **Cities**, v. 37, p. 47–56, 2014.

DEMING INSTITUTE. **The W Edwards Deming Institute**. Disponível em: <<https://deming.org/explore/pdsa/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS. **Dados Abertos Metropolitanos**. Disponível em: <<https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/dados-abertos/dados-abertos-principal.fss>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Helsinki Region Transport (HSL) Route Guide API**. Disponível em: <<https://data.europa.eu/data/datasets/025eff50-c38e-40eb-9c89-122c52f8fa5c?locale=en>>. Acesso em: 19 dez. 2022.

FARIA, O. L. DE. Sistemas de transporte inteligente à luz da gestão pública. **Revista dos Transportes Públicos**, 2016.

FIGUEIREDO, L. M. B. **Dissertação Lino Figueiredo.pdf**. [s.l.] Universidade do Porto, 2005.

FINLAND. **Fint-raf-fic Tie ly-hyes-ti**. Disponível em:

<<https://www.fintraffic.fi/fi/tie/fintraffic-tie-lyhyesti>>. Acesso em: 19 dez. 2022.

FLORENTINO, R. Como transformar o direito à mobilidade em indicadores de políticas públicas? Uma contribuição. **Revista Eletrônica de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 07, p. 44–56, 2011.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa/Antonio Carlos Gil**. [s.l.: s.n.].

GOOGLE. **Hannover**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/AeonLYvJa4oETW3R9>>. Acesso em: 7 jan. 2023a.

GOOGLE. **Helsinki**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/YVR62Ub2mbJA3UBC6>>. Acesso em: 7 jan. 2023b.

GOOGLE. **Londres**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/spRQvvK3iTY5MXrk6>>. Acesso em: 7 jan. 2023c.

GOOGLE. **Viena**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/LHPJ5BxPEoLHzz2b8>>. Acesso em: 7 jan. 2023d.

GOOGLE. **Curitiba**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/iy1XnC5gknwp8qXb9>>. Acesso em: 7 jan. 2023e.

GOOGLE. **Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/33P9DkX8zARMzdXZ9>>. Acesso em: 7 jan. 2023f.

GOOGLE. **São Paulo**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/So1gx1bHhWXE214b8>>. Acesso em: 7 jan. 2023g.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Redes de Transporte**. Disponível em: <<https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/redes-de-transporte.fss>>. Acesso em: 18 nov. 2022a.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **VLT da Baixada Santista**. Disponível em: <<https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/redes-de-transporte/vlt-da-baixada-santista.fss>>. Acesso em: 19 nov. 2022b.

GUTIÉRREZ, A.; BLANCO, J. Transporte, movilidad y territorio: perspectivas a partir de la pandemia COVID-19. **Revista Transporte y Territorio**, v. 25, n. 25, p. 1–9, 2021.

GUTIERREZ, L. R. Mobilidade Sustentável para um Brasil Competitivo. In: **Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano - Coletânea de artigos**. [s.l.: s.n.]. p. 77.

GVH. **Service**. Disponível em: <<https://www.gvh.de/service/service-verkaufsstellen/>>. Acesso em: 11 dez. 2022a.

GVH. **Unsere Preisübersicht**. Disponível em: <<https://www.gvh.de/fahrkartenpreise/preisuebersicht/>>. Acesso em: 11 dez. 2022b.

GVH. **Fahrkarten kaufen: Viele Wege führen zum Ziel!** Disponível em: <<https://www.gvh.de/fahrkartenpreise/wo-gibt-es-fahrkarten/>>. Acesso em: 11 dez. 2022c.

HANNOVER. **Mobil in Hannover.** Disponível em: <<https://www.hannover.de/Service/Mobil-in-Hannover>>. Acesso em: 11 dez. 2022a.

HANNOVER. **Team Verkehrsentwicklung und Verkehrsmanagement.** Disponível em: <<https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Verwaltungen-Kommunen/Die-Verwaltung-der-Region-Hannover/Dezernate-und-Fachbereiche/Dezernat-Wirtschaft,-Verkehr-und-Bildung/Fachbereich-Verkehr/Team-Verkehrsentwicklung-und-Verkehrsmanagement>>. Acesso em: 11 dez. 2022b.

HARISAI PRASAD, K. **COBIT 2019 e COBIT 5 Comparação.** Disponível em: <<https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/industry-news/2020/cobit-2019-and-cobit-5-comparison>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

HELSINKI. **Helsinginseutu.** Disponível em: <<https://www.hel.fi/kanslia/helsinginseutu-fi>>.

HORPEDAHL, J. Ideology Über Alles? Economics Bloggers on Uber, Lyft, and Other Transportation Network Companies. **Econ Journal Watch**, v. 12, n. 3, p. 360–374, 2015.

IBGE. **População Rural e Urbana.** Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>.

ITS VIENNA REGION. **A competência ITS em Viena, Baixa Áustria e Burgenland.** Disponível em: <<https://www.its-viennaregion.at/its-viennaregion.html>>. Acesso em: 8 set. 2022.

