

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO, TECNOLOGIA E
SOCIEDADE (PPG-DTECS)

USO DE TECNOLOGIAS PELO PODER PÚBLICO NA COLETA E GESTÃO DE
DADOS DE LOGÍSTICA URBANA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE
CIDADES BRASILEIRAS

Gabriela dos Santos Tavares

Orientadora: Prof.^a Dra. Janaina Antonino Pinto

Coorientadora: Prof.^a Dra. Josiane Palma Lima

Itajubá

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO, TECNOLOGIA E
SOCIEDADE (PPG-DTECS)

USO DE TECNOLOGIAS PELO PODER PÚBLICO NA COLETA E GESTÃO DE
DADOS DE LOGÍSTICA URBANA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE
CIDADES BRASILEIRAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Tecnologia e Sociedade, dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento, Tecnologia e Sociedade.

Área de Concentração: Tecnologia e Sociedade
Orientadora: Prof.^a Dra. Janaina Antonino Pinto
Coorientadora: Prof.^a Dra. Josiane Palma Lima

Itajubá
2025

RESUMO

A mudança nos hábitos dos consumidores, intensificada pela pandemia de Covid-19, tem gerado desafios significativos para a logística urbana, especialmente no transporte de cargas. O aumento das entregas domiciliares, impulsionado pelo *e-commerce*, exige maior eficiência nos fluxos logísticos e amplia a pressão sobre a infraestrutura urbana já saturada. A coleta e o tratamento de dados, por meio de tecnologias como câmeras de monitoramento, Sistema de Posicionamento Global (GPS), sensores e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), são instrumentos importantes para melhorar a eficiência e a gestão da logística urbana. Este estudo teve como objetivo analisar o uso de tecnologias pelo poder público na coleta e gestão de dados de logística urbana, por meio de uma abordagem comparativa entre cinco cidades brasileiras (Itajubá-MG, Poços de Caldas-MG, Santo André - SP, Sorocaba-SP e Salvador - BA), além de entender os problemas de logística urbana enfrentados por essas localidades. Visou também realizar uma análise comparativa do uso dessas tecnologias em cinco cidades brasileiras, duas de médio porte, duas de grande porte e uma metrópole, propondo soluções baseadas nas soluções adotadas pelas próprias cidades, literatura acadêmica e nas iniciativas do *City Logistics*. A pesquisa foi conduzida por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), juntamente com entrevistas semiestruturadas realizadas com representantes da administração pública dessas cidades. Foi realizada uma análise comparativa, identificando as principais diferenças e semelhanças nas abordagens tecnológicas para o aprimoramento da logística urbana. Os resultados indicam disparidades entre as cidades quanto à estrutura e à capacidade do poder público de utilizar os dados coletados, sendo mais avançadas em algumas e mais limitadas em outras, sem influência direta quanto ao porte. A pesquisa oferece subsídios de auxílio à tomada de decisão para gestores e profissionais da área de transportes na elaboração de políticas públicas e implementação de melhorias nos sistemas logísticos urbanos.

Palavras-chave: Logística Urbana; Tecnologias; Gestão de Dados.

Agradecimentos

Minha consideração e agradecimento à CAPES (Código de Financiamento 001), à FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro concedido aos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

ABSTRACT

Changes in consumer habits, intensified by the Covid-19 pandemic, have generated significant challenges for urban logistics, especially in freight transportation. The increase in home deliveries driven by e-commerce demands greater efficiency in logistics flows and places additional pressure on already saturated urban infrastructure. Data collection and processing through technologies such as surveillance cameras, Global Positioning System (GPS), sensors, and Geographic Information Systems (GIS) are important tools to improve the efficiency and management of urban logistics. This study aimed to analyze the use of technologies by public authorities for the collection and management of urban logistics data through a comparative approach among five Brazilian cities (Itajubá - MG, Poços de Caldas-MG, Santo André-SP, Sorocaba-SP, and Salvador-BA), as well as to understand the urban logistics problems faced by these locations. It also sought to carry out a comparative analysis of the use of these technologies in two medium-sized cities, two large cities, and one metropolis, proposing solutions based on practices already adopted by the cities themselves, academic literature, and City Logistics initiatives. The research was conducted through a Systematic Literature Review (SLR), along with semi-structured interviews with representatives of public administration in these cities. A comparative analysis was carried out, identifying the main differences and similarities in technological approaches to improving urban logistics. The results indicate disparities among the cities in terms of the structure and capacity of public authorities to utilize the collected data, with some being more advanced and others more limited, without a direct influence of city size. The research provides decision-making support for managers and professionals in the transport sector in the development of public policies and the implementation of improvements in urban logistics systems.

Keywords: Urban Logistics; Technologies; Data Management.

Acknowledgments

I thank CAPES (Funding Code 001), FAPEMIG, and CNPq for the financial support provided to the projects that funded the development of this work.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação das tecnologias mais citadas ao longo dos anos	38
Tabela 2 – Relação das tecnologias e usuários	39
Tabela 3 – Tecnologias de uso do poder público e descrições	41
Tabela 4 – Tecnologias e problemas de LU	42
Tabela 5 – Usabilidade dos tipos de câmera	51
Tabela 6 – Estruturação do questionário	76
Tabela 7 – Estrutura das entrevistas	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do Sistema Logístico em uma Cidade Inteligente	27
Figura 2 – Revisão sistemática da literatura em cinco etapas	33
Figura 3 – Total de artigos científico.....	35
Figura 4 – Seleção dos trabalhos publicados	36
Figura 5 – Comparação entre diferentes tipos de câmeras de monitoramento de trânsito	49
Figura 6 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa	58
Figura 7 – Etapas para atingir os objetivos da pesquisa	61
Figura 8 – Localização geográfica da cidade de Itajubá	65
Figura 9 – Ranking de veículos no estado de Minas Gerais – Destaque: Itajubá	66
Figura 10 – Localização geográfica da cidade de Poços de Caldas	67
Figura 11 – Ranking de veículos no estado de Minas Gerais – Destaque: Poços de Caldas ...	68
Figura 12 – Localização geográfica da cidade de Santo André	69
Figura 13 – Ranking de veículos no estado de São Paulo – Destaque: Santo André	71
Figura 14 – Localização geográfica da cidade de Sorocaba	72
Figura 15 – Ranking de veículos no estado de São Paulo – Destaque: Sorocaba	73
Figura 16 – Localização geográfica da cidade de Salvador	74
Figura 17 – Ranking de veículos do estado da Bahia – Destaque: Salvador	75
Figura 18 – Análise dos problemas de logística urbana: uso do solo e infraestrutura	109
Figura 19 – Análise dos problemas de logística urbana: congestionamento e circulação	111
Figura 20 – Análise dos problemas de logística urbana: estacionamento	113
Figura 21 – Análise dos problemas de logística urbana: impacto ambiental	115
Figura 23 – Análise comparativa do uso de tecnologias	117
Figura 24 – Processo de utilização dos dados em conjunto com o software Aimsun	123

LISTA DE SIGLAS

ABC – Região do Grande ABC
BRT – Bus Rapid Transit (Transporte Rápido por Ônibus)
DAC – Departamento de Apoio à Coordenação de Engenharia
DEMUTRAN – Departamento de Trânsito
DETRANIT – Departamento de Trânsito de Itajubá
DSRC – Dedicated Short-Range Communication (Comunicação de Curto Alcance)
EDI – Electronic Data Interchange (Intercâmbio Eletrônico de Dados)
FUMTRAN – Fundo Municipal de Trânsito
GIS – Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica)
GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
IA – Inteligência Artificial
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IOT – Internet of Things (Internet das Coisas)
ITS – Intelligent Transportation Systems (Sistemas de Transporte Inteligentes)
JARI – Junta Administrativa de Recursos de Infração
LISA – Local Intersection Signal Adaptation
LU – Logística Urbana
MFD – Diagrama Macroscópico Fundamental
MICROHUB – Unidade logística de pequena escala para distribuição urbana
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OHD – Out-of-Hour Delivery (Entrega Fora do Horário Habitual)
OD – Origem-Destino
PIB – Produto Interno Bruto
PLANMOB – Plano de Mobilidade Urbana
QGIS – Quantum Geographic Information System
RFID – Radio-Frequency Identification (Identificação por Rádio Frequência)
RSL – Revisão Sistemática da Literatura
SCATS – Sydney Coordinated Adaptive Traffic System
SCOOT – Split Cycle Offset Optimization Technique
SEMDS – Secretaria de Defesa Social
SEMOB – Secretaria de Mobilidade Urbana
SEMUP – Secretaria de Planejamento

SIG – Sistema de Informação Geográfica
SPLS – Smart Parcel Lockers
SUL – Smart Urban Logistics
TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação
TSE – Traffic State Estimation (Estimativa de Estado do Tráfego)
TUC – Transporte Urbano de Cargas
ULAAS – Urban Logistics as a Service
V2I – Vehicle-to-Infrastructure (Veículo a Infraestrutura)
V2V – Vehicle-to-Vehicle (Veículo a Veículo)
VANTS – Veículos Aéreos Não Tripulados
VUC – Veículos Urbanos de Carga

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
	1.1 Objetivo Geral e Específicos.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
	2.1 Logística Urbana	16
	2.2 Logística Urbana em Cidades de Médio Porte.....	19
	2.3 Logística Urbana Inteligente	21
	2.4 A Logística Urbana de uma Cidade Inteligente	23
	2.5 Tecnologias para Coleta e Tratamento de Dados na Logística Urbana.....	29
3	TECNOLOGIAS APLICADAS À LOGÍSTICA URBANA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)	32
	3.1 Planejamento e Execução da Pesquisa	33
	3.2 Identificação das Tecnologias	36
4	DESAFIOS E TECNOLOGIAS APLICADAS À LOGÍSTICA URBANA.....	43
	4.1 Câmeras e Sensores.....	46
	4.2 Sistemas de Posicionamento Global (GPS).....	53
	4.3 Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	55
5	METODOLOGIA.....	57
	5.1 Classificação e desenvolvimento da pesquisa	58
	5.3 Procedimentos de Coleta de Dados	59
	5.4 Delimitação da área de estudo.....	62
	5.4.1 Itajubá/MG	63
	5.4.2 Poços de Caldas/MG	65
	5.4.3 Santo André/SP	68
	5.4.4 Sorocaba/SP	70
	5.4.5 Salvador/BA	72
	5.4 Técnicas de coleta de dados	75
6	ANÁLISE DE RESULTADOS	77
	6.1 A cidade de Itajubá/MG	77
	6.2 A cidade de Poços de Caldas/MG	83
	6.3 A cidade de Santo André/SP	90
	6.4 A cidade de Sorocaba/SP	96
	6.5 A cidade de Salvador/BA	101
7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	106
	7.1 Análises por segmentos.....	106
	7.1.1 Uso do Solo e Infraestrutura.....	106
	7.1.2 Congestionamento e Circulação.....	108
	7.1.3 Estacionamento	110
	7.1.4 Impacto Ambiental.....	112
	7.2 Análise Comparativa Integrada.....	114
	7.3 Boas Práticas e Propostas de Soluções.....	119
8	CONCLUSÃO.....	124
	REFERÊNCIAS	129

INTRODUÇÃO

Segundo Figliozi e Unnikrishnan (2021), a logística urbana é uma área de grande importância devido ao rápido crescimento das cidades e ao aumento das demandas de transporte de cargas, em função do crescimento das vendas via *e-commerce*. O aumento das entregas em domicílio possui diversas causas, resultando em uma demanda crescente e contínua por transporte na última milha. O desenvolvimento tecnológico, as mudanças de mercado, a alteração nos hábitos dos consumidores, e a recente pandemia do COVID-19 com seus consequentes bloqueios e normas de isolamento para retardar a propagação da doença, alteraram significativamente as interações sociais, de trabalho, educação e atividades de entretenimento. Durante esses bloqueios, as entregas em domicílio deixaram de ser uma opção desejável, solução de luxo ou confortável, para se tornar um serviço essencial e de apoio à saúde para muitas populações em risco (Figliozi e Unnikrishnan, 2021).

A logística urbana está diretamente ligada à qualidade de vida nas cidades, à eficiência do transporte de bens e à sustentabilidade ambiental. Estima-se que o transporte urbano de cargas seja responsável por até 25% das emissões de CO₂ relacionadas ao tráfego e por até 30% da ocupação viária nas áreas centrais urbanas (Dablanc, 2011; OECD, 2020), contribuindo significativamente para a poluição do ar, o congestionamento e o desgaste da infraestrutura. Esses impactos são agravados pela ausência de dados confiáveis para diagnóstico e planejamento, especialmente em cidades de médio porte (Oliveira *et al.*, 2021).

Segundo Aljohani e Thompson (2018), com o aumento dessa demanda, os centros das cidades tornam-se destinos ainda mais importantes, que atraem e geram níveis significativos de movimentos de cargas, porém, com uma oferta muito limitada de terrenos para estabelecer e operar instalações logísticas, bem como uma infraestrutura precária em termos de locais disponíveis carregamento e descarregamento de mercadorias, disponibilidade de mão de obra qualificada, entre outros fatores.

As atividades de entrega e coleta de carga nas áreas centrais das cidades são altamente complexas devido ao grande número de agentes envolvidos e à necessidade de serem realizadas em curtos períodos de tempo. Fatores como a estrutura urbana, a quantidade de paradas em diferentes regiões, o congestionamento de veículos e a busca por vagas de estacionamento tornam o processo ainda mais desafiador. Esses elementos geram impactos sociais, econômicos e ambientais negativos para a sociedade (Aljohani e Thompson, 2018).

Áreas urbanas e metropolitanas existem porque são mercados eficientes onde bens e serviços são negociados. No centro dessas atividades está a produção e consumo de bens físicos. Nesse contexto, o objetivo dos investimentos em logística urbana, e do planejamento do uso da terra em relação à atividade de transporte de mercadorias deve ser ajudar a alcançar uma integração perfeita da atividade de transporte de mercadorias nas áreas urbanas, suburbanas e rurais. Fazer isso promoveria a qualidade de vida, a habitabilidade, aumentaria a competitividade econômica e a eficiência, e reduziria o congestionamento e as externalidades relacionadas, como emissões de poluentes, acidentes e conflitos com outros usuários de vias e calçadas (Holguín-Veras *et al.*, 2021).

Problemas complexos de mobilidade e logística urbana exigem soluções inovadoras que levem em conta a estreita relação entre transporte e meio ambiente. As cidades são centros de vida, inovação e desenvolvimento e estão em constante estado de mudança. No entanto, fatores como a migração, as alterações populacionais, as alterações climáticas e a urbanização rápida e distorcida fazem com que as cidades enfrentem muitas dificuldades, e esta situação requer o uso mais eficiente de recursos limitados no ambiente urbano (Büyüközkan *et al.*, 2022).

A chave para superar esses desafios é que as cidades se tornem "inteligentes" – isto é, integradas com tecnologias avançadas, como o aprendizado de máquinas, a inteligência artificial e a análise de grandes volumes de dados. Assim, o conceito de "cidade inteligente" tornou-se parte integrante do discurso contemporâneo sobre urbanização (Büyüközkan *et al.*, 2022).

No entanto, é importante destacar que tecnologias mais simples e acessíveis, como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sensores de tráfego, radares e semáforos inteligentes, também desempenham um papel fundamental. Essas soluções mais tradicionais podem ser implementadas com menor custo e complexidade, proporcionando melhorias significativas na gestão do trânsito, no monitoramento de fluxos de veículos e na otimização das operações logísticas, principalmente em cidades de médio e pequeno porte (Giuliano, 2013).

A coleta de dados desempenha um papel fundamental na busca por soluções eficazes para os desafios da logística urbana nas cidades. A disponibilidade de informações precisas e abrangentes é essencial para compreender as demandas de transporte de cargas, identificar gargalos e pontos de melhoria, bem como tomar decisões embasadas em dados. No entanto, a falta de dados precisos e confiáveis pode ser um obstáculo significativo na busca por soluções adequadas (Browne *et al.*, 2007).

A variedade e a pouca padronização das fontes de dados, a limitada acessibilidade às informações, a necessidade de integrar dados de diferentes sistemas e a proteção da privacidade dos dados são alguns dos desafios enfrentados na coleta de dados para a logística urbana. Portanto, superar esses desafios requer esforços para melhorar a qualidade e a disponibilidade dos dados, além de investimentos em tecnologias e estratégias de coleta de dados mais eficientes (Büyüközkan *et al.*, 2022).

Existem muitos dados disponíveis relacionados à logística urbana, como de localização e tráfego, entretanto, é pertinente destacar que a coleta desse tipo de dado é frequentemente realizada em âmbito nacional ou em grandes centros urbanos, de forma mais eficiente do que em cidades de médio porte. Essa disparidade decorre de diversos fatores, como a disponibilidade de recursos adequados para a coleta e gestão de dados (Holguín-Veras e Jaller, 2013).

Na maioria dos países, o governo é o principal responsável pela coleta de dados de transporte de cargas. Isso, geralmente ocorre como parte de pesquisas nacionais mais amplas, realizadas para o transporte de cargas regional e inter-regional. No entanto, nota-se uma lacuna na adoção de tecnologias de coleta e análise de dados por parte das administrações municipais, o que compromete a capacidade de planejamento estratégico e resposta eficiente aos desafios logísticos (Crainic *et al.*, 2018; Filho *et al.*, 2022).

Grande parte dos dados de carga coletados pelos governos é relatada em escala nacional, ou seja, sem distinguir entre cargas urbanas e não urbanas. É possível desagregar alguns dados de carga urbana dessas fontes, no entanto, extrair esses dados de pesquisas nacionais nem sempre é fácil. Primeiramente, o refinamento e a precisão dos dados em pesquisas nacionais, geralmente, dependem da disponibilidade de tempo da equipe de pesquisa do governo nacional e do orçamento disponível para investir em tais campanhas (Holguín-Veras e Jaller, 2013).

A segunda razão é que várias pesquisas são frequentemente baseadas na atividade do veículo ou no rastreamento de remessas, e não em localização geográfica específica, o que resulta na coleta de dados tanto urbanos quanto não urbanos, e às vezes é difícil separá-los. Por fim, é importante ressaltar que as amostras para áreas urbanas menores tendem a ser relativamente pequenas em tais pesquisas (Allen *et al.*, 2012).

No contexto da logística urbana, algumas tecnologias têm desempenhado um papel importante na coleta de dados de transporte de cargas, permitindo melhorias significativas na eficiência e precisão da obtenção de informações relevantes. Algumas soluções têm sido adotadas

nesse sentido, como o uso de sensores inteligentes, dispositivos de rastreamento GPS, e plataformas digitais de compartilhamento de dados. Essas tecnologias possibilitam a captura em tempo real de dados relacionados às operações de transporte, como localização, *status* da carga e condições ambientais (Sharma *et al.*, 2021).

Ao utilizar essas ferramentas, as empresas e o poder público podem obter uma visão mais detalhada e atualizada das suas operações, facilitando a tomada de decisões e a otimização dos processos logísticos. Além disso, a utilização dessas tecnologias contribui para a melhoria da qualidade dos serviços de entrega local e a redução dos impactos ambientais (Sharma *et al.*, 2021).

O uso dessas tecnologias não apenas melhora a logística de transporte, mas também está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como a ODS 9, que visa construir infraestruturas resilientes e promover a industrialização inclusiva e sustentável, e a ODS 11, que busca tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (United Nations, 2015).

Com relação ao tratamento e a gestão dos dados coletados por essas tecnologias, sistemas como *Scats* (*Sydney Coordinated Adaptive Traffic System*), *Lisa* (*Local Intersection Signal Adaptation*) e *Scoot* (*Split Cycle Offset Optimization Technique*) são ferramentas avançadas para a gestão e otimização do tráfego em áreas urbanas, tratando os dados provenientes de sensores, câmeras e radares para proporcionar decisões automatizadas e em tempo real. Cada um apresenta características específicas e distintos níveis de sofisticação (Kustija e Nur, 2023).

Ao discutir logística urbana, observa-se uma complexa interdisciplinaridade envolvendo fatores urbanos, econômicos, sociais e tecnológicos, todos com papel relevante na dinâmica das cidades. A integração eficaz desses elementos é essencial para a promoção da qualidade de vida urbana. Nesse cenário, torna-se evidente a importância de explorar tecnologias voltadas à coleta e à gestão de dados como instrumento para aprimorar a logística urbana — não apenas em grandes centros, mas também em cidades de pequeno e médio porte. Tais inovações apresentam-se como caminhos promissores, oferecendo soluções eficazes frente aos desafios contemporâneos decorrentes do crescente dinamismo urbano.

Dessa forma, esta pesquisa se justifica pela necessidade de compreender como os municípios estão utilizando (ou deixando de utilizar) ferramentas tecnológicas para enfrentar esses desafios, contribuindo com subsídios para o aprimoramento das políticas públicas e para a construção de cidades mais inteligentes, sustentáveis e eficientes (Batista *et al.*, 2020).

Dessa forma, este trabalho tem o intuito de responder à seguinte pergunta de pesquisa: o poder público de cidades de médio e grande porte brasileiras utiliza tecnologias de coleta e gestão de dados de forma eficaz para enfrentar os problemas de logística urbana? Embora haja avanços na literatura sobre tecnologias aplicadas à logística urbana, a maioria dos estudos concentra-se em grandes centros urbanos e na atuação do setor privado, deixando em segundo plano o papel das administrações públicas, especialmente em cidades de médio porte. Essa lacuna limita a compreensão sobre como diferentes contextos urbanos se apropriam dessas ferramentas.

Este estudo contribui para preencher essa lacuna ao realizar uma análise comparativa em cinco cidades brasileiras — duas de médio porte (Itajubá-MG e Poços de Caldas-MG), duas de grande porte (Santo André-SP e Sorocaba-SP) e uma metrópole (Salvador-BA) —, investigando as semelhanças e diferenças nos problemas logísticos e na adoção de tecnologias por parte do poder público. A pesquisa busca compreender se o porte influencia essas dinâmicas e como experiências bem-sucedidas podem ser adaptadas a diferentes contextos, oferecendo subsídios para a formulação de políticas públicas mais eficazes.

1.1 Objetivo Geral e Específicos

O objetivo geral desta pesquisa é analisar o uso de tecnologias pelo poder público na coleta e gestão de dados de logística urbana, por meio de uma abordagem comparativa entre cinco cidades brasileiras (Itajubá-MG, Poços de Caldas-MG, Santo André-SP, Sorocaba-SP e Salvador-BA), além de entender os problemas de logística urbana enfrentados por essas localidades. A pesquisa também propõe alternativas para os desafios locais, com base nas soluções adotadas por cada uma das cidades analisadas. Essas tecnologias devem ser capazes de coletar e gerir dados relacionados à logística urbana, contribuindo, assim, para a resolução desses problemas.

Os objetivos específicos são:

- Realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar as tecnologias que estão sendo atualmente utilizadas na logística urbana para coleta e gestão de dados;
- Caracterizar os desafios enfrentados pela logística urbana nas cidades em estudo, destacando as tecnologias adotadas como estratégia para superar esses obstáculos;
- Realizar uma análise comparativa do uso de tecnologias nas cidades em estudo, destacando as semelhanças e diferenças na aplicação dessas tecnologias para enfrentar os problemas de logística urbana;

- Propor soluções para os desafios enfrentados pelas cidades analisadas, por meio da identificação das tecnologias adequadas para auxiliar na resolução de problemas de logística urbana.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo explora e contextualiza os principais elementos necessários para a compreensão desta dissertação. Inicialmente, aborda-se a Logística Urbana, examinando os desafios inerentes à gestão logística em ambientes urbanos, com ênfase em cidades de médio e grande porte. Em seguida, o foco se volta para a Logística Urbana Inteligente, destacando estratégias e abordagens mais inovadoras que visam aumentar a eficiência logística em áreas urbanas, especialmente no contexto das *Smart Cities*. Por fim, o capítulo analisa os desafios relacionados à Logística Urbana e as tecnologias mais acessíveis que contribuem para superá-los, demonstrando como essas ferramentas desempenham um papel crucial na otimização dos processos logísticos nas cidades, com foco em tecnologias utilizadas pelo poder público que, de certa forma, podem ser aliadas ao processo de gestão dessa área.

2.1 Logística Urbana

Para abordar o crescimento dos impactos negativos do transporte de mercadorias em áreas urbanas, o campo da Logística Urbana foi desenvolvido no final da década de 1990. A Logística Urbana fornece uma estrutura para desenvolver e implementar iniciativas destinadas a reduzir os custos totais associados ao transporte de mercadorias em áreas urbanas, incluindo emissões de gases, acidentes, congestionamento e ruído (Taniguchi *et al.*, 2001).

Alho e Abreu e Silva (2015) classificam a logística urbana como um processo que envolve operações de entrega e coleta de bens em ambientes urbanos. Campagna *et al.* (2017) definem o transporte urbano de cargas como “um movimento de veículos de carga cujo propósito principal é transportar bens para dentro e fora de áreas urbanas”.

A Logística Urbana considera o transporte de mercadorias urbanas como um sistema complexo e reconhece que seu principal propósito é fornecer um serviço para a economia, permitindo o acesso aos mercados para a troca de bens. Portanto, o objetivo principal dos sistemas de transporte de mercadorias urbanas é maximizar a eficiência, levando em consideração não apenas os aspectos econômicos, mas também os custos sociais e ambientais. Nesse contexto, a Logística Urbana é baseada na abordagem de sistemas, envolvendo a identificação de problemas e o desenvolvimento de soluções em parceria com todas as partes interessadas, como remetentes, transportadoras, destinatários, administradores e moradores (Thompson, 2021, p. 20).

Holguín-Veras *et al.* (2015) ressaltam que alcançar esse objetivo é um desafio, pois o funcionamento do sistema de transporte de carga é influenciado pelas decisões de múltiplos agentes, especialmente remetentes e destinatários, que estão principalmente preocupados com a lucratividade

de seus negócios e não naturalmente inclinados a participar da formulação de políticas públicas. Os autores dizem ainda que o sistema também é muito grande e multifacetado, principalmente em grandes centros urbanos.

É importante considerar todos os modos de transporte de carga disponíveis, bem como a infraestrutura e operações associadas a cada um deles. As análises também precisam levar em conta várias classes de veículos, incluindo furgões de entrega e caminhões pequenos que representam cerca de 80% do tráfego de carga, e as complexas interações entre as atividades de transporte de carga no núcleo urbano e nos subúrbios, onde a maioria das entregas se originam (Holguín-Veras *et al.*, 2015).

Os fluxos de mercadorias nas áreas urbanas resultam de uma complexa interação de decisões tomadas por diversos agentes, entre eles habitantes/clientes, varejistas, atacadistas, transportadoras e autoridades locais. Os habitantes/clientes exercem sua influência ao escolherem onde adquirir produtos e qual meio de transporte utilizar. Os varejistas desempenham um papel importante ao determinar a localização de seus estabelecimentos e planejar as rotas para a distribuição das mercadorias vendidas. Por sua vez, atacadistas, operadores logísticos e distribuidores tomam decisões estratégicas relacionadas à localização e ao reabastecimento dos varejistas. As transportadoras também têm um papel fundamental na definição dos processos de entrega (Russo *et al.*, 2012).

Por fim, a administração municipal busca gerenciar eficientemente todo esse processo, com o objetivo de minimizar o custo global do sistema. Esse custo abrange desde os custos internos de distribuição até os custos de transporte dos habitantes para suas compras, incluindo os associados à logística urbana (Russo *et al.*, 2012). Além disso, o poder público das cidades deve alinhar suas políticas, promovendo uma gestão logística que não apenas reduza custos, mas que também seja sustentável e inclusiva (United Nations, 2015).

Nesse contexto, nos últimos anos, as cidades brasileiras têm enfrentado uma série de desafios no que diz respeito à mobilidade e logística urbana. Esses desafios não se limitam apenas à circulação de pessoas, mas também ao transporte de mercadorias e serviços. Eles decorrem, em grande parte, da alta taxa de urbanização nas cidades e da carência de políticas urbanas eficazes que promovam a integração de diversos modos de transporte, com o objetivo de aprimorar a acessibilidade e a mobilidade (Alves *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2018).

A população mundial que vive em área urbana era de 56% em 2022, e as projeções indicam que esse número aumentará para 68% até 2050 (Nations, 2022). O aumento da população urbana implica em uma significativa intensificação na demanda por serviços de transporte de mercadorias,

que devem adaptar-se para atender não apenas às demandas tradicionais, mas também às novas formas de consumo na sociedade (Comi, Nuzzolo, 2016; Ghajargar, Zenezini, Montararo, 2016).

Essas crescentes necessidades resultam em um aumento no número de veículos nas estradas e nas vias urbanas. As cidades estão fazendo esforços para resolver o problema relacionado aos veículos devido ao seu impacto negativo no meio ambiente, em sua influência na saúde dos habitantes urbanos e devido à forma como afetam a qualidade das vias e espaços públicos. Os centros de logística asseguram um contínuo crescimento no fluxo de mercadorias entre fornecedores e fabricantes, e entre fabricantes e consumidores finais (Settey, Tomás *et al.*, 2021).

Antes da pandemia de COVID-19, já havia ocorrido um aumento no transporte de remessas individuais, incluindo áreas urbanas, especificamente antes do Natal. Durante a pandemia e a implementação das medidas adotadas (*lockdown*, *home office*, educação *online* etc.), o volume de transporte e distribuição de remessas individuais (incluindo fornecimento de mantimentos, entrega de refeições prontas, etc.) aumentou consideravelmente em muitas cidades. Se a distribuição de remessas for realizada a partir de centros de logística periurbanos, além disso, utilizando vans mais antigas (muitas vezes com o motor a combustão funcionando enquanto esperam os clientes ou entregam remessas), geram um impacto ecológico significativo que precisa ser abordado pelos agentes envolvidos (Settey, Tomás *et al.*, 2021).

A realização de entregas implica que os veículos de carga, além de gerarem uma influência negativa pela emissão de gases, eles compartilham as mesmas vias de tráfego com veículos de passeio e ônibus, o que resulta em uma competição por espaços de estacionamento. Essa coexistência de veículos de carga nas vias contribui significativamente para o congestionamento do tráfego, resultando também em elevados níveis de ruído e deterioração das estradas (Benjelloun e Crainic, 2008).

Esses desafios têm repercussões significativas na qualidade de vida daqueles que vivem ou trabalham nas cidades, afetando também a produtividade das empresas estabelecidas em áreas urbanas e perturbando as cadeias de abastecimento associadas (Taniguchi *et al.*, 2001).

Giuliano (2023) categoriza os principais desafios da logística urbana em três pilares fundamentais: congestionamento, estacionamento e circulação. O congestionamento de carga se manifesta especialmente em gargalos nas rodovias, referindo-se a locais específicos onde congestionamentos são recorrentes devido ao volume de tráfego que excede a capacidade da via. O estacionamento de caminhões surge como um desafio persistente em áreas urbanas de cidades densamente povoadas. Em relação às entregas de última milha, a escassez de estacionamento é

particularmente problemática nas áreas centrais urbanas e nos demais bairros dependendo da infraestrutura da cidade.

Segundo Bomar *et al.* (2009a, p. 5), a limitada disponibilidade de zonas de carga/descarga, combinada com o uso excessivo desses espaços para estacionamento de longa duração, leva muitos caminhões e veículos de grande porte a estacionarem em fila dupla, reduzindo a capacidade da rua afetada por uma faixa de tráfego. A dificuldade em encontrar vagas de estacionamento disponíveis para carga e descarga resulta em múltiplas circulações dos caminhões na área, contribuindo para o aumento do congestionamento, poluição do ar, emissão de ruídos e maior consumo de combustível.

2.2 Logística Urbana em Cidades de Médio e Grande Porte

Embora seja de extrema importância, conforme relatado acima, o transporte de mercadorias nas áreas urbanas, ainda assim, pode ser pouco considerado para novos investimentos pelo poder público. O planejamento e a execução ainda são defasados, o que colabora para o agravamento dos vários transtornos ocasionados pela movimentação de cargas nos municípios brasileiros. Devido a esse fato, torna-se difícil conhecer, monitorar e reduzir as externalidades causadas por esta atividade que, segundo Oliveira *et al.* (2018), é necessário para o desenvolvimento econômico das cidades e para a qualidade de vida da população.

Outra análise que deve ser feita é com relação aos estudos e investimentos em pequenas e médias cidades, pois, não são somente grandes centros urbanos que sofrem com problemas de transporte de cargas, mas cidades médias também sofrem com os principais problemas provenientes da movimentação urbana de cargas (Serrano-Hernandez *et al.*, 2021).

Ainda segundo Serrano-Hernandez *et al.* (2021), cidades de médio porte não possuem infraestrutura adequada para absorver a alta demanda de frete urbano demandados pelo comércio eletrônico e pelo desenvolvimento comercial em áreas urbanas. A escassez de investimento e uma rede de transporte fragilizada, destacam-se como um dos fatores preponderantes nesse cenário.

Com o objetivo de solucionar esses problemas, órgãos locais de várias cidades de médio porte do mundo implementaram uma variedade de restrições à movimentação de transportes de carga em áreas urbanas, tais como horários permitidos para entrega de mercadorias de acordo com o porte do veículo, zonas de restrição de acesso, janelas de entrega, entre outras. Entretanto, o número de estudos sobre o transporte urbano de cargas (TUC) em cidades grandes ainda é bem maior do que em cidades médias (Vasconcellos, 2005; Dablanc, 2007; Russo; Comi, 2010; Furquim; Vieira; Carvalho, 2016).

Oliveira *et al.* (2018) procuraram desenvolver um quadro analítico ao considerar soluções para logística urbana com base na população das cidades. Por exemplo, medidas como disponibilidade de estacionamento e áreas para carga/descarga, estabelecimento de pontos de coleta e promoção do uso de veículos não motorizados podem ser adequadas para cidades de diversos tamanhos. Restrições para veículos de carga e a criação de zonas de baixa emissão, podem ser mais apropriadas para cidades de médio e grande porte, enquanto estratégias como entregas fora do horário comercial e centros de distribuição urbana se destacam em áreas urbanas mais extensas.

No entanto, é importante que as soluções de logística urbana considerem também outros atributos, como a taxa de crescimento das áreas urbanizadas ou a expansão urbana (Angeoletto *et al.*, 2016) e a posição das cidades na hierarquia urbana (Dias e Araújo, 2013). À medida que as cidades aumentam em tamanho, esses atributos exigem soluções de logística urbana mais complexas.

Pojani e Stead (2015) afirmam que o avanço de algumas cidades de médio porte em relação a outras com características semelhantes, assim como sua posição hierárquica, ou seja, seu lugar de ocupação dentro de uma estrutura de classificação ou organização regional, nacional ou global, pode ser identificado pela adoção de tecnologias móveis já disponíveis e pelo uso de sistemas de informações geográficas (SIG), mesmo que a aplicação dessas tecnologias e a interação tecnológica ainda sejam limitadas (Gutiérrez-Gallego *et al.*, 2015). Nesse contexto, é essencial considerar o papel da posição hierárquica no desenvolvimento urbano, pois ela influencia o acesso a tecnologias e recursos que podem promover maior eficiência e competitividade (Lindholm e Behrends, 2012).

Flora *et al.* (2019) realizaram uma revisão de literatura para analisar o Transporte Urbano de Cargas (TUC) em cidades de médio porte, e concluíram que cidades médias possuem os mesmos problemas de grandes cidades, visto que, serão grandes centros urbanos num futuro próximo, onde os desafios para o desenvolvimento sustentável serão maiores, mas não possuem os mesmos investimentos e recursos que as grandes cidades têm à disposição para enfrentar esses desafios. Isso resulta em uma lacuna significativa na capacidade de implementar soluções eficazes para o TUC, impactando negativamente a mobilidade e a sustentabilidade nessas regiões (Cohen, 2006).

Esses problemas são definidos em sete fatores de influência segundo Flora *et al.* (2019), que são:

1. Medidas de Restrição ao TUC;
2. Nível de Inclusão do TUC no Planejamento Estratégico das Cidades;

3. Grau de Envolvimento dos *Stakeholders* no Processo de Tomada de Decisão;
4. Políticas com Enfoque aos Causadores de Externalidades;
5. Configuração do Espaço Urbano e Infraestrutura para o TUC;
6. Conhecimento e Inovação;
7. Avanço Tecnológico.

Flora *et al.* (2019) ressaltam ainda que os centros urbanos de médio porte apresentam mais oportunidades de reversão desses problemas com relação às grandes cidades, porque permitem que intervenções e políticas de mobilidade urbana sejam implementadas de forma mais ágil, com menos resistência burocrática e menores custos, em comparação com grandes metrópoles.

2.3 Logística Urbana Inteligente

É importante tratar no referencial deste estudo sobre cidades inteligentes, embora o foco seja nas cidades de médio porte e nas tecnologias que já estão ao alcance do poder público. Integrar esses elementos no planejamento dessas cidades pode colocá-las no caminho para se tornarem cidades inteligentes em breve, à medida que suas infraestruturas evoluem.

As cidades inteligentes integram tecnologia digital e análise de dados para aprimorar a qualidade e sustentabilidade da vida urbana. Tecnologias emergentes, como *smartphones*, dispositivos *IoT* (*Internet of Things*) e sistemas de sensores, permeiam diretamente o cotidiano dos moradores. Informações instantâneas sobre tráfego, notícias locais, serviços de saúde e alertas de segurança são analisadas e aplicadas para facilitar uma tomada de decisão mais informada por parte dos planejadores urbanos, profissionais da indústria e residentes. Dentre os elementos-chave para o sucesso de uma cidade inteligente, o transporte, fornecimento de bens, serviços públicos e fluxo de tráfego desempenham papéis cruciais na concepção do *layout* urbano, nas aplicações comerciais e na infraestrutura (Pan, Shenle *et al.* 2021).

Uma cidade inteligente representa um ambiente em que as infraestruturas e os serviços tradicionais se tornam mais eficientes através da implementação de tecnologias digitais e de telecomunicações, visando beneficiar seus residentes e negócios. Este conceito vai além da simples utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para aprimorar o uso dos recursos. Envolve a implementação de redes de transporte urbano mais inteligentes, melhorias nas instalações de abastecimento de água, gestão aprimorada de resíduos, e métodos mais eficazes de iluminação e aquecimento de edifícios. Além disso, implica em uma administração municipal mais interativa e ágil, espaços públicos mais seguros, e a capacidade de atender às necessidades de uma população em envelhecimento (Pan, Shenle *et al.*, 2021).

A crescente importância da integração de atividades logísticas em ambientes urbanos, por meio de tecnologia inovadora, destaca-se como uma abordagem importante para otimizar os serviços prestados por diversas empresas. Essa integração considera as condições de tráfego, o impacto ambiental e o consumo de energia na cidade, com o objetivo global de aprimorar a eficiência desses serviços. A logística urbana desempenha um papel crucial na qualidade de vida dos cidadãos, no aumento da competitividade urbana e no desenvolvimento econômico sustentável. A partir desse conceito, surge a *Smart Urban Logistics* (SUL) (Büyükožkan *et al.*, 2022), representando uma evolução na gestão logística voltada para cidades inteligentes.

O SUL é um modelo que busca reduzir o congestionamento nas cidades, otimizar o fluxo de mercadorias e promover atividades logísticas mais sustentáveis, seguras e ecologicamente responsáveis. Um de seus principais objetivos é a minimização das emissões de carbono e do congestionamento urbano, resultantes da intensa mobilidade urbana, com o intuito de economizar energia, reduzir os riscos de acidentes e questões de segurança, diminuir os custos das operações logísticas e, em última análise, aprimorar a qualidade de vida na cidade (Büyükožkan *et al.*, 2022).

Segundo Büyükožkan *et al.* (2022), o conceito de SUL está alinhado ao contexto das cidades inteligentes, no qual possuem uma infraestrutura inteligente, unindo todos os componentes pertencentes a ela, ou seja:

- i) Infraestrutura;
- ii) Edifícios;
- iii) Transporte;
- iv) Energia;
- v) Saúde;
- vi) Tecnologia;
- vii) Governança;
- viii) Educação;
- ix) Cidadãos inteligentes.

Esses componentes implementados permitem acesso rápido a informações, facilitando a prestação de serviços à população e possibilitando um melhor gerenciamento da cidade. Em geral, a infraestrutura inteligente fornece aos gestores responsáveis e às equipes de operações informações relevantes, em tempo real, que permitem otimizar a utilização de diversos recursos e auxiliam na tomada de decisão (Mohanty *et al.*, 2016).

A gestão logística da cidade inteligente é conectar à “Internet das Coisas” com a internet por meio da tecnologia da informação, de modo a realizar a percepção inteligente sistemática em uma

série de *sub-links* como transporte, armazenamento, embalagem e distribuição, e realizar o gerenciamento inteligente com base no compartilhamento de dados. A gestão urbana contemporânea é desafiadora devido à sua complexidade, que vai além da consideração de dados estáticos relacionados à infraestrutura espacial urbana. A inclusão de dados dinâmicos não estruturados, como informações sobre a produção e vias urbanas, cultura econômica, adiciona uma camada dinâmica ao cenário da logística urbana (Gang *et al.*, 2014).

Os Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) incluem tecnologias para fornecer informações de trânsito (e estacionamento) em tempo real, aplicação automatizada de regulamentos de estacionamento ou de trânsito, cobrança de pedágio ou controle de acesso automatizado. Informações de trânsito em tempo real estão disponíveis, principalmente, em áreas metropolitanas. No exterior, os leitores de placas fazem parte de sistemas de tarifação rodoviária ou zonas de acesso limitado, porém, estes sistemas ainda não são amplamente utilizados para a gestão do transporte de mercadorias nas cidades (embora muitas transportadoras já utilizem vários tipos de *software* de roteamento baseado em localizações GPS e no tráfego atual (Giuliano, 2023).

O potencial do uso de dados de radar para produzir dados de tráfego é uma forma de integrar áreas de planejamento ambiental e de transportes, sendo simples e de baixo custo, sendo também fundamental para analisar cenários e projeções futuras (Pinto *et al.*, 2021).