JURAN, J. M. **Juran on leadership for quality: an executive handbook.** [s.l.: s.n.].

KALUPOVÁ, B.; HLAVOŇ, I. Intelligent Transport Systems in the Management of Road Transportation. **Open Engineering**, v. 6, n. 1, p. 492–497, 2016.

KAMBUR, A.; KUSHCHENKO, L.; NOVIKOV, I. Improving traffic management through the use of intelligent transport systems. **MATEC Web of Conferences**, v. 341, p. 00044, 2021.

LEAL, A. G.; SANTOS, A. S. DOS. TENDÊNCIAS E CAMINHOS DAS PESQUISAS EM SISTEMAS INTELIGENTES DE O Centro de Tecnologia da Informação, Automação e Mobilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo tem uma forte atuação em Sistemas Inteligentes de transporte (ITS). **Congresso Brasileiro de Rodovias & Concessões**, v. 9, n. December, 2015.

LENZ, É. L. **Projeto e desenvolvimento de aplicação para melhoria de serviços de transporte urbano.** [s.l.] Centro Universitário UNIVATES, 2017.

LERNER, J. Mobilidade sustentável para um Brasil competitivo. In: **Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano - Coletânea de artigos.** Brasília: [s.n.]. p. 77.

LINDAU, L. A. **Viagem ao futuro: um olhar de 2030 para as mudanças na mobilidade geradas pela Covid-19.** Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/viagem-ao-futuro-um-olhar-de-2030-para-mudancas-na-mobilidade-geradas-pela-covid->

19?gclid=Cj0KCQiAyMKbBhD1ARIsANs7rEEgE401d\_fWvFGRIJi2pMys2OlaeVZqK1C7pDkn4B0EM5ABfYoGY2oaAmmBEALw\_wcB>. Acesso em: 13 nov. 2022.

LOBO, E.; LOBO, M. E. **A adoção do Control Objectives for Information and related Technology** Instituto Federal de Santa Catarina, , 2021.

LYONS, G. Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 115, p. 4–14, 2018.

MANGIARACINA, R.; PEREGO, A.; SALVADORI, G. A comprehensive view of intelligent transport systems for urban smart mobility. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 20, n. 1, p. 39–52, 2017.

MATTHIAS WEBER, K. et al. ICT-enabled system innovations in public services: Experiences from intelligent transport systems. **Telecommunications Policy**, v. 38, n. 5–6, p. 539–557, 2014.

MEZZARI, T. F. **UM FRAMEWORK PARA AUXÍLIO NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS BASEADOS NO CONCEITO DE INTERNET DAS COISAS**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

MONTEIRO, J.; PONS, I.; SPEICYS, R. **Big Data para análise de métricas de qualidade de transporte: metodologia e aplicação**. Volume 20 ed. São Paulo: Série Cadernos Técnicos, 2015.

NASIR, M. K. et al. Reduction of fuel consumption and exhaust pollutant using intelligent transport systems. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

NEAMȚU, G.; ȚÎȚU, A. M. Management of intelligent transport systems applied to sustainable development of motor vehicle transports. **Journal of Research and Innovation for Sustainable Society**, v. 3, n. 2, p. 31–42, 2021.

NIEDERSACHSEN. **Straßeninformationsbank Niedersachsen**. Disponível em: <[https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/service/strasseninformationsbank\\_niedersachsen/straeninformationsbank-niedersachsen-78501.html](https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/service/strasseninformationsbank_niedersachsen/straeninformationsbank-niedersachsen-78501.html)>. Acesso em: 11 dez. 2022.

NTU. Ano III, Número 13. **Revista NTU Urbano**, v. III, p. 36, 2015.

NTU. **Anuário 2018-2019 Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos Anuário**. Brasília: [s.n.].

OLIVEIRA, E. DE J. et al. **Tópicos em Administração Volume 39** (Poisson, Ed.). Belo Horizonte: [s.n.].

PALADINI, E. P. As bases históricas da gestão da qualidade: a abordagem clássica da administração e seu impacto na moderna gestão da qualidade. **Gestão & Produção**, v. 5, n. 3, p. 168–186, 1998.

PARANÁ, G. DO E. DO. **Linhas e Horários dos Ônibus Metropolitanos**. Disponível em: <COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA>. Acesso em: 20 nov. 2022.

PEREIRA, R. H. M. et al. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual** Ipea. [s.l: s.n.].

PONS, J. M. S.; REYNÉS, M. R. M. Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. VI, n. 170–6, 2004.

POPPER, K. R. **Conhecimento Objetivo: uma abordagem evolucionária**. Itatiaia ed. São Paulo: [s.n.].

RIEPPPEL, O. Popper and systematics. **Systematic Biology**, v. 52, n. 2, p. 259–271, 2003.

RIOCARD MAIS. **RioCard Mais**. Disponível em: <<https://www.cartaoriocard.com.br/rcc/institucional>>. Acesso em: 9 dez. 2022.