Segundo Giuliano (2023), existem diferentes categorias de aplicações ITS para supervisão de transporte em ambiente urbano. As aplicações mais comuns são fiscalização rodoviária automática (câmeras de leitura de placas); informações em tempo real fornecidas por sinais de mensagens variáveis; gestão de semáforos; e cobrança eletrônica de pedágio. Existem muitos outros tipos de aplicações, mas ainda não são amplamente utilizados, como comunicações entre carros ou entre carros e infraestrutura.

A gestão logística é importante na construção de cidades inteligentes. Identificar o ponto de convergência entre o planejamento, a gestão e a construção do sistema logístico em cidades inteligentes são essenciais para impulsionar o desenvolvimento futuro dessa área em ambientes urbanos inovadores (Shuai *et al.*, 2017).

2.4 A Logística Urbana de uma Cidade Inteligente

Segundo Comi *et. al* (2022) o termo "Tecnologias Emergentes" se refere a inovações e avanços tecnológicos em estágios iniciais de desenvolvimento e adoção, com o potencial de causar impactos significativos em diversos setores. Muitas vezes, essas tecnologias são consideradas disruptivas e têm o poder de transformar fundamentalmente a forma como as coisas são feitas,

criando oportunidades. Recentemente, a evolução das tecnologias emergentes abriu caminho para o desenvolvimento e implementação de soluções logísticas urbanas integradas e dinâmicas, identificando novas fronteiras nos sistemas de transporte inteligente. Esse progresso envolve a colaboração de diversos grupos de atores na logística urbana e o uso de tecnologias como Internet das Coisas, *blockchain*, *big data* e inteligência artificial para aumentar a eficiência por meio dos sistemas de transporte inteligentes (Comi *et al.*, 2022).

Na era da digitalização, a aplicação de inovações em ambientes urbanos tem um impacto significativamente positivo nos fluxos de mercadorias e pessoas, resultando em melhorias notáveis na qualidade de vida. Além disso, a eficiente prestação de serviços logísticos e o suporte tecnológico desempenham um papel diretamente influente no desenvolvimento econômico das redes metropolitanas, ampliando a competitividade das empresas, fomentando a inovação e estimulando investimentos (Yang *et al.*, 2019).

As cidades inteligentes envolvem várias tecnologias avançadas que podem transformar diversos aspectos socioeconômicos da sociedade, abrangendo áreas como saúde, energia, educação e transporte. A indústria de transporte nesses ambientes urbanos enfrentará desafios tecnológicos devido à migração urbana sem precedentes. Portanto, é fundamental desenvolver estratégias eficazes para otimizar a infraestrutura disponível e reduzir o congestionamento do tráfego, por exemplo (Ang, Kenneth Li-Minn *et al.*, 2022).

Sistemas de transporte inteligentes desempenham um papel importante para lidar com questões como controle de tráfego e congestionamento nas áreas urbanas, melhorando a segurança viária, reduzindo acidentes e fornecendo informações oportunas aos motoristas e usuários. Um exemplo de implementação tecnológica em uma cidade inteligente é a proposta da *Alphabet* (*Google*) de construir quiosques públicos de *WiFi* nas ruas de Nova York com potencial para trocar dados com veículos autônomos e outros sistemas urbanos (Ang, Kenneth Li-Minn *et al.*, 2022).

Os diferentes desafios enfrentados pela logística urbana apresentam uma enorme oportunidade para uma nova tecnologia como a Internet das Coisas (IoT), e a adoção de tecnologias de informação integradas oferece diversas oportunidades para aprimorar o desempenho dos sistemas de transporte de carga urbana (Thompson, 2021, p. 24).

Os sistemas de gerenciamento de tráfego possibilitam o desenvolvimento de uma ampla gama de serviços direcionados ao transporte de mercadorias. Tecnologias avançadas de sensoriamento e comunicação, como a “*Dedicated Short-Range Communication*” (DSRC), ou “Comunicação de curto alcance”, permitem que os veículos de carga se comuniquem entre si e com a infraestrutura, como o exemplo dos caminhões, que têm a capacidade de se conectar a sistemas de

sinalização, resultando em melhorias substanciais na eficiência, uma vez que a maioria dos atrasos para caminhões em áreas urbanas ocorre em interseções sinalizadas (Thompson, 2021, p. 24).

O progresso tecnológico impulsionado pela conectividade proporcionada pela internet tem desencadeado a criação e adaptação de diversas tecnologias e soluções em uma ampla gama de setores, com o objetivo de aprimorar e otimizar os processos relacionados a essas áreas. No processo de desenvolvimento de um sistema logístico eficiente, o comportamento governamental enfatiza a construção da tecnologia da informação e a formulação de políticas e regulamentações (Shuai *et al.*, 2017).

A plataforma logística de uma cidade inteligente pode auxiliar o poder público a compreender as necessidades das empresas e das pessoas, e pode incorporar essa demanda no planejamento do desenvolvimento da cidade, ampliando o conceito para além do avanço da tecnologia da informação. Além disso, o modelo de gestão da logística urbana inteligente deve ser colaborativo e de gestão pública, onde o governo, o público e as empresas dependem do compartilhamento de informações para alcançar uma alocação racional de recursos, aprimorando assim o nível de gestão urbana (Shuai *et al.*, 2017).

O objetivo final da construção de uma cidade inteligente é alcançar uma grande integração da Internet das Coisas (IoTs), que deve utilizar tecnologias emergentes para atualizar de forma inteligente as diversas áreas de operações urbanas (Shuai *et al.*, 2017). Na Figura 1 está um exemplo da estrutura de um sistema logístico em uma cidade inteligente.

A plataforma logística de uma cidade inteligente é um sistema abrangente que atende às necessidades do governo, empresas de logística, manufatura, infraestrutura e profissionais de logística. Ela aproveita uma variedade de fontes de *big data*, incluindo dados estruturados, semiestruturados e em tempo real, provenientes de submódulos operacionais. Funciona como uma plataforma de computação em nuvem baseada na Internet das Coisas e na tecnologia de *big data*, oferecendo três interfaces de aplicação: armazenamento inteligente e centro de distribuição, parque logístico inteligente e empresa logística inteligente (Shuai *et al.*, 2017).

Sua funcionalidade inclui reconhecimento e rastreabilidade por meio de tecnologias como RFID (*Radio-Frequency Identification*), GIS (*Geographic Information System*), GPS (*Global Positioning System*) e EDI (*Electronic Data Interchange*), análise inteligente para previsões de demanda e otimização de rotas, bem como *feedback* e correção para monitorar e aprimorar a logística reversa. Em suma, a plataforma busca fornecer soluções avançadas para a gestão e otimização da logística urbana (Shuai *et al.*, 2017).

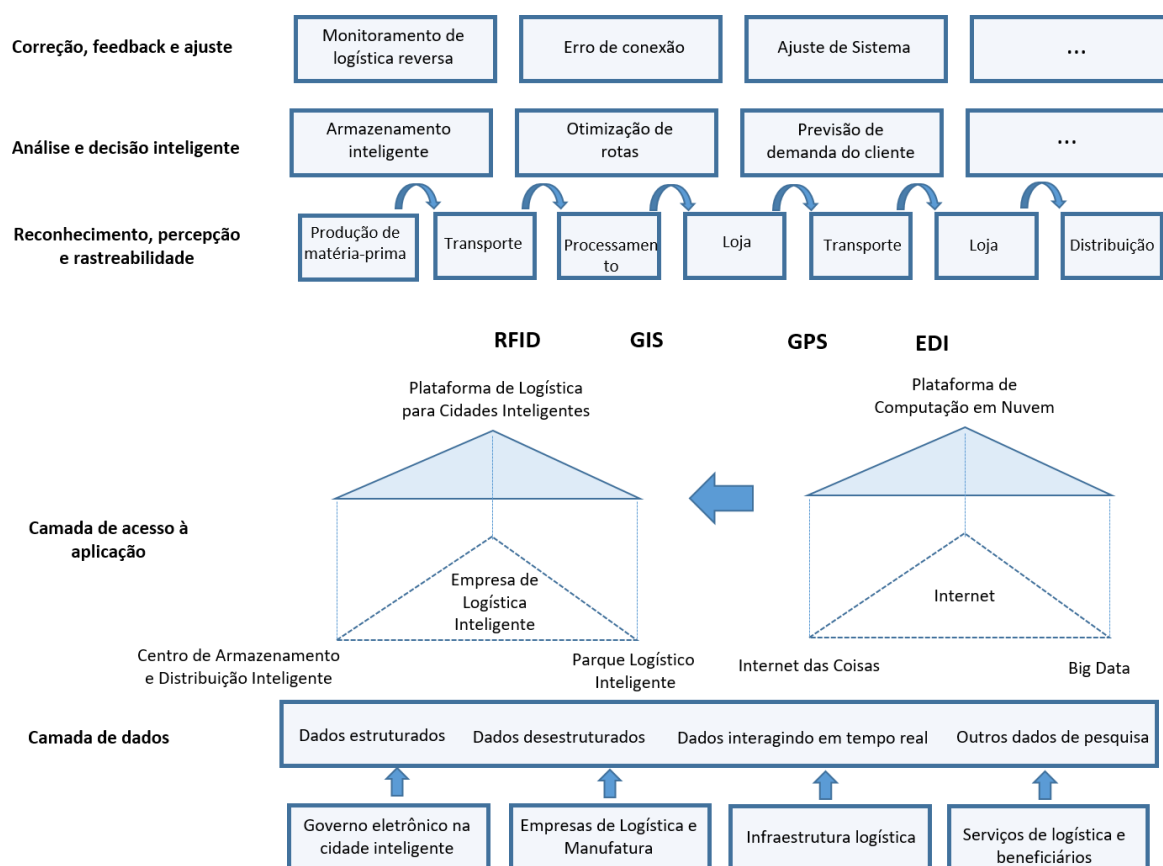


Figura 1 – Estrutura do Sistema Logístico em uma Cidade Inteligente
Adaptado de Shuai, Liu; Hong-Chun, Wang, 2017.

Nesse mesmo contexto de plataformas de logística para cidades inteligentes, Fioravanti *et al.*, (2023), conduziram uma pesquisa que traz o conceito de ULaaS (*Urban Logistics as a Service*) no qual foi aplicado de maneira prática na cidade de Campinas - SP. A proposta envolveu a integração de diversas formas de serviços e ativos logísticos em uma única plataforma, acessível sob demanda, e teve como objetivo principal testar a viabilidade e os impactos dessa abordagem inovadora. Ao utilizar Campinas como cenário, os pesquisadores puderam avaliar como a plataforma contribuiu para a eficiência dos movimentos logísticos na cidade, reduzindo congestionamentos e emissões, ao mesmo tempo em que proporcionava melhorias na governança da logística urbana.

A plataforma ULaaS pode ajudar os formuladores de políticas a alavancarem a tecnologia para organizar o sistema de logística urbana, ao mesmo tempo em que acelera o envolvimento de pequenas empresas e *startups* nessa tarefa. Além disso, ao usar os princípios da economia compartilhada, a plataforma aumentará a eficiência, gerando novas oportunidades de negócios (Fioravanti *et al.*, 2023).

A incorporação de tecnologias na logística urbana é uma realidade, como no exemplo acima, porém, está em constante evolução, e ainda enfrenta diversos desafios. As barreiras mais comuns na

implementação de novas tecnologias estão na complexidade da integração de dados provenientes de diversos subsistemas e a ausência de clareza em relação à otimização de sua utilização, o que potencialmente compromete a vantagem proporcionada pela tecnologia de *big data* (Thompson, 2021, p. 21).

Adicionalmente, a falta de adaptabilidade nos serviços logísticos e a incapacidade de atender plenamente às demandas do mercado podem resultar em uma falta de coordenação entre oferta e procura. A ausência de uma participação ativa do governo e a resistência limitada de empresas tradicionais à adoção de tecnologia da informação constituem desafios adicionais. Por fim, a falta de uma estratégia de desenvolvimento regional precisa e a carência de diretrizes específicas para a seleção de setores logísticos apropriados em diferentes áreas podem resultar em um desenvolvimento desigual do setor logístico em cidades inteligentes, não atendendo de forma abrangente às necessidades particulares de cada região (Thompson, 2021, p. 21).

Karagiannakidis *et al.* (2014) declaram que há uma escassez de dados e *benchmarking* que apoiem estudos de logística urbana, principalmente em cidades de médio porte. Por isso, para auxiliar na tomada de decisão no TUC nessas cidades, podem ser usadas tecnologias móveis já disponíveis e de baixo custo, além da tecnologia SIG que também já demonstrou útil nesse contexto (Gutierrez, *et al.*, 2015).

Giuliano (2023) afirma que é difícil encontrar dados mais detalhados sobre o tráfego de caminhões nas áreas metropolitanas. A maioria das cidades não tem ideia da quantidade de veículos comerciais (sejam caminhões pesados, caminhões leves, vans, carros ou mesmo bicicletas) que circulam em suas ruas. Os poucos dados disponíveis são normalmente coletados pelos departamentos estaduais de transporte e concentram-se em caminhões pesados que atravessam rodovias urbanas ou estradas designadas como rodovias estaduais. Algumas cidades realizaram suas próprias pesquisas.

Shuai *et al.* (2017) destacam quatro principais problemas da implementação da plataforma logística nas cidades inteligentes, nos quais três são pertinentes e vem ao encontro com o problema citado acima, considerando, principalmente, a implementação de tecnologias, conforme detalhamento abaixo:

I. Os dados não podem ser totalmente integrados e a plataforma inteligente não pode ser utilizada com total eficiência: O sistema de logística de uma cidade inteligente engloba diversos subsistemas, tais como o sistema da cidade inteligente, o sistema de rastreabilidade de produtos, o centro de classificação e distribuição inteligente e o sistema de visualização logística, entre outros.

Embora a tecnologia de *big data* seja capaz de processar esses dados, é comum que as empresas se sintam sobrecarregadas pela quantidade de informações. Muitos gestores não têm clareza sobre como utilizar esses dados para apoiar uma tomada de decisões, o que, gradualmente, faz com que a tecnologia de *big data* perca sua vantagem competitiva. Além disso, o aumento das fontes de dados externas torna a diversidade dos dados um desafio. A construção de um sistema logístico para cidades inteligentes envolve a fusão de dados de diversas plataformas e domínios, e a criação de uma plataforma de informações que permite a acoplagem e integração perfeita. Alcançar a capacidade de sistemas, dispositivos ou componentes diferentes para que interajam e operem de maneira conjunta, geralmente compartilhando dados ou serviços entre si, é um desafio significativo, e a resolução desse problema-chave contribuirá para o rápido desenvolvimento da logística em cidades inteligentes (Shuai *et al.*, 2017).

II. A flexibilidade do serviço prestado pela plataforma não é suficiente, fazendo com que as demandas de mercado não sejam atendidas: O desenvolvimento da logística em cidades inteligentes muitas vezes enfatiza muito a construção de tecnologia da informação, negligenciando a orientação às pessoas e a melhoria da qualidade de vida pública. Com a melhoria do processo de informatização, a eficiência na troca de informações entre o público e a indústria pode ser aprimorada, permitindo que a oferta e a demanda do mercado se alinhem melhor. Um sistema de informação rígido não consegue acompanhar a expansão do mercado, o que pode fazer com que o setor logístico se desvie do plano de desenvolvimento da cidade. Além disso, devido à rápida evolução das necessidades dos usuários, a plataforma de informações logísticas precisa ter a capacidade de dimensionar seus módulos funcionais e suas capacidades de análise de decisão. Essa escalabilidade é uma questão que deve ser considerada antes de iniciar o projeto (Shuai *et al.*, 2017).

III. O envolvimento das empresas e do governo ainda não acontece de forma integrada:

Embora a pesquisa de desenvolvimento e a análise empírica da logística urbana tenham abordado o desenvolvimento sob uma perspectiva industrial, a ascensão do comércio eletrônico impulsionou o crescimento da indústria. Isso atrai uma grande quantidade de recursos sociais e tecnologia de ponta para o campo da logística empresarial, estimulando também o desenvolvimento da indústria logística tradicional. Embora algumas empresas de logística tradicionais estejam começando a adotar tecnologias como a Internet das Coisas e a computação em nuvem para construir sistemas logísticos de cidades inteligentes, essas empresas são frequentemente de pequeno porte e têm um alcance disperso. Isso torna difícil alcançar economias de escala, resultando na perda de recursos

de alta qualidade. A orientação do governo e a participação ativa das empresas são, sem dúvida, o foco do desenvolvimento da logística em cidades inteligentes, e a pesquisa e prática da tecnologia da informação são fundamentais para esse desenvolvimento (Shuai *et al.*, 2017).

2.5 Tecnologias para Coleta e Tratamento de Dados na Logística Urbana

Para o planejamento eficaz do transporte de cargas em ambientes urbanos, a análise de dados é necessária para subsidiar decisões estratégicas, bem como permitir a gestão e avaliação das políticas de transporte urbano (Steenberghen *et al.*, 2013).

Os dados, por sua vez, representam um valioso ativo de conhecimento, podendo ser empregados para aumentar a resiliência e a coordenação dentro de sistemas de mobilidade urbanos. Além disso, servem como impulsionadores do desenvolvimento econômico e do crescimento sustentável das áreas urbanas (Browne *et al.*, 2019), auxiliando no desenvolvimento de estratégias e medidas de políticas eficazes para a gestão e apoio do transporte de cargas no contexto da mobilidade urbana sustentável (Pitera *et al.*, 2017).

Os dados sobre o tráfego de veículos comerciais em áreas urbanas são limitados porque não existe uma fonte comum. O governo federal agrega dados sobre os principais aspectos críticos nas cidades, incluindo fluxos de caminhões intermunicipais e acidentes de caminhões. As secretarias estaduais de transporte coletam os dados existentes sobre rodovias estaduais que passam por áreas urbanas. As organizações de planejamento metropolitano começaram a recolher dados de frete urbano, particularmente no que diz respeito aos movimentos de caminhões, mas este é mais frequentemente o caso de grandes centros comerciais em áreas metropolitanas, e não se enquadra para centros urbanos de pequeno e médio porte. A falta de dados é um problema grave no campo emergente do frete urbano (Giuliano, 2013).

A maioria das cidades não consegue responder às seguintes questões: Quantos veículos estão envolvidos na atividade comercial? Quantas entregas e coletas ocorrem em um dia ou em uma semana? Os dados sobre as características da entrega que são acessíveis aos planejadores logísticos e ao governo são quase inexistentes, portanto, é necessária mais coleta de dados. O papel da tecnologia da informação na recolha de dados também é um problema (Giuliano, 2013). A utilização de dados no planejamento de transporte de cargas urbanas permite a avaliação de problemas, projetos e iniciativas específicas. Pode ser empregada na modelagem e previsão, voltada para o monitoramento e medição de desempenho necessários para atender às diretrizes e fornecer estimativas estatísticas às partes envolvidas nesse processo (Browne e Allen, 2006).

A coleta de dados sobre a movimentação de cargas proporciona uma compreensão aprimorada e facilita a comunicação sobre o impacto de diversas medidas dentro de um ambiente urbano. Essa compreensão mais abrangente resulta, em última instância, na tomada de decisões que beneficiam o sistema de transporte como um todo (Otte e Meisen, 2020). Isso engloba os efeitos de projetos ou iniciativas direcionados a outros usuários das estradas, os quais podem ter implicações não intencionais para o transporte de cargas nas áreas urbanas (Patier e Routhier, 2008).

Com o enorme crescimento de dados e métodos avançados para sua análise, algumas operações comerciais estão se tornando mais orientadas por esses dados, proporcionando melhorias significativas e correções eficazes. Essa transição para um modelo orientado por dados permite que as empresas tomem decisões mais precisas, antecipem tendências de mercado e otimizem seus processos internos, destacando a importância da adaptação às mudanças tecnológicas para se manterem competitivas nesse cenário em constante evolução (Arias *et al.*, 2022)

A indisponibilidade ou a baixa qualidade de dados e a falta de métodos eficazes de coleta de dados representam obstáculos para essa análise. O primeiro passo importante para obter um entendimento claro da distribuição de carga urbana e facilitar o processo de coleta de dados é formular uma estrutura inovadora para fornecer uma organização lógica de dados e informações necessárias para identificar e mapear todos os elementos da distribuição de carga urbana: atores envolvidos, mercadorias distribuídas, rotas seguidas, dados sobre a demanda e a oferta, estrutura da cidade e políticas que podem melhorar o transporte de carga urbana em áreas específicas (Campagna, Andrea *et al.* 2017).

Uma abordagem alternativa para se adaptar continuamente à oferta de transporte em conformidade com a demanda consiste em coletar e aprender com dados existentes e suas inter-relações a fim de obter benefícios para o sistema como um todo. Com base no conhecimento aprofundado dos dados relacionados ao sistema de transporte, as autoridades das cidades podem implementar medidas regulatórias direcionadas para melhorar a situação do tráfego, por um lado, e minimizar ou evitar os efeitos colaterais negativos (como congestionamentos) no sistema, por outro lado (Otte *et al.*, 2020).

No entanto, no campo do transporte de cargas urbanas, dados essenciais de transporte de cargas urbanas (por exemplo, demanda de transporte de cargas, número de veículos de carga urbanos em operação, situação de carregamento) para o monitoramento e elaboração de políticas com base em dados no ambiente da cidade frequentemente não estão disponíveis para as

autoridades públicas. Em vez disso, os dados associados geralmente são de propriedade de organizações privadas (por exemplo, operadores de transporte de cargas, provedores de telecomunicações, empresas de tecnologia orientada para dados). Devido aos desenvolvimentos mais recentes no campo do transporte de cargas urbanas conforme o Fórum Econômico Mundial de (2020) e aos objetivos políticos coadjuvantes, existe uma probabilidade crescente, no futuro, de incentivos direcionados por parte das cidades às organizações privadas mencionadas acima para que compartilhem seus dados (Otte *et al.*, 2020).

Do ponto de vista dos atores envolvidos, o objetivo por trás da gestão desse processo impulsionado pela tecnologia é, geralmente, explorar benefícios, como informações esclarecedoras ou lucro financeiro a partir dos ativos digitais envolvidos. No ambiente do transporte de cargas urbanas, a variedade de ativos digitais pode variar desde sensores que coletam dados básicos de tráfego (por exemplo, volume, velocidade) até soluções de câmera que coletam dados adicionais de tráfego (por exemplo, identificação visual e classificação de tipos de veículos), além de plataformas digitais (por exemplo, consolidação de dados coletados para análises posteriores ou processos de tomada de decisão) (Otte *et al.*, 2020).

Segundo Otte *et al.* (2020), as cidades precisam se preparar para lidar eficientemente com os dados disponíveis, explorando os benefícios potenciais relacionados ao sistema de transporte de cargas urbanas. Esse processo de preparação é como uma jornada, indo desde o estágio inicial, onde a cidade pode não ter procedimentos ou manipulação de dados, até alcançar um estágio desejado com procedimentos automatizados, coleta, processamento, análise e tomada de decisões com base em dados em tempo real. Em termos práticos, isso significa que as cidades estão indo de um ponto onde as autoridades públicas são observadoras passivas para um cenário desejado onde há envolvimento ativo das autoridades públicas e colaboração baseada em dados com os envolvidos no transporte urbano de cargas.

3 TECNOLOGIAS APLICADAS À LOGÍSTICA URBANA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)

Este capítulo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura com o objetivo de identificar estudos que abordem tecnologias no contexto da logística urbana, caracterizar os usuários dessas tecnologias (sejam eles o Poder Público das cidades ou Operadores Logísticos) e explorar as possibilidades de coleta de dados através dessas tecnologias encontradas, para apoiar a gestão eficiente e a melhoria dos ambientes urbanos.

De acordo com Cook *et al.* (1997), a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) pode apoiar o desenvolvimento de diretrizes, pois abrange a busca, seleção, avaliação crítica e síntese dos resultados de pesquisas primárias. Para proporcionar um padrão à RSL, Wong *et al.* (2012) e Kamal e Irani (2014) desenvolveram estruturas contendo as etapas principais para evitar a probabilidade de vies e possíveis distorções na pesquisa e análise de dados. Uma das vantagens da RSL é sua metodologia sistemática, fornecendo, assim, a crítica necessária na execução de todas as etapas da pesquisa.

Este estudo adotou uma abordagem sistemática baseada nas cinco etapas delineada por Denyer e Tranfield (2009). As cinco etapas estão ilustradas na Figura 2 e incluem:

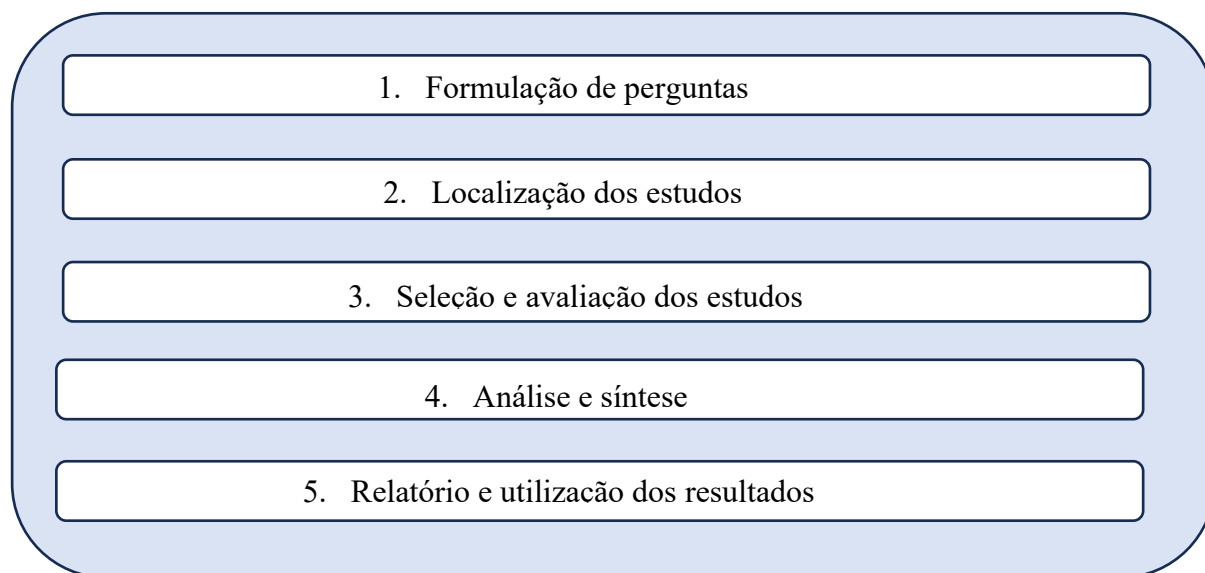


Figura 2 - Revisão sistemática da literatura em cinco etapas
Fonte: Adaptado de Denyer and Tranfield (2009).

O foco dessa revisão está na identificação das tecnologias relacionadas à coleta de dados e sua possível utilização nos sistemas de gestão das cidades. Para alcançar esse objetivo, algumas

perguntas de pesquisa foram elaboradas para orientar e tornar assertiva a busca e análise, conforme descritas abaixo.

3.1 Planejamento e Execução da Pesquisa

Para alcançar esse objetivo, algumas perguntas de pesquisa foram elaboradas para orientar e tornar assertiva a busca e análise, conforme descritas abaixo:

1. Quais são as tecnologias mais discutidas na literatura no contexto da logística urbana nos últimos dez anos?
2. Com relação ao seu uso e aplicação, qual é o usuário responsável? O Poder Público ou os Operadores Logísticos?
3. Quais dessas tecnologias podem coletar dados que subsidiem algum sistema de gestão e possam auxiliar as cidades a compreenderem melhor os desafios de logística urbana?

A pesquisa seguiu os protocolos de revisão sistemática para selecionar os artigos relevantes nas bases de dados eletrônicos. A busca foi realizada em duas bases de dados, a *Scopus* e *Web of Science*, que são bases indexadas e conhecidas por sua confiabilidade e abrangência. As palavras-chave usadas na pesquisa foram “*City Logistics*” OR “*Urban Logistics*” AND “*Technology*”. Os termos foram buscados no campo tópico que inclui na pesquisa trabalhos que possuem o termo no título, resumo ou palavras-chaves do trabalho, possibilitando um maior número de trabalhos em retorno. O resultado dessa busca retornou um total de 1.039 publicações somando todas as bases de dados, contando as três palavras-chave.

A pesquisa concentrou-se nos estudos dos últimos dez anos completos, de 2014 a 2023, incluindo também pesquisas do primeiro semestre de 2024 devido à recente publicação de trabalhos relevantes sobre problemas de infraestrutura tecnológica e investimento, especialmente em cidades de pequeno e médio porte. É sabido que o rápido avanço tecnológico torna muitas tecnologias e plataformas obsoletas rapidamente. Contudo, a escolha de um período de dez anos foi feita considerando que algumas cidades podem estar começando a utilizar plataformas e sistemas tecnológicos desenvolvidos há algum tempo.

Nesse período, observa-se uma transformação significativa no panorama da logística urbana, com a emergência de novas tendências, inovações e desafios enfrentados pelas cidades. Além disso, os artigos publicados passam por rigorosos processos de revisão por pares, garantindo a qualidade e a credibilidade das informações. Essa prática assegura que os estudos estejam alinhados com os

conhecimentos mais recentes, o que é essencial para uma análise precisa do cenário atual da logística urbana. Essa abordagem permite a identificação de soluções mais eficazes para os desafios logísticos enfrentados pelas cidades. A figura 3 mostra a quantidade total de artigos encontrados ao longo dos anos, com destaque para o ano de 2021 que teve mais publicações, 180 ao todo. Na figura 3, o eixo Y informa a quantidade de artigos e o X se refere ao ano de publicação.



Figura 3: Total de artigos científicos
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Com base no delineamento das questões de pesquisa e nos objetivos da revisão sistemática da literatura (RSL) sobre tecnologias na logística urbana, estabeleceu-se parâmetros de pesquisa e critérios de exclusão, baseados no objetivo da RSL, conforme Figura 4.

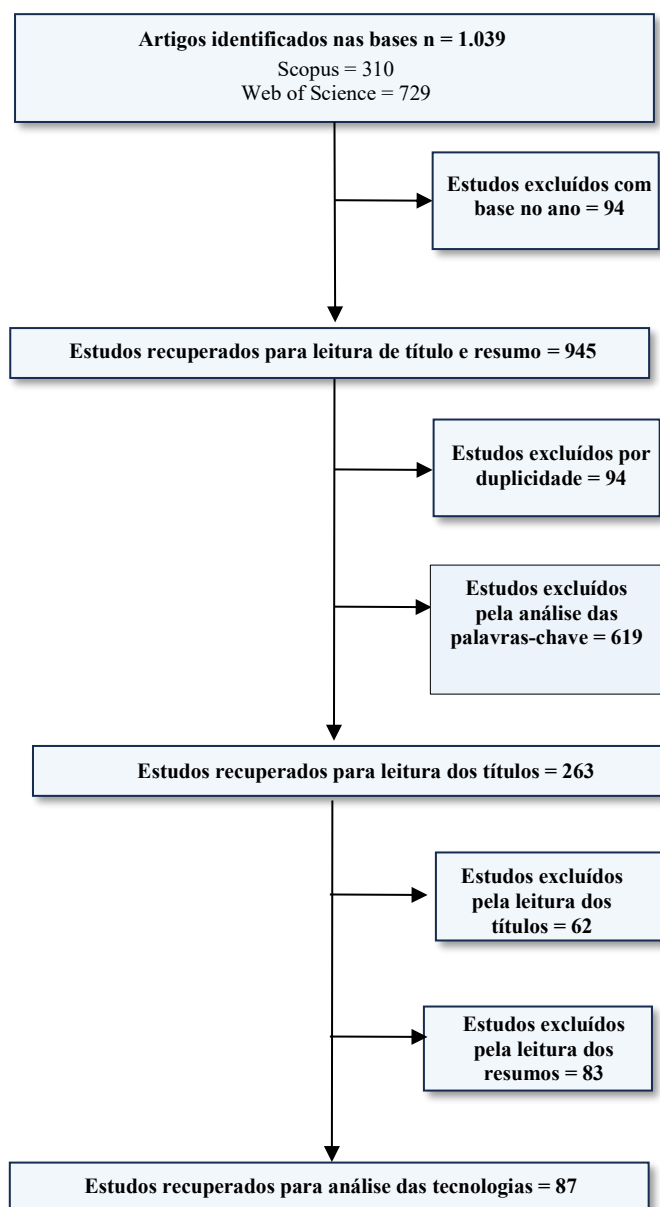


Figura 4 - Seleção dos trabalhos publicados
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Como já mencionado, foi estabelecido o período de 2014 até o primeiro semestre de 2024 como recorte de tempo para as buscas. Como os estudos foram buscados em duas bases de dados, houve exclusão por duplicidade, ou seja, os mesmos artigos estavam disponíveis em ambas as bases. Outro critério de exclusão foi a busca por palavras-chave nos artigos que estivessem de acordo com as palavras-chave que nortearam esta revisão. Esse critério eliminou a maioria dos artigos, 619 no total, pois os autores tinham outras palavras-chave, diferentes das que referenciaram a pesquisa e que traziam enfoques distintos da intenção de busca. Outros critérios de exclusão relevantes foram a leitura de títulos e resumos, através da qual foi possível identificar quais estudos estavam diretamente ligados aos objetivos desta pesquisa.

Ao término do processo, foram identificados 87 artigos para uma análise mais detalhada, com o objetivo de determinar as tecnologias mais frequentemente mencionadas e sua pertinência para o setor público, o qual constitui o foco principal desta pesquisa.

3.2 Identificação das Tecnologias

Nesta fase da Revisão Sistemática da Literatura foi realizada uma análise detalhada de 87 estudos, visando extrair informações sobre o tipo de tecnologia estudada, sua relação com o objetivo do estudo, o usuário da tecnologia (autoridades públicas e/ou operadores logísticos) e a finalidade da tecnologia no contexto de coleta e gestão de dados de logística urbana. O propósito desta análise foi responder às três questões de pesquisa delineadas na fase de planejamento.

A Tabela 1 apresenta as tecnologias mais citadas nos 87 artigos, com um total de 27, destacando sua menção ao longo dos dez anos selecionados nesta revisão. As tecnologias estão classificadas por ordem de citação, e é possível observar um aumento nos estudos e nas menções a partir do ano de 2019.

Das 27 tecnologias mencionadas na tabela 1, 15 são estudadas no contexto do operador logístico, tendo esse usuário como foco de aplicação. Essas tecnologias incluem Robôs, bicicletas de carga elétricas, *blockchain*, drones e VANTs, câmeras e sensores, impressão 3D, *Physical Internet*, RFID, SIG (Sistema de Informação Geográfica), veículos elétricos, veículos autônomos e caminhões elétricos. Muitas dessas tecnologias podem ser estudadas no contexto do poder público, onde este atua como gestor. Por exemplo, em relação aos veículos elétricos, o poder público pode liderar a tomada de decisão, especialmente considerando a mobilidade urbana e o meio ambiente. No entanto, os estudos encontrados nesta revisão estão focados na logística urbana e tecnologias. Nesse contexto, o Operador Logístico emerge como o usuário principal da maioria das tecnologias mencionadas.

Tabela 1 – Identificação das tecnologias mais citadas ao longo dos anos
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tecnologias	Tecnologias estudadas nos 87 artigos										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Big Data					I	I	I	III	IIII	II	
IoT (Internet das coisas)					I	I	I	II	IIII	III	I
Drones e VANTs (Veículos aéreos não tripulados)							I	III	III	III	III
Veículos Autônomos				I	II	I		III	III	II	I
Physical Internet				I			I	I	II	I	II
Blockchain							I	II		III	
Bicicletas de carga elétricas								I	III		
Digital Twins										II	II
Veículos Elétricos			I			I		I		I	I
Robôs					I		I				I
SIG (Sistema de Informação Geográfica)			II					I	I		
Computação em Nuvem								II			
GPS (Sistema de Posicionamento Global)						I		I			
IA (Inteligência Artificial)								I	III	I	
Alternative Fuel Vehicle (Veículo de Combustível Alternativo)				I							
Armários Móveis Autônomos (AMLs)								I			
Caminhões Elétricos								I			
Sistemas de Suporte à Decisão (SID)					I						
Impressora 3D								I			
PSS (Product-Service Systems) Sistemas Produto-Serviço		I									
RFID (Identificação por Radiofrequência)			I								
ROS (Sistema Operacional de Robô) baseado em IoT						I					
Sistemas de micromobilidade elétrica									I		
Smart Parcel Lockers (SPLs) - (Armários Inteligentes)										I	
Simulação de Planta Tecnomatix									I		
Câmeras/Sensores								I			
Centro de Consolidação Urbana Virtual										I	

Das outras 12 tecnologias restantes, algumas também são estudadas como parte das tecnologias adotadas pelo poder público para gerenciar os problemas de logística urbana. No entanto, apenas algumas estão diretamente relacionadas à coleta ou gestão de dados referentes ao sistema de logística urbana, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação das tecnologias e usuários
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tecnologias		Usuário
Câmeras/Sensores	→	Poder Público
IoT (Internet das coisas)	→	Operador Logístico / Poder Público
Digital Twins	→	Operador Logístico / Poder Público
SIG (Sistema de Informação Geográfica)	→	Operador Logístico / Poder Público
Big Data	→	Operador Logístico / Poder Público
Computação em Nuvem	→	Operador Logístico / Poder Público
GPS (Sistema de Posicionamento Global)	→	Operador Logístico / Poder Público
IA (Inteligência Artificial)	→	Operador Logístico / Poder Público
Armários Móveis Autônomos (AMs)	→	Operador Logístico / Poder Público
Sistemas de Suporte à Decisão (SID) para OHD	→	Operador Logístico / Poder Público
Sistemas de micromobilidade elétrica	→	Operador Logístico / Poder Público
Smart Parcel Lockers (SPLs) - (Armários Inteligentes)	→	Operador Logístico / Poder Público
Drones e VANTs (Veículos aéreos não tripulados)	→	Operador Logístico
Physical Internet	→	Operador Logístico
Blockchain	→	Operador Logístico
Veículos Autônomos	→	Operador Logístico
Bicicletas de carga elétricas	→	Operador Logístico
Veículos de carga Elétricos	→	Operador Logístico
Robôs	→	Operador Logístico
Alternative Fuel Vehicle - (Veículo de Combustível Alternativo)	→	Operador Logístico
Caminhões Elétricos	→	Operador Logístico
Impressora 3D	→	Operador Logístico
PSS (Product-Service Systems) - Sistemas Produto-Serviço	→	Operador Logístico
RFID (Identificação por Radiofrequência)	→	Operador Logístico
ROS (Sistema Operacional de Robô) baseado em IoT	→	Operador Logístico
Simulação de Planta Tecnomatix	→	Operador Logístico
Centro de Consolidação Urbana Virtual	→	Operador Logístico

Tecnologias como *Big Data*, IA e IoT são amplamente utilizadas em cidades inteligentes, que têm como objetivo alcançar uma grande integração da Internet das Coisas (IoT), utilizando tecnologias para atualizar de forma inteligente as diversas áreas de operações urbanas (Shuai *et al.*, 2017). A plataforma logística de uma cidade inteligente é um sistema abrangente que atende às necessidades do governo, empresas de logística, manufatura, infraestrutura e profissionais de logística. Ela aproveita uma variedade de fontes de *big data*, incluindo dados estruturados, semiestruturados e em tempo real, provenientes de submódulos operacionais. Funciona como

uma plataforma de computação em nuvem baseada na Internet das Coisas e na tecnologia de *big data*, oferecendo três interfaces de aplicação: armazenamento inteligente e centro de distribuição, parque logístico inteligente e empresa logística inteligente. Sua funcionalidade inclui reconhecimento e rastreabilidade por meio de tecnologias como RFID (*Radio-Frequency Identification*), GIS (*Geographic Information System*), GPS (*Global Positioning System*) e EDI (*Electronic Data Interchange*), análise inteligente para previsões de demanda e otimização de rotas, bem como *feedback* e correção para monitorar e aprimorar a logística reversa. Em suma, a plataforma busca fornecer soluções avançadas para a gestão e otimização da logística urbana (Shuai *et al.*, 2017).

Em cidades que ainda não possuem essa robustez de plataformas ou sistemas de gestão de transporte, alguns sistemas como SIG (Sistemas de Informação Geográfica) podem auxiliar. Além disso, a disponibilização de câmeras de segurança ou sensores pode ajudar na coleta de dados, os quais serão usados como suporte para tomadas de decisão (Pereira, 2009).

A Tabela 3 identifica tecnologias cujo usuário também é o poder público e oferece uma breve descrição de sua funcionalidade no contexto da logística urbana (LU), com base em alguns dos estudos extraídos da RSL. Porém, nem todas as tecnologias mencionadas nessa tabela são amplamente utilizadas pela maioria das cidades, como IoT, *Digital Twins*, *Big Data*, IA, Computação em Nuvem, Sistemas de apoio à decisão para programas de entrega fora do horário habitual (OHD), Sistemas de micromobilidade elétrica, *Smart Parcel Lockers* (SPLs) - (Armários Inteligentes). Segundo Serrano-Hernandez *et al.* (2021), cidades de médio porte não possuem infraestrutura física adequada para absorver a alta demanda de frete urbano demandada pelo comércio eletrônico e pelo desenvolvimento comercial em áreas urbanas, e a escassez de investimento tecnológico e uma rede de transporte fragilizada destacam-se como um dos fatores preponderantes nesse cenário.