RODRIGUES, G. S.; BUENO, R. C.; MACHADO, S. T. Comparação dos aplicativos de transporte público de passageiros: uma ferramenta para tomada de decisão dos usuários. **Revista Fatec Zona Sul**, v. 6, n. 4, 2020.

ROJAS, A.; RITTO, A. C. D. A.; RIBEIRO, P. C. M. Desenvolvimento de Sistemas Complexos aplicáveis aos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) - O caso SINIAV. **Cadernos do IME - Série Informática**, v. 27, n. 0, 2009.

SAMPSON, E. et al. The Role of Intelligent Transport Systems (Its) in Sustainable Urban Mobility Planning - Make Smarter Integrated Mobility Plans and Policies. **European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans**, p. 54, 2019.

SANTANA, I. M. DE. **Inovações no Transporte Público de Curitiba-PR**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2017.

SANTOS, A. S. DOS; LEAL, A. G. **Sistemas Inteligentes em Transportes Um panorama das tendências e caminhos das pesquisas**. [s.l: s.n.].

SÃO PAULO. **Guia Prático**. Disponível em: <<https://cidadedesaopaulo.com/planeje/guia-pratico/>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

SCHWEDHELM, A. et al. **Bicicletas têm papel crucial na resiliência das cidades durante crise da Covid-19**. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/bicicletas-tem-papel-crucial-na-resiliencia-das-cidades-durante-crise-da-covid-19>>. Acesso em: 13 nov. 2022.

SHAHEEN, S. A.; FINSON, R. **Intelligent Transportation Systems**. [s.l.] Elsevier Inc., 2016. v. 5

SILVA, D. R. DA et al. Recent Developments on Urban Mobility: An Integrative Review. **Revista Brasileira de Políticas Públicas e Internacionais**, v. 5, n. 3, p. 1–18, 2020.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação 4 a edição revisada e atualizada**. UFSC ed. Florianópolis: [s.n.].

SILVA, P. E. **UTILIZAÇÃO DO FRAMEWORK CAKEPHP PARA**

**DESENVOLVIMENTO DE WEBSITES EM PHP.** Medianeira: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7130/1/LUZARDO-BUIATRIA-2017.pdf>>.

SOBRAL, T.; GALVÃO, T.; BORGES, J. Visualization of urban mobility data from intelligent transportation systems. **Sensors (Switzerland)**, v. 19, n. 2, 2019.

SPTRANS. **Recarregue seu bilhete único com aplicativos credenciados pela SPTrans.** Disponível em: <<https://www.sptrans.com.br/noticias/recarregue-seu-bilhete-unico-com-aplicativos-credenciados-pela-sptrans/>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SPTRANS. **Tutorial Olho Vivo.** Disponível em: <<https://olhovivo.sptrans.com.br/files/TutorialNovoOlhoVivo.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2022a.

SPTRANS. **Compra de Créditos e Serviços.** Disponível em: <<https://www.sptrans.com.br/compra-de-creditos-e-servicos/>>. Acesso em: 15 nov. 2022b.

TANSCHKEIT, P. et al. Da integração modal à mobilidade como um serviço : caminhos para o transporte sustentável. **WRI Brasil**, p. 1–6, 2019.

TFL. **Transport for London.** Disponível em: <<https://tfl.gov.uk/>>. Acesso em: 31 ago. 2022.

UNITED NATION. **SUSTAINABLE TRANSPORT , SUSTAINABLE DEVELOPMENT: Interagency report for second Global Sustainable Transport Conference.** [s.l: s.n.].

URBS. **Monitoramento CCO.** Disponível em: <<https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/monitoramento-cco/>>. Acesso em: 20 nov. 2022a.

URBS. **Rede integrada de transporte.** Disponível em: <<https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte/>>. Acesso em: 20 nov. 2022b.

URBS. **Cartão transporte.** Disponível em: <<https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/utilidades/cartao-transporte/>>.

VASCONCELLOS et al. **Transporte e mobilidade urbana** Brasília CEPAL-IPEA, , 2011.

VOR. **Visão geral do ticket.** Disponível em: <<https://www.vor.at/tickets/ticketuebersicht/einzel-und-tagestickets/>>. Acesso em: 31 ago. 2022.

WHIM. **Modes.** Disponível em: <<https://whimapp.com/helsinki/en/modes/>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

WHIM. **What is Mobility as a Service (MaaS)?** Disponível em: <<https://whimapp.com/helsinki/en/what-is-mobility-as-a-service-maas/>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

WIENER LINIEN. **Governo Aberto Viena - para uma cidade aberta.** Disponível em:

<<https://www.wienerlinien.at/open-data>>. Acesso em: 1 set. 2022.

ZHU, L. et al. Big Data Analytics in Intelligent Transportation Systems : A Survey. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 20, n. 1, p. 383–398, 2019.

ZORTEA, T. **PROPOSTA DE UM MODELO PARA ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE OBRAS NO CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO 4.0.** [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2022.