Tabela 3 – Tecnologias de uso do poder público e descrições
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tecnologias	Descrição e aplicação na LU
Câmeras/Sensores	<i>As câmeras e sensores na logística urbana são usados para monitorar o tráfego, identificar padrões de movimento de veículos e pedestres, detectar congestionamentos, analisar o uso de infraestrutura urbana e otimizar rotas de transporte. A falta desse conhecimento pode ter um impacto negativo no próprio transporte (Kujawski e Dudek, 2021)</i>
IoT (Internet das coisas)	<i>Tecnologias e algoritmos utilizados para otimizar e aprimorar as operações de transporte, distribuição e gestão de estoque nas áreas urbanas (Hajjaj, Moktar, & Weng, 2024).</i>
Digital Twins	<i>São representações virtuais e digitais de objetos, sistemas ou processos do mundo real. Essas representações são criadas com base em dados coletados em tempo real e históricos, permitindo uma compreensão mais precisa e detalhada de como um objeto ou sistema, responde a mudanças e se comporta em diferentes cenários (Abouelrous, Blik e Zhang, 2023)</i>
SIG (Sistema de Informação Geográfica)	<i>O SIG permite visualizar e analisar dados geográficos, como mapas, rotas, infraestrutura urbana, densidade populacional e outras informações relevantes para o planejamento e a operação de logística urbana. Ele ajuda a identificar padrões, otimizar rotas de entrega, prever demanda, gerenciar recursos e tomar decisões estratégicas com base em dados espaciais (Guerlain et al., 2017).</i>
Big Data	<i>O armazenamento de um grande volume de dados é a aplicação básica do Big Data. A análise de Big Data tem sido utilizada no transporte inteligente, os dados são obtidos a partir de múltiplas fontes, como dados de GPS, dados de vídeo, dados de mídia social, sensores de trânsito e dados de sistemas, como dados de sensores veiculares (VSD), dados de serviços móveis veiculares, dados de assistência avançada ao motorista, dados de carros conectados etc. (Ang, Kenneth Li-Minn et al., 2022).</i>
Computação em Nuvem	<i>Serviços de informação baseados na internet cujos recursos podem ser compartilhados entre os usuários. É um sistema em que computadores servidores e dispositivos conectados à internet são utilizados a qualquer momento (Xue et al., 2019).</i>
GPS (Sistema de Posicionamento Global)	<i>Integra operações convencionais de banco de dados, como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados, bem como a capacidade de análise geográfica oferecida pelos mapas, é útil para organizar o processo de compreensão da ocorrência, previsão e simulação de eventos espaciais, bem como para o planejamento estratégico da logística urbana adequação (Viana e Delgado, 2019).</i>
IA (Inteligência Artificial)	<i>São algoritmos que analisam um conjunto de dados (normais ou extensos) e tomam (ou direcionam) uma decisão (Comi, Antonio; Russo, Francesco, 2022).</i>
Armários Móveis Autônomos (AMLs)	<i>São armários introduzidos nas redes logísticas das cidades para reduzir o congestionamento do tráfego e economizar custos. O sistema consiste em transportadores que trabalham com AMLs que visitam os transportadores no terreno e transferem encomendas entre os transportadores e o depósito (LI, Jun et al. 2021).</i>
Sistemas de apoio à decisão para programas de entrega fora do horário habitual (OHD)	<i>O sistema de suporte à decisão ajuda a planejar e gerenciar esses programas, considerando fatores como rotas, horários de entrega, demanda sazonal e outras variáveis relevantes para otimizar a logística de entrega fora do horário convencional (Castrellón-Torres et al., 2018).</i>
Sistemas de micromobilidade elétrica	<i>Sistemas de micromobilidade elétrica, como as e-bikes e as e-scooters, tanto a nível individual como de serviço compartilhado, representam opções de mobilidade sustentável para a logística urbana, especialmente para classes específicas de entrega de encomendas, características dos utilizadores e distâncias percorridas (Castiglione et al., 2022)</i>
Smart Parcel Lockers (SPLs) - (Armários Inteligentes)	<i>Sistemas automatizados de armazenamento e entrega de pacotes. Esses armários são equipados com tecnologia de comunicação, como conexão à internet e sensores, permitindo que sejam controlados remotamente e ofereçam uma variedade de recursos inteligentes (Ding et al., 2023).</i>

A revisão sistemática da literatura foi conduzida com o objetivo de incluir estudos publicados sobre tecnologias utilizadas para coleta de dados em ambientes urbanos, capazes de subsidiar decisões do poder público para melhorar os desafios da logística urbana nas cidades. Também foi considerado pertinente identificar sistemas de gestão que utilizem esses dados para a tomada de decisões nessa mesma área.

A leitura dos 87 artigos e a busca pelas tecnologias mais estudadas nesse contexto mostraram que existem muitas iniciativas tecnológicas e plataformas sendo implementadas, tanto pelo poder público quanto pelos operadores logísticos. É importante ressaltar que a grande maioria das tecnologias mencionadas era de uso direto dos operadores logísticos, que têm interesses particulares na aplicação delas. Além disso, boa parte dessas tecnologias é melhor empregadas em cidades inteligentes, que possuem uma plataforma integrada que abarca as funcionalidades de uma forma mais proveitosa.

Embora a pesquisa inicial tenha identificado 1.039 documentos e a análise detalhada tenha sido realizada com base em 87, apenas 07 estudos referiram-se diretamente a tecnologias utilizadas pelo poder público, que têm a capacidade de apoiar as autoridades na melhoria dos problemas enfrentados na logística urbana. Isso, conseqüentemente, auxilia na melhoria da mobilidade urbana, da qualidade de vida dos cidadãos, do meio ambiente, entre outros. A Tabela 4 analisa as principais tecnologias utilizadas pelo poder público, destacando sua finalidade na coleta e/ou gestão de dados, os tipos de dados que podem ser coletados ou gerenciados, e como essas tecnologias podem ajudar a monitorar e/ou resolver problemas específicos.

Tabela 4 – Tecnologias e problemas de LU
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tecnologias	Finalidade	Tipos de dados coletados/geridos	Natureza do problema a ser monitorado
Câmeras/Sensores	Coleta de dados	Imagens, vídeos, dados ambientais, movimento, etc.	Segurança viária, trânsito e direção, congestionamento, problemas de habitabilidade, barulho, poluição, ineficiências sistemáticas.
GPS (Sistema de Posicionamento Global)	Coleta de dados	Localização geográfica, velocidade, altitude, tempo, etc.	Roteamento, escolha de modo, veículo, segurança, ineficiências sistemáticas.
SIG (Sistema de Informação Geográfica)	Coleta e Gestão de dados	Dados geoespaciais, mapas, informações topográficas, etc. Permite sua análise, organização e visualização, facilitando a gestão e tomada de decisões relacionadas ao espaço geográfico e seus elementos.	Demanda/Uso do Solo, nível de rede, expansão logística, segurança.

Em cidades que não possuem essa característica, nem grandes investimentos em infraestrutura tecnológica, não se tem esse uso ou investimento como rotina. Por outro lado,

essas cidades podem possuir alternativas já implementadas, como sensores e câmeras instaladas, principalmente para questões de segurança, mas que poderiam ser utilizadas para coletar dados de tráfego via imagens. Esses dados poderiam subsidiar decisões como o monitoramento de tráfego, a gestão de vagas de estacionamento e a melhoria do transporte público, entre outras.

Ressalta-se também que, para melhorar a logística urbana das cidades, é importante que o poder público e os operadores logísticos trabalhem em conjunto na utilização dessas tecnologias. A colaboração entre ambos pode promover o compartilhamento de dados e recursos, permitindo uma abordagem mais integrada e eficiente. Por exemplo, os operadores logísticos podem fornecer informações em tempo real sobre o fluxo de veículos e a ocupação de vagas de estacionamento, enquanto o poder público pode utilizar esses dados para planejar melhor as rotas de transporte público e implementar políticas de gestão de tráfego. Essa sinergia pode resultar em uma logística urbana mais sustentável, reduzindo congestionamentos, melhorando a mobilidade urbana e promovendo uma melhor qualidade de vida para os cidadãos.

4 DESAFIOS E TECNOLOGIAS APLICADAS À LOGÍSTICA URBANA

Este capítulo aborda os principais desafios de logística urbana enfrentado pelas cidades, e as tecnologias identificadas na RSL do capítulo anterior, com capacidade de coletar e gerenciar dados relacionados à logística urbana. Ele oferece um aprofundamento no conceito dessas tecnologias, destacando sua contribuição para subsidiar as decisões do poder público na melhoria da logística urbana frente aos desafios mais comuns apontados pela literatura.

Com relação aos desafios enfrentados nas cidades, o congestionamento do tráfego em áreas urbanas ocorre frequentemente em regiões de intenso desenvolvimento econômico. Os gestores de sistemas de transporte enfrentam dificuldades na implementação eficaz de regras de conduta, que dependem da situação do tráfego e da identificação adequada dos problemas (Kumarage, 2018).

A logística urbana enfrenta uma série de desafios que afetam a eficiência das operações de transporte, especialmente nas áreas centrais das cidades. Entre os principais problemas discutidos por Giuliano *et al.* (2013) estão a ineficiência nas entregas de última milha, o congestionamento causado pelo tráfego de veículos de carga, e os impactos ambientais decorrentes do uso intenso de veículos movidos a combustíveis fósseis. Esses desafios estão interligados e, muitas vezes, a solução para um problema implica na melhoria de outros.

Kawamura e Lu (2007) destacam, por sua vez, que a distribuição de mercadorias em áreas urbanas é ineficiente devido à dispersão geográfica das entregas, à competição no setor de transporte e à falta de consolidação das mercadorias. Esse cenário cria um ambiente onde o número de veículos nas ruas aumenta, exacerbando os problemas de congestionamento e emissões de poluentes veiculares.

Com base nos estudos de Giuliano (2013), Holguín-Veras *et al.* (2015) e Marcucci *et al.* (2023) os principais desafios enfrentados pelas cidades em termos de logística urbana incluem questões relacionadas ao congestionamento, à ineficiência nas entregas de última milha, à falta de infraestrutura adequada e aos impactos ambientais causados pelas operações de transporte de mercadorias. Esses autores apontam que a integração de tecnologias para coleta e gestão de dados é essencial para mitigar esses problemas, promovendo uma movimentação de mercadorias mais eficiente e sustentável em áreas urbanas. Nesse contexto, os autores citam:

- **Uso do Solo e Infraestrutura:** a infraestrutura urbana é frequentemente inadequada para suportar a demanda crescente por transporte de mercadorias. Isso se deve, em parte, à falta de planejamento integrado entre a logística e o uso do solo. Muitas cidades não

possuem áreas suficientes dedicadas ao armazenamento temporário e ao manuseio de mercadorias. Giuliano *et al.* (2013) sugerem que, sem uma integração eficaz entre o uso do solo e as operações logísticas, os congestionamentos e ineficiências logísticas tendem a piorar. Além disso, a insuficiência de áreas específicas para carga e descarga de veículos é um problema recorrente nas regiões centrais das cidades;

- **Estacionamento:** um dos principais problemas enfrentados pelas cidades em termos de logística urbana é a falta de áreas adequadas para o estacionamento de veículos de carga. A ausência de zonas de carga e descarga leva ao estacionamento irregular, o que agrava o congestionamento urbano. Muitas vezes, os caminhões estacionam em locais proibidos, obstruindo o tráfego e causando maiores atrasos.
- **Circulação e Congestionamento Urbano:** o aumento do número de veículos de carga em áreas urbanas contribui significativamente para o congestionamento. Esse problema é agravado pela falta de zonas adequadas para carga e descarga, o que obriga os caminhões a estacionarem de forma irregular, gerando interrupções no fluxo de tráfego. Além disso, as rotas de circulação para veículos de carga em áreas urbanas são frequentemente limitadas por restrições de tamanho e peso, o que dificulta ainda mais a fluidez do tráfego.
- **Impacto Ambiental:** a poluição gerada pelos veículos de carga é um dos maiores problemas ambientais em áreas urbanas. Caminhões e vans que utilizam combustíveis fósseis emitem gases de efeito estufa e outros poluentes, piorando a qualidade do ar e contribuindo para as mudanças climáticas.

A disponibilidade de informações é fundamental para o planejamento dos transportes e a resolução desses desafios. Nas últimas décadas, observa-se a utilização de soluções técnicas para adquirir os dados necessários ao planejamento de transportes por meio de diversos dispositivos independentes. Muitos parâmetros de tráfego, como fluxo, velocidade dos veículos, capacidade, densidade, segurança e disponibilidade de infraestrutura, devem ser considerados para coletar informações sobre a situação atual do tráfego. Todos esses fatores são essenciais para um planejamento de transporte eficaz e uma gestão eficiente do espaço urbano (Kumarage, 2018).

A grande concentração de edificações e construções nos centros urbanos, junto com as atividades comerciais e recreativas, resultam em fluxos de tráfego intensos nessas áreas. Como consequência, a destinação de parte da faixa de rodagem para estacionamento ao longo das ruas intensifica o fenômeno de congestionamento. Isso ocorre porque a falta de espaços adequados

para carga e descarga leva os motoristas a ocuparem a faixa da direita, reduzindo drasticamente a capacidade viária e aumentando o risco de acidentes (Kujawisk e Nurnberng, 2023).

Segundo Iwan *et al.* (2021), a criação de locais específicos para descarga deve ser considerada uma medida eficiente e ambientalmente amigável que apoia os sistemas de distribuição urbana.

Segundo Kujawisk e Nurnberng (2023), os veículos de carga estacionados diretamente nas ruas durante as atividades de descarga aumentam significativamente o congestionamento. Em quase todas as cidades de médio e grande porte, há escassez de espaço, o que leva as autoridades municipais a adotarem medidas para limitar a intensidade dos fluxos de tráfego. Esses métodos incluem:

1. **Restrição de entrada no centro da cidade:** implementação de sistemas de pedágios, a limitação temporária de acessibilidade (como prazos específicos para entregas) ou restrição do tipo de veículos permitidos (como zonas de transporte limpas).
2. **Limitação do tempo de permanência no centro:** Estabelecimento de zonas de estacionamento pagas.

Esta última solução é comumente utilizada para forçar a rotatividade de veículos nos limitados estacionamentos de superfície, devido à insuficiência de espaço. As autoridades municipais estão tentando ajustar as tarifas de estacionamento para que os motoristas deixem seus veículos pelo menor tempo possível. Segundo os autores, a chave é determinar os parâmetros de utilização da infraestrutura rodoviária, tais como:

- Grau de rotatividade;
- Grau de utilização do parque de estacionamento (lotação);
- Frequência de ocupação das faixas rodoviárias.

As iniciativas do *City Logistics* são apontadas como estratégias para enfrentar os desafios da logística urbana, como os citados anteriormente. Holguín-Veras *et al.* (2015) destacam algumas das principais iniciativas, que incluem:

- **Gerenciamento de Infraestrutura e Uso do Solo:** essa iniciativa envolve a integração do planejamento de transporte com o uso do solo para garantir que a infraestrutura existente suporte adequadamente o fluxo de mercadorias em áreas urbanas. Isso pode incluir o desenvolvimento de centros de consolidação urbana e a alocação de áreas específicas para carga e descarga de mercadorias.

- **Gerenciamento de Tráfego:** a implementação de sistemas avançados de gerenciamento de tráfego, como semáforos inteligentes e monitoramento em tempo real, ajuda a otimizar as rotas dos veículos de carga, diminuindo congestionamentos e reduzindo o tempo de viagem.
- **Preços, Incentivos e Tributação:** políticas de precificação e incentivos, como zonas de baixa emissão de poluentes e tarifas de congestionamento, incentivam o uso de veículos mais limpos e a distribuição fora dos horários de pico, o que contribui para uma logística mais eficiente e sustentável.
- **Engajamento das Partes Interessadas:** a colaboração entre autoridades públicas, operadores logísticos e outras partes interessadas é crucial para o sucesso de qualquer estratégia de *City Logistics*. Através de fóruns de discussão e consulta, é possível alinhar as necessidades dos diferentes *stakeholders* e implementar soluções que beneficiem a todos.
- **Gerenciamento de Áreas de Estacionamento:** a falta de áreas dedicadas para o estacionamento de veículos de carga é um problema comum em áreas urbanas. A criação de zonas de carga e descarga específicas, aliada ao monitoramento por sensores e câmeras, pode ajudar a reduzir o estacionamento irregular e melhorar a fluidez do tráfego.
- **Estratégias Relacionadas a Veículos:** incentivar o uso de veículos mais eficientes, como vans elétricas ou híbridas, pode reduzir tanto o impacto ambiental quanto os custos operacionais. Além disso, a adoção de novas tecnologias, como drones e veículos autônomos, pode revolucionar as entregas urbanas, principalmente em áreas de difícil acesso.

As iniciativas buscam o uso de tecnologias como parte de sua eficácia. Nesse contexto, as tecnologias encontradas na RSL contribuem para a superação desses desafios, em combinação com as iniciativas do *City Logistics*. Neste capítulo foram detalhadas algumas tecnologias, a saber: câmeras e sensores, GPS e SIG.

4.1 Câmeras e Sensores

Os recentes avanços nas tecnologias de informação e comunicação permitem coletar novos dados que capturam de forma contínua a dinâmica espaço-temporal do tráfego. A utilização adequada desses dados melhorará a compreensão científica das condições de tráfego. Os dados

completos da trajetória de veículos, obtidos por câmeras fixas e tecnologia de reconhecimento de imagem, representam dados experimentais valiosos. Esses dados capturam de maneira contínua e completa a dinâmica espaço-temporal do tráfego em trechos específicos de ruas e rodovias onde as câmeras foram instaladas (Seo *et al.*, 2018).

De acordo com Vickerman (2021, p. 418, cap. 2), as câmeras de vídeo podem ser integradas com *software* de detecção de imagem para oferecer monitoramento em tempo real das condições de tráfego. Exemplos dos tipos de dados que podem ser coletados incluem:

- Tempos de viagem ao longo de corredores ou segmentos rodoviários selecionados;
- Densidade ou velocidade do tráfego de veículos, útil para mapas de congestionamento;
- Informações meteorológicas, como presença de neblina ou neve;
- Localização e gravidade de incidentes, obras ou fechamentos de estradas;
- Disponibilidade e localização de vagas de estacionamento.

Embora alguns desses dados normalmente exijam entrada manual, como localizações e fechamentos de zonas de trabalho, isso é feito na medida do possível. De acordo com Michael *et al.* (2016) tecnologias que utilizam a aquisição de dados baseadas em vídeo apresentam vantagens potenciais com a relação ao fornecimento de dados confiáveis para a gestão das situações mencionadas acima. Existem alguns tipos de tecnologias mais utilizadas, como:

- a) **Webcam de trânsito:** tecnologia de baixa resolução para fornecer uma visão geral rápida do estado atual do trânsito para um espectador humano. Essas câmeras podem ser usadas em áreas urbanas ou rodovias. Muitas vezes, os dados de transmissão ao vivo estão disponíveis para qualquer pessoa, uma vez que a baixa resolução não permite a identificação de veículos individuais por placas. A principal intenção desta escolha é a necessidade de ter o menor número possível de câmeras para cobrir uma grande rede de tráfego e limitar os custos operacionais. O grande espaço entre a câmera e a área de observação causa maior dependência de condições ambientais inadequadas.
- b) **Câmeras de vigilância de trânsito:** tecnologia com resolução de alta qualidade, permitindo observação de trânsito em tempo real com detalhes suficientes para que um observador obtenha uma visão geral rápida e confiável da cena em caso de incidentes de trânsito. Essas câmeras são amplamente utilizadas em áreas críticas, como túneis ou

pontes, onde uma área limitada deve ser observada.

Câmeras de alta precisão: resolução muito alta por veículo para identificar detalhes de um único veículo, combinada com altas taxas de quadros para não perder um veículo. Essas câmeras podem ter resolução extremamente alta para cobrir alguma área da rua, mas muitas vezes reduzem o campo de visão para limitar a complexidade do processamento e informações redundantes, portanto, é necessária uma câmera por faixa e por estação. Portanto, não pode ser assumida nenhuma cobertura rodoviária densa destas tecnologias. Limitar o campo de visão pode ser uma vantagem relevante para controlar os efeitos ambientais, por exemplo, através da utilização de fontes de luz artificial à noite. A Figura 4 apresenta um panorama detalhado do funcionamento de cada câmera.



Figura 5 - Comparação entre diferentes tipos de câmeras de monitoramento de trânsito
Fonte: Michael *et al.* (2016)

Em relação às aplicações dessas tecnologias, Michael *et al.* (2016) analisam uma visão geral da aplicabilidade e eficiência na implementação de diferentes aplicações dessas tecnologias em dois grupos, sendo:

Grupo 1 - Análise de Tráfego: aquisição e análise *offline* de dados de tráfego, a fim de fornecer informações valiosas para o planejamento de novas estradas, para aumentar a capacidade da infraestrutura já utilizada e para aumentar a segurança dos usuários das estradas através da rápida detecção de incidentes. Nesse grupo os autores distinguem 3 aplicações:

1. **Deteção Automática de Incidentes:** foca especificamente a segurança dos usuários das estradas. O objetivo desta solução tecnológica é a deteção automática de situações de trânsito perigosas, como a presença de um veículo em sentido contrário, em movimento lento ou parado. Essa aplicação se baseia na análise de todo o cenário onde

o fluxo de tráfego pode ser observado, em vez de na análise detalhada das características individuais do veículo, tais como matrículas. Alguns dos algoritmos utilizados baseiam-se na detecção e rastreamento de veículos individuais e usam técnicas como detecção e rastreamento baseados em modelo, região, contorno e características dos objetos analisados. Outros utilizam a observação do movimento na cena para medir a velocidade média do tráfego e analisar a mudança ao longo do tempo para detectar anomalias (Fishbainet *al.*, 2009).

2. **Contagem do Tráfego:** Para poder planejar e gerir eficazmente a infraestrutura rodoviária, é necessária uma grande quantidade de dados de tráfego. Atualmente existem vários métodos diferentes para recolher estes dados, mas em geral todos são soluções móveis e flexíveis devido ao fato de os locais considerados apenas necessitarem de ser analisados durante um curto período. Assim, as técnicas utilizadas para aquisição de dados incluem equipamentos de radar móvel, medição de dados de veículos flutuantes e até contagem manual (Minge, *et al.*, 2010).
3. **Reconhecimento Estatal:** esta aplicação pode ser coberta pela contagem de tráfego com uma etapa adicional de classificação dos parâmetros em grupos de estado de tráfego, como congestionamento, tráfego lento e tráfego denso. Como esta classificação geralmente não depende da contagem exata de veículos e da medição da velocidade, outros métodos estão a ser desenvolvidos para utilizar informações menos detalhadas sobre veículos individuais para classificar estados de forma robusta. Uma abordagem possível é descrita em Li, *et al.* (2013) onde foram utilizados métodos de fluxo óptico e diferenciação de quadros para escolher um entre três estados de tráfego, usando câmeras de vigilância por vídeo que mostram baixa qualidade de vídeo e cobrem uma cena grande, de modo que é difícil extrair dados de alta resolução do veículo.

Grupo 2 – Gestão do Tráfego: Além de coletar dados de tráfego para análise *offline* e decisões de gerenciamento pós-medição, muitas das aplicações atuais são sistemas *online* usados para tomar decisões rápidas. Nesse grupo também se destacam 2 aplicações no contexto da logística urbana:

1. **Sistemas de sensores de circuito fechado:** outra forma eficiente de utilizar sistemas de sensores de vídeo é o uso *online* de dados de sensores. Um exemplo dessas soluções são os semáforos adaptativos, que não operam apenas com base em fases pré-programadas, mas também reagem a parâmetros como a presença de veículos, seu número e o tempo

que os veículos ficam parados no cruzamento. Basavaraju (2014) menciona sensores de imagem para detecção de tráfego. Rachmadi *et al.* (2011) também apresentam o desenvolvimento e utilização de tais sistemas, onde o principal parâmetro utilizado para a adaptação do sinal é o número de veículos presentes no tráfego. Nessa aplicação, os semáforos podem ajustar seus ciclos em tempo real para otimizar o fluxo de tráfego e reduzir o congestionamento.

2. **Controle de acesso:** este sistema ajuda a superar o trabalho manual ao controlar não apenas a autorização de estacionamento reservado, mas também ao monitorar danos a veículos e facilitar a recuperação de veículos em situações de emergência ou violação de normas. Além disso, permite a gestão mais eficiente de espaços de estacionamento, otimizando sua utilização e garantindo maior segurança para os usuários. Esses sistemas podem integrar tecnologias como reconhecimento de placas de veículos e sensores de presença, garantindo um controle rigoroso e eficaz sobre o acesso aos espaços de estacionamento designados.

Nesse contexto, a tabela 5 fornece informações sobre a escolha da solução técnica ideal em uma determinada aplicação.

Tabela 5 – Usabilidade dos tipos de câmera
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tecnologias	Análise de Tráfego			Gestão de Tráfego	
	Detecção de Acidentes	Contagem de Tráfego	Reconhecimento Estatal	Sistemas de Controle de Circuito fechado	Controle de acesso
Webcam de Trânsito	-	--	++	-	--
Câmeras de Vigilância de Trânsito	++	++	+	++	-
Câmeras de Alta Precisão	-	+	+	+	++

Como pode ser observado na Tabela 5, diferentes tecnologias são mais ou menos adequadas para diferentes tarefas. A matriz inclui uma avaliação da usabilidade dos grupos tecnológicos já definidos em diferentes *clusters* de aplicações, através de uma escala composta por quatro graus de classificação, sendo: “-” “incapacidade parcial de resolver determinada

tarefa, quanto “--” uma incapacidade total para resolução da tarefa com técnicas específicas incluídas no grupo de tecnologia. Por outro lado, as entradas compostas por “+” são soluções possíveis para tal tarefa e “++” apontam para uma capacidade alta e eficiente de resolver a tarefa dada.

Ainda em relação às aplicações e tarefas que essas tecnologias podem realizar, há um grande potencial na utilização disseminada de câmeras *web* já empregadas para transmissão de vídeo. Em muitos países, o desenvolvimento de soluções de *software* que aproveitem câmeras de trânsito já existentes pode gerar uma vasta quantidade de dados de tráfego ainda não explorados. Tecnologias baseadas em vídeo devem ser implementadas em ambientes dinâmicos, como locais de construção de estradas e zonas de trabalho para proporcionar uma visualização detalhada do tráfego. Através de sistemas de detecção e rastreamento automático de veículos, dados microscópicos de tráfego podem ser capturados e visualizados em tempo real, tornando o trabalho dos operadores mais eficiente e menos cansativo (Michael *et al.*, 2016).

Outra tecnologia que auxilia o poder público a gerir as demandas relacionadas a logística urbana são os sensores. Existe uma ampla gama de tecnologias de sensores disponíveis para detecção de veículos, mas no contexto da coleta de dados, os de imagem e vídeo exercem uma função mais efetiva (Basavaraju, Ashwini *et al.*, 2014).

As medições de variáveis de tráfego em locais e horários específicos possibilitam a inferência de variáveis de interesse, como vazão, velocidade e densidade, em resoluções espaciais e temporais adequadas. Essa abordagem é conhecida como *Traffic State Estimation* (TSE) (Seo *et al.*, 2017). Para alcançar esse objetivo, diversos tipos de sensores são empregados, incluindo detectores de *loop*, radares, sensores de vídeo e magnetômetros. Esses dispositivos permitem a coleta de dados essenciais para a estimativa precisa do estado do tráfego, proporcionando subsídios para análises e tomadas de decisão mais informadas no planejamento e gestão de sistemas de transporte. Assim, com base em uma quantidade limitada de medições disponíveis (ou seja, dados provenientes de detectores de tráfego), os algoritmos de estimativa devem ser capazes de fornecer uma visão abrangente dos estados de tráfego da rede. Os resultados do *Traffic State Estimation* (TSE) possuem um amplo espectro de aplicações, incluindo roteamento dinâmico, detecção de incidentes e operação de sistemas de sinais de trânsito inteligentes. Além disso, as estimativas do estado da rede podem ser utilizadas para derivar o chamado Diagrama Macroscópico Fundamental (MFD) (Geroliminis e Daganzo, 2008, 2007; Zockaie *et al.*, 2018), uma ferramenta que relaciona variáveis agregadas de tráfego,

como densidade, vazão e velocidade média, auxiliando na compreensão e gestão do desempenho de redes de transporte.

A vigilância por vídeo para monitorar o tráfego e detectar incidentes e pontos de acesso é amplamente utilizada, combinando processamento de imagem com detecção de vídeo e comunicação de dados. Esses sistemas funcionam de maneira semelhante às câmeras de vigilância e podem ser implementados como sistemas embarcados que capturam fluxos de vídeo, calculam parâmetros de tráfego de alto nível e transferem esses dados para uma estação base. Os parâmetros de tráfego incluem taxa de fluxo de veículos, velocidade média, detecção de obstáculos e paradas. Sensores de vídeo frequentemente incorporam processadores de imagem para analisar as imagens e vídeos capturados. Um processador de imagem de vídeo combina *hardware* e *software* para extrair informações específicas dos dados fornecidos por sensores de imagem/vídeo, que podem ser câmeras de TV convencionais ou câmeras infravermelhas. Esses sistemas são capazes de detectar velocidade, contagem, ocupação e presença, proporcionando uma ampla gama de informações de tráfego, incluindo classificação de veículos e detecção de incidentes (Basavaraju, Ashwini *et al.*, 2014).

As vantagens dos sensores de vídeo incluem sua montagem acima da estrada, permitindo uma visão ampla e sem interferência direta com o tráfego. A flexibilidade na colocação das zonas de detecção de veículos pelo operador e a capacidade de programar o formato dessas zonas para aplicações específicas são benefícios significativos. Além disso, esses sistemas podem ser utilizados para rastrear veículos ao longo do tempo, fornecendo dados valiosos para análise de tráfego e segurança (Basavaraju, Ashwini *et al.*, 2014).

No entanto, existem desafios a serem superados, como artefatos de detecção provocados por sombras, reflexos na estrada e variações climáticas. Para mitigar essas desvantagens, é essencial um projeto cuidadoso do *hardware* e algoritmos de *software* que processam as imagens captadas. A calibração adequada e a escolha de tecnologias de processamento avançadas podem melhorar significativamente a precisão e confiabilidade do sistema (Basavaraju, Ashwini *et al.*, 2014).

No contexto da logística urbana, os sensores de vídeo têm sua funcionalidade limitada porque geralmente são instalados em rodovias e zonas de tráfego rápido, onde o foco está na monitorização de grandes áreas de movimento de veículos. Para aplicações mais específicas dentro de áreas urbanas, como gestão de carga, controle de estacionamento ou gestão de zonas de baixa velocidade, podem ser necessárias outras tecnologias complementares que sejam mais adaptáveis às características do ambiente urbano (Basavaraju, Ashwini *et al.*, 2014).

4.2 Sistemas de Posicionamento Global (GPS)

Outra tecnologia que auxilia na coleta de dados para a gestão dos problemas de logística urbana são os Sistemas de Posicionamento Global (GPS), usados para identificar localizações exatas (Viana e Delgado, 2019). O GPS pode coletar dados para viagens de vários dias, incluindo horários de partida e chegada nas origens e destinos, respectivamente, o que registra diretamente as demandas OD (origem-destino) por horário do dia. Os dados agregados de trajetória de GPS são considerados como dados de pesquisa de baixo custo, que podem ser usados para reproduzir os fluxos de viagens OD nas dimensões espaciais e temporais. No entanto, a atenção deve ser dada a dois problemas importantes ao usar dados de GPS, ou seja, os altos erros de medição e as baixas taxas de penetração no mercado (William *et al.*, 2021, p. 516).

Os dados provenientes de sistemas de GPS oferecem uma visão detalhada dos deslocamentos de veículos de carga e das operações de entrega e retirada, possibilitando uma análise minuciosa da logística urbana. Embora estudos de campo baseados em observação também possam proporcionar essas informações, eles frequentemente demandam tempo e recursos significativos, resultando em amostras relativamente pequenas e/ou em frequência limitada. Em contrapartida, as contagens automáticas de tráfego realizadas por meio de circuitos indutivos na malha viária fornecem dados sobre os fluxos de tráfego, segmentados por categorias de comprimento de veículo (Mjosund e Hovi, 2022). Contudo, tais contagens não oferecem informações sobre as atividades específicas e trajetos de veículos individuais, além de não distinguirem entre automóveis de passageiros e vans, bem como entre ônibus, caminhões e veículos leves com reboque. Ademais, as contagens de tráfego são mais prevalentes em autoestradas e vias principais do que nas áreas urbanas centrais, o que implica que os dados carecem de detalhes suficientes para uma compreensão abrangente das atividades de veículos de carga nas zonas urbanas (Mjosund e Hovi, 2022).

À medida que os dados de GPS dos veículos de carga tornam-se progressivamente mais disponíveis para análise e planejamento de transporte, vários estudos têm abordado a questão de como os dados brutos do GPS podem ser convertidos em conjuntos de dados mais aplicáveis para a análise de movimentos e atividades de veículos de carga. Normalmente, os conjuntos de dados brutos de GPS consistem em grandes volumes de dados que incluem, no mínimo, observações conectando um veículo a um conjunto de coordenadas geográficas (por exemplo,

posições de latitude e longitude) e carimbos de data/hora. Para obter *insights*, os dados devem, portanto, passar por um processamento (Yang *et al.*, 2014).

A primeira etapa desse processamento, que envolve a organização cronológica das observações de posição GPS e o cálculo de intervalos de tempo e distância entre observações consecutivas, é bastante simples. A literatura concentra-se, assim, no desenvolvimento de metodologias para a geração de trajetos e identificação de paradas, elementos cruciais tanto para definir o início e o fim dos trajetos quanto para detectar atividades de entrega e coleta de mercadorias (Yang *et al.*, 2014).

O GPS poderá alcançar níveis de precisão ao nível da faixa de rodagem em breve (Goodall *et al.*, 2021). Além disso, uma parcela dos veículos já está conectada, ou seja, é capaz de comunicar dados para sistemas externos. A conectividade veicular pode ser classificada como Veículo a Veículo (V2V) ou Veículo a Infraestrutura (V2I). No contexto deste trabalho, apenas a conectividade V2I foi considerada. Essa conectividade apresenta o potencial de fornecer informações precisas e em tempo real, eliminando a necessidade de investimentos significativos em infraestrutura física e sistemas de monitoramento tradicionais.

Para fins de estimativa de tráfego, o uso dos dados fornecidos por veículos conectados pode melhorar significativamente a precisão das estimativas, além de reduzir a necessidade de sensores fixos (Lu *et al.*, 2014). Em redes urbanas, a utilização de dados de veículos conectados tem sido amplamente investigada em aplicações como a estimativa de condições de tráfego, tempos de viagem e matrizes de viagem origem-destino (Tiaprasert *et al.*, 2015). Estudos específicos demonstram a viabilidade dessa abordagem. Por exemplo, Di *et al.* (2010) realizaram a estimativa da densidade de tráfego em vias arteriais sinalizadas, combinando dados de detectores fixos e sistemas de posicionamento global (GPS). Bhaskar *et al.* (2011) propuseram uma metodologia inovadora que integra gráficos cumulativos e dados de veículos para estimar estatísticas de tempo de viagem em redes urbanas.

Por sua vez, Ramezani e Geroliminis (2012) concentraram-se na estimativa da distribuição de probabilidade do tempo de viagem em rotas arteriais, destacando a importância desses dados para a gestão eficiente de redes urbanas. Esses estudos exemplificam como abordagens híbridas podem fornecer alternativas sobre as dinâmicas do tráfego, permitindo uma tomada de decisão mais informada e eficaz.

4.3 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são usados para registrar informações em mapas. A utilização de ambos os sistemas nas cidades é especialmente importante nas atividades logísticas. Com esses sistemas, produtos e veículos podem ser rastreados em tempo real (Büyüközkan *et al.*, 2022).

A capacidade de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) integrar operações convencionais de banco de dados, como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados, bem como a capacidade de análise geográfica oferecida pelos mapas, é útil para organizar o processo de compreensão da ocorrência, previsão e simulação de eventos espaciais, bem como para o planejamento estratégico da logística urbana (Viana e Delgado, 2019).

A combinação de mapas, cruzando seus atributos e utilizando diversas técnicas de agregação (como inferências prévias, conhecimento teórico do fenômeno, opiniões de especialistas etc.), possibilita a construção de mapas das áreas com potencial para a ocorrência de um determinado processo espacial. Além disso, permite mostrar quais locais ou áreas são adequados para um problema específico ou uso, na forma de um mapa de adequação (Viana e Delgado, 2019).

Malczewski (1999) e Ramos (2007) consideram o SIG uma poderosa ferramenta capaz de integrar o conjunto de rotinas de programação desenvolvidas para representar e manipular grandes quantidades de dados armazenados em bancos de dados, através de coordenadas geográficas, possibilitando assim análises espaciais. Ao se reportar à ferramenta do SIG como tomada de decisão, um dos métodos mais importantes é a análise multicritério (Januzzi, 2009; Lima, 2009).

Um exemplo amplamente utilizado de SIG é o software *ArcGIS*. Esse sistema é usado em várias cidades ao redor do mundo para o mapeamento detalhado de dados logísticos e monitoramento em tempo real. Em um estudo desenvolvido no Equador, o *ArcGIS Network Analyst* foi aplicado para melhorar as rotas de transporte público em Milagro. Através dessa ferramenta, foi possível modelar a rede de transporte, identificando as rotas mais eficientes, reduzindo o tempo de viagem e os custos operacionais, além de minimizar o congestionamento em áreas críticas (Amaguaya e Hernández, 2020).

Os Sistemas de Informação Geográfica também desempenham um papel crítico na análise de expansão urbana. O *software* QGIS (Quantum Geographic Information System) é um software de código aberto para Sistemas de Informação Geográfica (SIG), amplamente

utilizado para visualização, edição e análise de dados espaciais. Por ser um software livre, o QGIS permite que pesquisadores, profissionais e órgãos públicos realizem mapeamentos detalhados sem custos de licenciamento, favorecendo a acessibilidade e a personalização conforme as necessidades do usuário. Ele foi utilizado para mapear a expansão do uso do solo em áreas metropolitanas no México, identificando zonas de risco ambiental devido ao crescimento desordenado. Além disso, ferramentas como o *ArcGIS* têm sido amplamente aplicadas para criar mapas de risco em regiões suscetíveis a desastres naturais, como enchentes e deslizamentos e apoiar o poder público na tomada de decisões estratégicas para a mitigação de impactos e planejamento urbano (Rincon, 2018).

5 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para atingir o objetivo dessa pesquisa, incluindo a classificação, o desenvolvimento, a delimitação da área de estudo, a coleta de dados e a discussão e análise dos resultados.

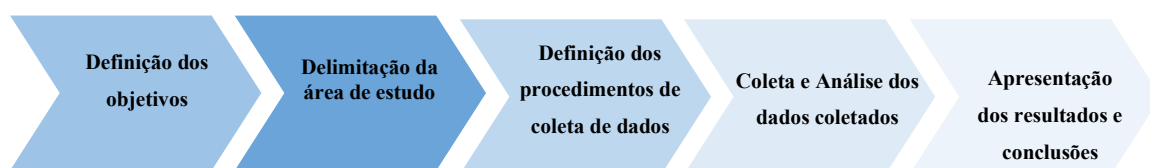
5.1 Classificação e desenvolvimento da pesquisa

A pesquisa é classificada como qualitativa, no qual não há representatividade numérica, mas, sim, o aprofundamento da compreensão de um fenômeno. Portanto, preocupa-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais (Gerhardt; Silveira, 2009), enfatizando na singularidade de um evento em termos de suas origens e razão de ser, e fornecem dados muito significativos e densos (Haguette, 1992; Duarte, 2002).

A pesquisa classifica-se também como descritiva e exploratória, sendo que a pesquisa descritiva, de acordo com Dencker (1998, p.24) “procura descrever fenômenos ou estabelecer relações entre variáveis. Utiliza técnicas padronizadas de coletas de dados como questionário e revisão sistemática”. E segundo Gil (2002), pesquisas exploratórias têm como objetivo “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos”.

Quanto às fases do desenvolvimento da pesquisa, foram definidas seis etapas, conforme apresentado de forma detalhada na Figura 5.

Figura 6 - Etapas do desenvolvimento da pesquisa
Fonte: Elaborado pelo autor



O objetivo geral e específicos foram delineados anteriormente. Os próximos tópicos darão continuidade ao detalhamento das etapas, onde será exposto o procedimento seguido para alcançar esses objetivos, fundamentado nas áreas de estudo.

5.2 Delimitação da área de estudo

Esta pesquisa foi conduzida nos municípios de Itajubá/MG, Poços de Caldas/MG, Santo André/SP, Sorocaba/SP e Salvador/BA. As cidades possuem algumas similaridades, como o fato de serem centros urbanos com importância econômica e estratégica em suas respectivas regiões. Todas abrigam universidades de boa reputação e têm uma forte presença de setores industriais e comerciais, o que reflete a relevância das questões de logística urbana para o seu desenvolvimento. Contudo, a decisão de selecioná-las foi baseada em uma escolha intencional, levando em consideração a diversidade de porte, características urbanas e desafios logísticos distintos, a fim de proporcionar uma compreensão mais abrangente do fenômeno em estudo.

A pesquisa buscou compreender se, independentemente de seu porte (médias, grandes ou metrópoles), as cidades enfrentam problemas de logística urbana semelhantes e se possuem aplicações tecnológicas para mitigar esses desafios parecidas ou distintas, servindo como boas práticas umas para as outras. Isso está em consonância com o objetivo de examinar os desafios compartilhados por diferentes contextos urbanos.

Segundo Creswell (2013), na pesquisa qualitativa, "os pesquisadores selecionam intencionalmente casos que podem oferecer uma compreensão profunda do fenômeno em estudo, permitindo que as particularidades de diferentes contextos sejam exploradas, a fim de entender melhor o problema de pesquisa" (p. 157). Embora, em geral, a seleção de casos na pesquisa qualitativa seja orientada por critérios específicos, no caso deste estudo, a escolha das cidades não seguiu um critério pré-estabelecido ou planejado de forma rígida. Em vez disso, a seleção foi realizada com base na acessibilidade nos contatos e na disponibilidade para a realização das entrevistas, considerando uma amostra diversificada que permitisse explorar diferentes contextos urbanos.

Segundo Patton (2015), em pesquisas qualitativas, é comum que a seleção de casos seja realizada de maneira mais flexível, sem a necessidade de um plano rigoroso, desde que os casos escolhidos ofereçam potencial para fornecer informações significativas sobre o fenômeno estudado. Dessa forma, as cidades selecionadas permitiram uma compreensão mais rica e

diversificada das questões de logística urbana em diferentes escalas, sem a necessidade de um critério prévio fixo, mas respeitando a intenção de explorar a diversidade de contextos.

Além disso, a escolha dessas cidades reflete o entendimento de que "a seleção de casos é motivada pela necessidade de revelar nuances do fenômeno central" (Creswell, 2013, p. 159), que, neste caso, é a presença de problemas de logística urbana, como congestionamento, infraestrutura inadequada e falta de planejamento integrado, comuns em diversos municípios independentemente do tamanho e identificar o uso de tecnologias para mitigar esses desafios.

Os objetos de estudo estão serão detalhados na sequência para que seja possível reconhecer as particularidades de cada cidade.

5.3 Procedimentos de Coleta e Análise de Dados

Foram estabelecidos objetivos específicos e o procedimento de coleta e análise de dados para alcançar cada um deles e, conseqüentemente, o objetivo geral dessa pesquisa, conforme ilustrado na figura 7.

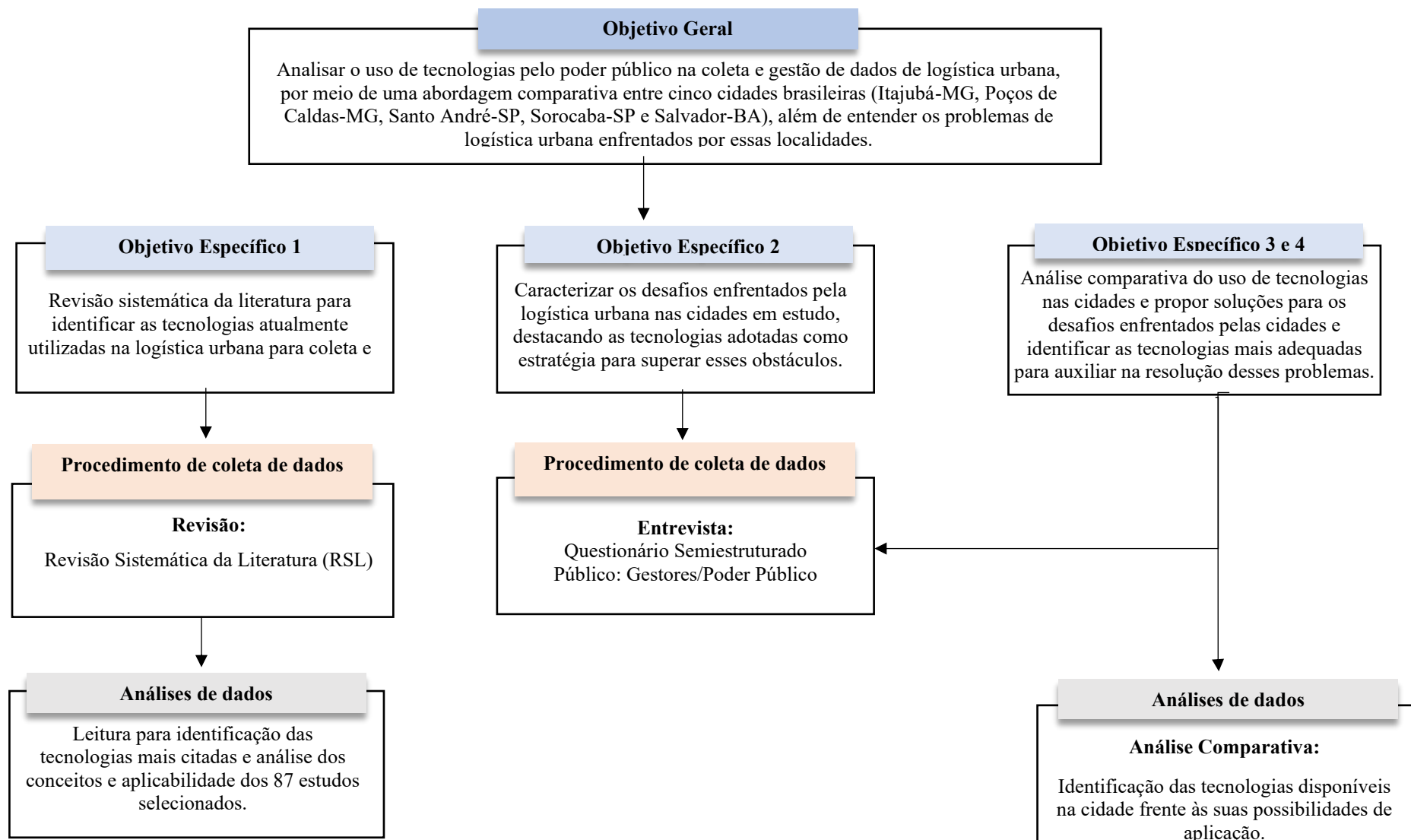


Figura 7 - Etapas para atingir os objetivos da pesquisa
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Para atingir os objetivos específicos 1 e 2, utilizou-se de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), conforme abordado de forma mais detalhada no capítulo 3.

Para atingir o objetivo 3 foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com profissionais que atuam no setor público da cidade de Itajubá, Poços de Caldas, Santo André, Sorocaba e Salvador, com um foco específico nas secretarias responsáveis pelo transporte e logística urbana. A escolha da entrevista semiestruturada se alinha aos objetivos da pesquisa, permitindo uma estrutura flexível, como recomendado por Trivinos (1987, p. 152). Esse tipo de entrevista é caracterizado pela possibilidade de flexibilidade, facilitando o processo de estudo e interpretação.

Segundo Manzini (2004), existem três principais tipos de entrevistas: não estruturada (aberta), estruturada (diretiva ou fechada) e semiestruturada (semidiretiva ou semiaberta). A entrevista semiestruturada foca em um tópico específico para o qual um roteiro de perguntas principais é elaborado. Esse roteiro pode ser complementado por outras questões relevantes que surjam durante a entrevista. A natureza flexível desse tipo de entrevista permite que informações surjam de maneira mais orgânica, sem estar condicionada a um conjunto rígido de alternativas de resposta, conforme destacado por Manzini (2004).

Ao desenvolver o roteiro de entrevista, é essencial considerar cuidados metodológicos desde o planejamento da coleta de informações até as variáveis que podem afetar os dados e análises posteriores. Aspectos a serem avaliados incluem a adequação da linguagem, a compreensão das perguntas pelos entrevistados, a necessidade de ajustar ou expandir o número e sequência das perguntas, bem como garantir que as questões levem à identificação de informações relevantes para a análise do objeto de estudo, conforme recomendado por Manzini (2003).

Para Marconi e Lakatos (2002), a entrevista semiestruturada é uma técnica de coleta de dados, uma conversação continuada entre o entrevistado e o pesquisador e que deve ser guiado por este de acordo com seus objetivos, através de um roteiro de entrevista constando de uma lista de pontos ou tópicos previamente estabelecidos de acordo com a problemática central e que deve ser seguida. A problematização é necessária para que se conheça as potencialidades dos dados a serem obtidos e ao mesmo tempo tendo mecanismos de controle que poderão ser impostos aos elementos que constituem a entrevista (Haguette, 1993).

5.4 Delimitação da área de estudo

Esta pesquisa foi conduzida nos municípios de Itajubá/MG, Poços de Caldas/MG, Santo André/SP, Sorocaba/SP e Salvador/BA. As cidades possuem algumas similaridades, como o fato de serem centros urbanos com importância econômica e estratégica em suas respectivas regiões. Todas abrigam universidades de boa reputação e têm uma forte presença de setores industriais e comerciais, o que reflete a relevância das questões de logística urbana para o seu desenvolvimento. Contudo, a decisão de selecioná-las foi baseada em uma escolha intencional, levando em consideração a diversidade de porte, características urbanas e desafios logísticos distintos, a fim de proporcionar uma compreensão mais abrangente do fenômeno em estudo.

A pesquisa buscou compreender se, independentemente de seu porte (médias, grandes ou metrópoles), as cidades enfrentam problemas de logística urbana semelhantes e se possuem aplicações tecnológicas para mitigar esses desafios parecidas ou distintas, servindo como boas práticas umas para as outras. Isso está em consonância com o objetivo de examinar os desafios compartilhados por diferentes contextos urbanos.

Segundo Creswell (2013), na pesquisa qualitativa, "os pesquisadores selecionam intencionalmente casos que podem oferecer uma compreensão profunda do fenômeno em estudo, permitindo que as particularidades de diferentes contextos sejam exploradas, a fim de entender melhor o problema de pesquisa" (p. 157). Embora, em geral, a seleção de casos na pesquisa qualitativa seja orientada por critérios específicos, no caso deste estudo, a escolha das cidades não seguiu um critério pré-estabelecido ou planejado de forma rígida. Em vez disso, a seleção foi realizada com base nos contatos e na disponibilidade para a realização das entrevistas, considerando uma amostra diversificada que permitisse explorar diferentes contextos urbanos.

Segundo Patton (2015), em pesquisas qualitativas, é comum que a seleção de casos seja realizada de maneira mais flexível, sem a necessidade de um plano rigoroso, desde que os casos escolhidos ofereçam potencial para fornecer informações significativas sobre o fenômeno estudado. Dessa forma, as cidades selecionadas permitiram uma compreensão mais rica e diversificada das questões de logística urbana em diferentes escalas, sem a necessidade de um critério prévio fixo, mas respeitando a intenção de explorar a diversidade de contextos.

Além disso, a escolha dessas cidades reflete o entendimento de que "a seleção de casos é motivada pela necessidade de revelar nuances do fenômeno central" (Creswell, 2013, p. 159),

que, neste caso, é a presença de problemas de logística urbana, como congestionamento, infraestrutura inadequada e falta de planejamento integrado, comuns em diversos municípios independentemente do tamanho e identificar o uso de tecnologias para mitigar esses desafios.

5.4.1 *Itajubá/MG*

Itajubá é uma cidade de médio porte, situada no sul de Minas Gerais. Foi fundada em 1.819, e possui uma área territorial de 294.835 km² e uma população estimada de 93.073 pessoas IBGE (2022). Para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade média é aquela que possui população entre 100 e 499 mil habitantes. Contudo, para Castello Branco (2007), as características definidoras das cidades médias brasileiras são: o tamanho populacional e econômico, o grau de urbanização e a qualidade de vida. Sendo assim, além de Itajubá possuir uma população muito próxima dos 100 mil habitantes, ela é o centro regional da Microrregião de Itajubá, que engloba mais 12 municípios e é uma das 10 Microrregiões pertencentes à Mesorregião do Sul e Sudoeste de Minas.

De acordo com o Censo 2010, o município possui o 4º maior IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) do estado de Minas Gerais (IBGE, 2010). Além disso, Itajubá é o um dos centros urbanos mais importantes da região sul de Minas Gerais, concentra e distribui bens e serviços para os municípios limítrofes, se destacando, principalmente, na indústria, comércio, educação e saúde (Labegalini, Alexandre *et al.* 2020).

A cidade de Itajubá enfrenta desafios de logística urbana semelhantes aos de outras cidades brasileiras, conforme apontado por Flora *et al.* (2019). No entanto, por ser uma cidade de médio porte, esses desafios são agravados pela escassez de estudos e investimentos na área, como destacam Furquim, Vieira e Carvalho (2016). Além disso, os autores afirmam que há uma reduzida literatura a respeito do TUC em cidades que não são grandes metrópoles, mesmo sabendo que também em cidades pequenas e médias a movimentação de cargas vem trazendo dificuldades a esse sistema.

A figura 8 apresenta a localização geográfica de Itajubá ao sul do estado de Minas Gerais.

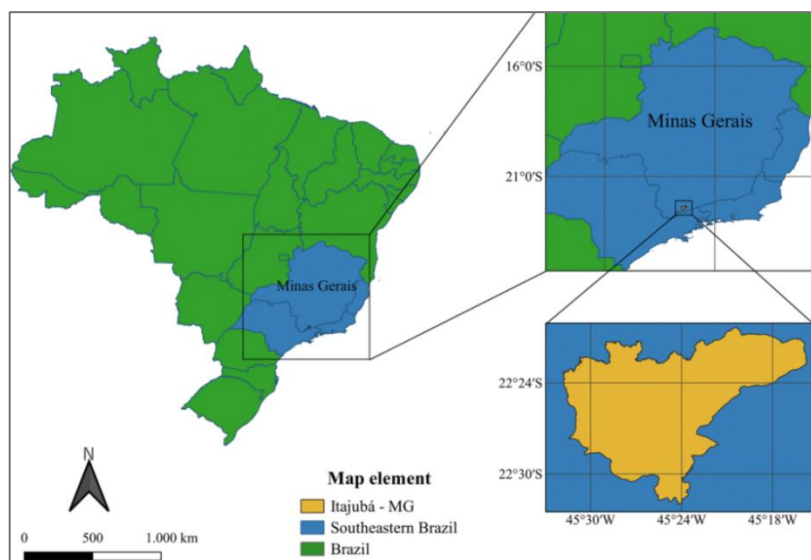


Figura 8 – Localização Geográfica da cidade de Itajubá

Fonte: O Guia de Itajubá

Itajubá é uma cidade com mais de 200 anos de fundação, com vias estreitas, falhas de infraestrutura e um alto número de veículos circulando, principalmente, em suas áreas centrais, onde se concentra o polo comercial e a movimentação de mercadorias dos lojistas. Oliveira *et al.* (2018) argumentam que, devido ao inadequado (ou inexistente) planejamento urbano e de transportes, as cidades brasileiras enfrentam problemas de mobilidade urbana de cargas. Esses problemas são ainda mais relevantes para operadores logísticos e varejistas localizados em regiões de alta demanda.

Com relação ao número de veículos circulando nas ruas, Itajubá possui um total de 52.520, ocupando o 41º lugar no *ranking* do estado conforme apresentado na figura 7 (IBGE, 2022). Esse número equivale a cerca de 50% com relação ao número de habitantes, fator que agrava os desafios referentes à logística urbana da cidade, visto que as mesmas vias receberão também veículos de carga.



Figura 9 – *Ranking* de veículos no estado de Minas Gerais – Destaque Itajubá
 Fonte: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024

No que tange à participação do poder público nas questões relacionadas à logística urbana, vale observar que a cidade não dispõe de uma secretaria exclusivamente dedicada a abordar temas relativos a transportes, desenvolvimento urbano e mobilidade. Entretanto, a Secretaria de Defesa Social (SEMDS) engloba o Departamento de Trânsito, responsável por regulamentar e fiscalizar o tráfego viário, promovendo a segurança e a ordem no sistema de transporte da cidade. Além disso, a Secretaria de Planejamento (SEMUP) abriga o Departamento de Planejamento Urbano, encarregado de elaborar estratégias para o desenvolvimento e ordenamento do espaço urbano, incluindo a infraestrutura viária e a mobilidade urbana (Prefeitura Municipal de Itajubá, 2023).

Em 2023, a prefeitura da cidade, em colaboração com a DAC Engenharia, deu início à implementação do primeiro Plano de Mobilidade Urbana Municipal. Este plano tem como propósito principal planejar o desenvolvimento de uma mobilidade urbana sustentável, visando melhorias significativas no fluxo e na acessibilidade em todo o município (Prefeitura Municipal de Itajubá, 2023).

5.4.2 *Poços de Caldas/MG*

O estudo também foi conduzido na cidade de Poços de Caldas-MG, município localizado no estado de Minas Gerais, situado na região sul do estado a aproximadamente 169 km de Itajubá. Fundada em 1.872, a cidade possui uma área territorial de 546,958 km² e uma população estimada de 163.742 pessoas, conforme dados do IBGE (2022). Poços de Caldas é

uma cidade de médio porte, diversificada e forte em diversos setores. O município tem um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 50.234,29 (2021), refletindo sua relevância econômica regional (IBGE, 2022).

A cidade é conhecida por sua economia turística, devido às suas fontes termais e infraestrutura voltada para o turismo, mas também possui uma presença significativa nos setores industrial e de serviços. Além do turismo, a indústria é um dos pilares econômicos de Poços de Caldas, com destaque para o setor de alimentos, bebidas, produtos químicos, farmacêuticos e metalurgia. A produção de alumínio é particularmente notável, sendo um dos principais produtos industriais da cidade (IBGE, 2010).

A figura 8 apresenta a localização geográfica de Poços de Caldas ao sul do estado de Minas Gerais.

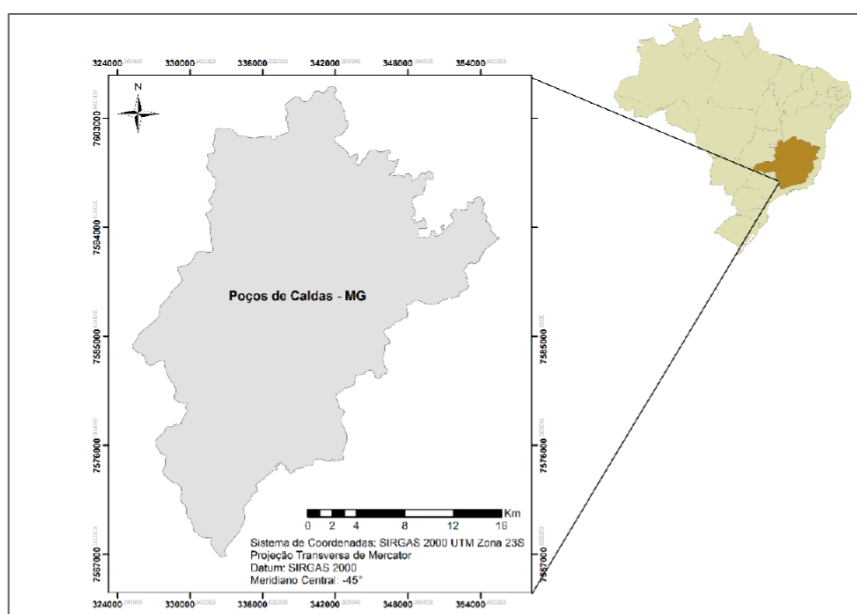


Figura 10 – Localização Geográfica da cidade de Poços de Caldas
Fonte: PlanMob Poços de Caldas, 2024

Poços de Caldas tem mais de 150 anos, possui uma infraestrutura com ruas estreitas em bairros antigos e avenidas mais amplas na região central. Com relação ao número de veículos circulando nas ruas, Poços de Caldas possui um total de 123.425, ocupando o 14º lugar no *ranking* do estado conforme a figura 9 (IBGE, 2022). Esse número equivale a cerca de 73% com relação ao número de habitantes, fator que agrava os desafios referentes à logística urbana da cidade, visto que as mesmas vias receberão também veículos de carga.



Figura 11 – *Ranking* de veículos no estado de Minas Gerais – Destaque Poços de Caldas
 Fonte: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024

De acordo com informações da Secretaria Municipal de Defesa Social, o Poder Público tem um papel importante nas questões relacionadas ao transporte de cargas e à logística urbana. Em Poços de Caldas, a Secretaria de Defesa Social, por meio da Guarda Municipal, do Departamento de Trânsito (Demutran) e da Defesa Civil, promove ações e campanhas nas áreas de segurança e trânsito (Poços de Caldas, 2023).

O Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob) de 2023 destaca várias iniciativas estruturais e tecnológicas que estão sendo adotadas na cidade para melhorar a mobilidade urbana, principalmente em relação ao transporte de cargas e à gestão de veículos de grande porte. Poços de Caldas vem implementando medidas para regular o transporte intraurbano de cargas, incluindo a criação de áreas de estacionamento para veículos de carga no Distrito Industrial e o estudo para implantação de um porto-seco para otimizar o fluxo logístico. Além disso, o município está investindo em tecnologias de gestão de trânsito, como semáforos inteligentes, radares, e o sistema "Muralha Digital", que utiliza câmeras de monitoramento para a gestão do tráfego e segurança viária.

A cidade também implementou um sistema de Zona Azul, que incentiva o uso de vagas de estacionamento rotativo e a redução do uso de veículos particulares nas áreas centrais, visando aumentar a fluidez do trânsito. Esses esforços, juntamente com outras ações planejadas como a ampliação da infraestrutura de calçadas para melhorar a acessibilidade e a promoção de caminhabilidade, reforçam o compromisso de Poços de Caldas com a mobilidade sustentável e

a eficiência logística, especialmente em relação ao transporte de mercadorias e veículos de carga (Plano de Mobilidade Urbana, 2023).

5.4.3 *Santo André/SP*

A Região do Grande ABC é formada pelos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra. Fundada em 1.553, a cidade de Santo André possui uma área territorial de 175,782 km² e uma população estimada de 748.919 habitantes, conforme o último censo de 2022. Considerada uma cidade de grande porte, Santo André integra a Região Metropolitana de São Paulo e se destaca como um importante centro industrial e comercial da região (IBGE, 2022).

Santo André é um município com uma economia diversificada. A cidade destaca-se, principalmente, pelos setores industrial e de serviços, com uma presença significativa na indústria automobilística, metalúrgica, metalomecânica, de móveis, plásticos, artefatos de cimento, cerâmica, alimentos e vestuário. Além disso, Santo André possui uma infraestrutura voltada para o turismo industrial e de inovação, oferecendo aos visitantes a oportunidade de conhecer processos produtivos e de gestão de empresas locais. O programa "Turismo Industrial e de Inovação" permite visitas a diversas empresas da cidade, promovendo a integração entre instituições de ensino e o setor empresarial (Prefeitura de Santo André, 2023).

A figura 10 apresenta a localização geográfica de Santo André na Região do Grande ABC.

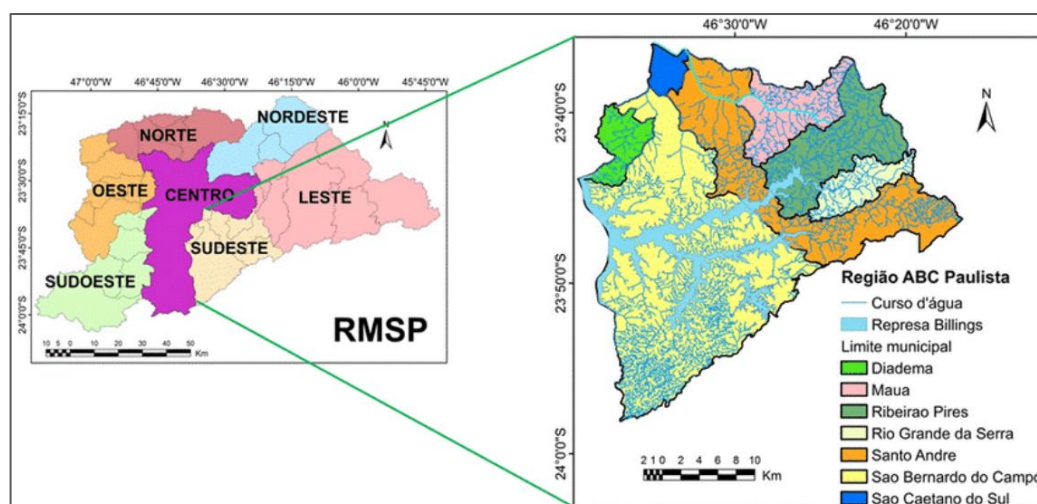


Figura 12 – Localização Geográfica da cidade de Santo André
Fonte: Prefeitura Municipal de Santo André, 2024

Esse dinamismo industrial e comercial de Santo André é impulsionado pela logística regional, onde as mercadorias que abastecem a Região do Grande ABC chegam por dois sentidos principais. O primeiro sentido vem do litoral sul paulista, partindo do Porto de Santos, o maior porto da América do Sul e o mais importante ponto de exportação do país. O segundo sentido vem do interior do Estado de São Paulo, no qual as mercadorias chegam através de rodovias como a Bandeirantes, Anhanguera, Raposo Tavares e Castelo Branco, distribuindo-se pelos grandes complexos viários da cidade de São Paulo, como as Marginais, a Marginal Pinheiros e a Marginal Tietê (Montmorency Silva, 2019).

Os principais acessos para as cargas que partem do Porto de Santos até a região do Grande ABC incluem a Rodovia dos Imigrantes, que acessa os municípios de Diadema e São Bernardo do Campo; o Rodoanel Governador Mário Covas e a Avenida Ayrton Senna da Silva, que dão acesso a Mauá; a Rodovia Anchieta, que leva a São Bernardo do Campo e distribui para Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, através da Índio Tibiriçá; e a Avenida dos Estados, que faz o acesso aos municípios de Santo André e São Caetano (Montmorency Silva, 2019).

Apesar de a região contar com áreas destinadas à carga e descarga, a infraestrutura atual é insuficiente, o que prejudica o sistema urbano de abastecimento. Diante disso, é fundamental aumentar e aperfeiçoar as áreas destinadas às operações de carga e descarga. Além disso, melhorar a fluidez do tráfego na região pode contribuir para a redução da emissão de gases de efeito estufa e poluentes, promovendo um ambiente urbano mais sustentável e eficiente (Montmorency Silva, 2019).

Com relação ao número de veículos (automóveis, caminhões, motocicletas, ônibus etc.) circulando nas ruas, Santo André possui um total de 580.671, ocupando o 6º lugar no *ranking* do estado conforme a figura 11 (IBGE, 2022). Esse número equivale a cerca de 77,53% com relação ao número de habitantes, fator que agrava os desafios referentes à logística urbana da cidade, visto que as mesmas vias receberão também veículos de carga.



Figura 13 – *Ranking* de veículos no estado de São Paulo – Destaque Santo André

Fonte: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024

Santo André possui uma Secretaria de Mobilidade Urbana, que conta com diversos órgãos, como o Departamento de Engenharia de Tráfego, responsável pela Gerência de Planejamento e Projetos de Trânsito, Gerência de Sinalização de Trânsito, Gerência de Controle Semafórico e Tráfego, Gerência de Operação e Fiscalização de Trânsito e Gerência de Educação de Trânsito. Além disso, a cidade conta com o Departamento de Projetos Especiais de Mobilidade, que engloba a Gerência de Obras Viárias, Gerência de Controle e Uso da Via, e a Unidade de Gerenciamento de Programa de Mobilidade Urbana Sustentável de Santo André. A presença de uma secretaria específica para as questões de trânsito e mobilidade é fundamental para o planejamento e a melhoria da infraestrutura urbana e da fluidez do tráfego na cidade (Prefeitura de Santo André, 2023).

5.4.4 ***Sorocaba/SP***

Sorocaba é uma cidade de grande porte, considerada um modelo de desenvolvimento para o Brasil e a América Latina, aliando crescimento econômico, geração de empregos e qualidade de vida para seus moradores. Com uma população de 723.574 habitantes e uma área territorial de 449,872 km² (IBGE, 2022), a cidade figura entre as que apresentam maior crescimento populacional absoluto no país e destaca-se como sede da Região Metropolitana de Sorocaba.

Tanto para moradia quanto para investimentos, Sorocaba possui uma ótima localização geográfica, estando próxima aos principais centros consumidores do Brasil e no eixo de duas

das principais rodovias do Estado de São Paulo: Castello Branco (SP-280) e Raposo Tavares (SP-270). A cidade desponta, ainda, por sua economia diversificada, abrangendo diversos setores, tais como indústria automotiva, metalurgia, logística, serviços, comércio, dentre outros. O município é referência em programas de apoio ao desenvolvimento, com uma política diferenciada de desburocratização e incentivos fiscais, bem como na gestão de recursos públicos (Prefeitura de Sorocaba, 2024). A figura 12 apresenta a localização geográfica de Sorocaba no estado de São Paulo.

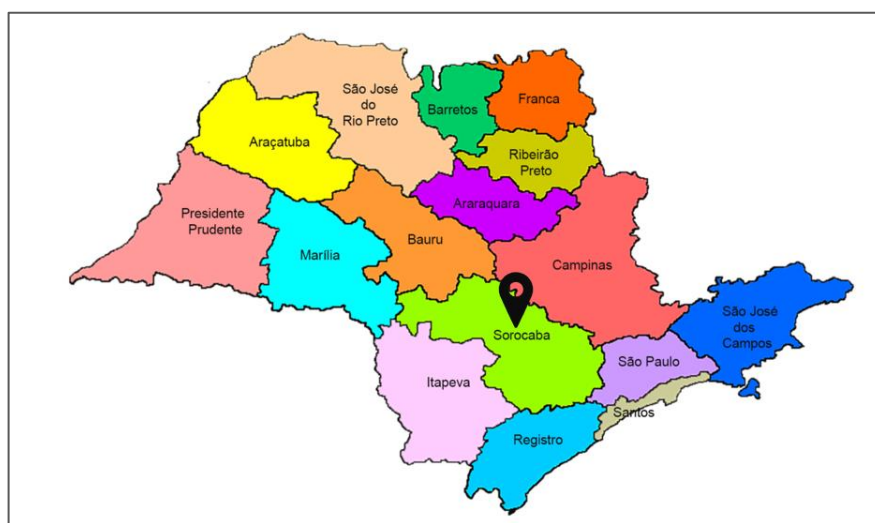


Figura 14 – Localização Geográfica da cidade de Sorocaba
Fonte: Prefeitura Municipal de Sorocaba, 2024

Sorocaba é um importante centro de passagem de carga e, consequentemente, possui elevado tráfego de veículos de carga (Nunes, 2021). Esse fluxo intenso está associado à localização estratégica da cidade, que conecta importantes rodovias estaduais e federais, facilitando o transporte de mercadorias para diferentes regiões do estado de São Paulo e do Brasil. No entanto, essa condição também traz desafios significativos, como a necessidade de melhorias na infraestrutura viária, a gestão de congestionamentos e a mitigação dos impactos ambientais causados pelo transporte de carga, conforme discutido por Furquim *et al.* (2020) em estudos sobre logística urbana.

Com relação ao número de veículos circulando nas ruas, Sorocaba possui um total de 536.548, ocupando o 7º lugar no *ranking* do estado conforme a figura 13 (IBGE, 2022). Esse número equivale a cerca de 74,14% com relação ao número de habitantes, fator que agrava os

desafios referentes à logística urbana da cidade, visto que as mesmas vias receberão também veículos de carga.

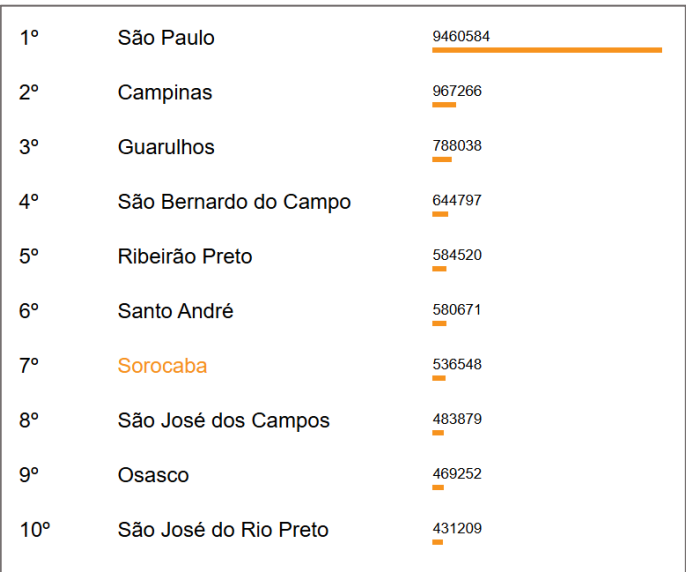


Figura 15 – *Ranking* de veículos no estado de São Paulo – Destaque Sorocaba
Fonte: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024

No que se refere à participação do poder público nas questões de logística urbana, a cidade de Sorocaba conta com uma Secretaria de Mobilidade Urbana (SEMOB), responsável por formular políticas de acessibilidade física e por planejar, coordenar, executar e fiscalizar atividades relacionadas ao transporte urbano e à regulamentação do trânsito. Entre suas atribuições destacam-se a engenharia de tráfego, o controle e a análise de estatísticas de trânsito, além de atividades ligadas à Junta Administrativa de Recursos de Infração (JARI) e à gestão do Fundo Municipal de Trânsito (FUMTRAN). A SEMOB também trabalha de forma articulada com a Empresa de Desenvolvimento Urbano e Social de Sorocaba (URBES), ampliando a eficiência na implementação de medidas voltadas à mobilidade urbana (Prefeitura Sorocaba, 2024).

5.4.5 *Salvador/BA*

O estudo também foi conduzido na cidade de Salvador-BA, capital do estado da Bahia, localizada na região Nordeste do Brasil. Fundada em 1.549, Salvador possui uma área territorial de 693 km² e uma população estimada de 2.417.678 pessoas, conforme dados do IBGE (IBGE, 2022).

Salvador é amplamente reconhecida por sua rica herança cultural e histórica, sendo um dos principais destinos turísticos do país. A economia da cidade é diversificada, com destaque para o setor de serviços, que inclui comércio, educação e saúde, além do turismo, impulsionado por seu patrimônio histórico, praias e eventos culturais, como o Carnaval. A indústria também desempenha um papel significativo, abrangendo segmentos como alimentos, bebidas, petroquímicos, construção civil e eletroeletrônicos (Prefeitura de Salvador, 2024). Apesar de sua importância econômica e cultural, Salvador enfrenta desafios socioeconômicos. Em 2021, o PIB per capita da cidade foi de R\$ 21.706,06, o menor entre as capitais brasileiras, indicando a necessidade de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento econômico e a redução das desigualdades sociais (IBGE 2022). A figura 14 apresenta a localização geográfica de Salvador no estado da Bahia.



Figura 16 – Localização Geográfica da cidade de Salvador
Fonte: Prefeitura Municipal de Salvador, 2024

Salvador possui uma infraestrutura urbana que combina ruas estreitas em bairros históricos com avenidas mais amplas na região central. Com relação ao número de veículos circulando nas ruas, Salvador possui um total de 1.036.885, ocupando o 1º lugar no *ranking* do estado conforme a figura 15 (IBGE, 2022). Esse número equivale a cerca de 42% com relação ao número de habitantes, fator que agrava os desafios referentes à logística urbana da cidade, visto que as mesmas vias receberão também veículos de carga.



Figura 17 – *Ranking* de veículos do estado da Bahia – Destaque Salvador
Fonte: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024

Salvador é uma das poucas cidades no continente que preserva as principais características de um Centro Histórico. Isso é evidenciado pelo seu traçado urbanístico e pelo ambiente construído, que detém um patrimônio histórico e cultural rico, com um acervo arquitetônico colonial tombado (Governo do Estado da Bahia e UNESCO, 2010). O Centro Histórico se distingue por peculiaridades comuns em áreas centrais, como o traçado viário antigo, com ruas e calçadas estreitas, tráfego compartilhado por diversos tipos de veículos, fluxo intenso de pedestres, comércio ambulante e uso misto do solo (Viana, 2019).

Nesse contexto, a participação do poder público em questões relacionadas ao trânsito e ao transporte de cargas é fundamental. A cidade conta com a SEMOB (Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana), que assumiu a gestão da política e operação da mobilidade em Salvador. Isso inclui a supervisão do trânsito, por meio da Superintendência de Trânsito (Transalvador), transporte público, acessibilidade, equipamentos de mobilidade, abrigos de ônibus, estacionamentos públicos, o terminal de travessias Plataforma-Ribeira, o Elevador Lacerda, os Planos Inclinados, entre outras funções essenciais para a mobilidade da cidade (Prefeitura de Salvador, 2024).

Todas as cidades estudadas possuem planos voltados para a mobilidade urbana. Itajubá e Poços de Caldas contam com Plano de Mobilidade Urbana, sendo o de Itajubá ainda recente e em fase de aprimoramento. Santo André possui o Programa de Mobilidade Urbana Sustentável, Sorocaba tem o Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade, e Salvador dispõe do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável. A importância desses planos reside na capacidade de orientar ações e políticas públicas para a melhoria da mobilidade urbana, promovendo a

integração de modais de transporte, a redução dos impactos ambientais e a elevação da qualidade de vida dos habitantes.

5.5 Técnicas de coleta dos dados

Com base em Marcucci, Gatta e Le Pira (2023), Holguín-Veras *et al.* (2015) e Giuliano (2023), o questionário foi estruturado em dois eixos principais: Última Milha e Meio Ambiente. O questionário trouxe uma compilação dos principais segmentos dentro desses eixos, apontados pelos autores como diretrizes essenciais a serem trabalhadas no contexto da Logística Urbana. Além disso, cada segmento foi relacionado a uma iniciativa de *City Logistics*, proporcionando uma conexão direta entre as propostas dos autores e as práticas recomendadas para a melhoria da logística em áreas urbanas, conforme referenciado no capítulo 4 desse trabalho.

Tabela 6 – Estruturação do Questionário
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Eixo: Última Milha	
Segmentos	Iniciativas do City Logistics
1. Uso do Solo e Infraestrutura ➡	Gerenciamento de Infraestrutura e Uso do Solo
2. Tráfego Urbano de Veículos de Carga e Congestionamento ➡	Gerenciamento de Tráfego Preços Incentivos e Tributação Engajamento das Partes Interessadas
3. Estacionamento e Circulação ➡	Gerenciamento de Áreas de Estacionamento Preços Incentivos e Tributação
4. Tecnologias e Programas ➡	Estratégias Relacionadas a veículos Engajamento das Partes Interessadas

Eixo: Meio Ambiente	
Segmentos	Iniciativas do City Logistics
1. Impactos Ambientais/Ruídos/Emissões ➡	Estratégias Relacionadas a veículos Engajamento das Partes Interessadas

O questionário foi aplicado presencialmente na cidade de Itajubá/MG com um representante do poder público. Essa entrevista ocorreu em 29 de abril de 2024, sendo de forma presencial e inicialmente focada em responder ao questionário previamente estruturado pelo *Microsoft Forms* disponibilizado no Apêndice A. No entanto, também foi dada liberdade à pessoa

entrevistada para falar livremente sobre as perguntas direcionadas. Nessa entrevista, a pessoa entrevistada era da Secretaria de Defesa Social, com atuação direta no Departamento de Trânsito. Durante a entrevista, foram sugeridas outras entrevistas: uma com a Guarda Municipal para esclarecer dúvidas sobre a disposição e uso das imagens de trânsito, e outra na Secretaria de Meio Ambiente para abordar questões que não puderam ser respondidas completamente pela Secretaria de Defesa Social, que foram realizadas no mês seguinte.

A segunda entrevista foi realizada com um representante do poder público da cidade de Poços de Caldas/MG, também atuante da Secretaria de Defesa Social, sendo realizada de forma *online* via *Google Meet*, em 04 de setembro de 2024. Assim como em Itajubá/MG, o questionário foi respondido via *Microsoft Forms*, visando posterior análise e comparação das respostas. Além disso, foi concedida liberdade ao entrevistado para discorrer sobre outros assuntos e esclarecer eventuais dúvidas da autora.

A terceira entrevista foi realizada no dia 4 de dezembro de 2024, por meio da plataforma *Google Meet*, com um representante do Poder Público da cidade de Santo André. Durante a entrevista, as perguntas foram abordadas de forma livre, permitindo que o questionário fosse respondido ao longo da conversa.

Já a quarta e a quinta entrevistas não ocorreram de forma *online*. O contato com os representantes de Salvador foi feito no dia 17 de dezembro de 2024, e com os de Sorocaba no dia 10 de janeiro de 2025. Ambos optaram por responder ao questionário por meio do *Microsoft Forms*, esclarecendo eventuais dúvidas da pesquisadora sobre suas respostas em momentos posteriores. O questionário utilizado foi semiestruturado, contendo perguntas abertas, e as dúvidas foram esclarecidas diretamente com os representantes, garantindo a compreensão e a consistência das informações coletadas.

Tabela 7 – Estrutura das Entrevistas
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Cidade	Cargo do entrevistado	Local de Trabalho	Formato da entrevista	Instrumento
Itajubá-MG	Detranit - Secretaria de Defesa Social	Prefeitura Municipal de Itajubá	Presencial	Questionário semi-estruturado
Poços de Caldas	Detran - Secretaria de Defesa Social	Prefeitura Municipal de Poços de Caldas	Online	Questionário semi-estruturado
Santo André	Secretaria de Mobilidade Urbana	Prefeitura Municipal de Santo André	Online	Questionário semi-estruturado
Sorocaba	Diretoria de Transporte Urbano URBES	Prefeitura Municipal de Sorocaba	Online	Questionário semi-estruturado
Salvador	Secretaria Municipal de Mobilidade	Prefeitura Municipal de Salvador	Online	Questionário semi-estruturado

6 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa e as principais discussões. Inicialmente, foi descrito o processo de aplicação do questionário e as principais respostas dos entrevistados, seguido de uma caracterização dos principais problemas relacionados à logística urbana nas cidades pesquisadas e das tecnologias utilizadas pelo poder público para enfrentar esses desafios. Em seguida, realizou-se uma análise comparativa das principais tecnologias implementadas de forma semelhante nas cidades, destacando sua eficácia como solução para os problemas identificados e apontando boas práticas que poderiam ser mutuamente adotadas.

Além disso, foi feita uma análise das tecnologias já empregadas pelas cidades, explorando suas potencialidades que podem não estar sendo plenamente utilizadas em algum dos contextos. Essa análise considerou as contribuições teóricas discutidas no referencial e na revisão sistemática da literatura, sinalizando possíveis melhorias a serem adotadas.

6.1 A cidade de Itajubá/MG

Na cidade de Itajubá/MG, a entrevista foi realizada de forma presencial com um representante do poder público atuante na Secretaria de Defesa Social. Itajubá não possui uma secretaria voltada especificamente para transportes e, dentro da Secretaria de Defesa Social, não há um setor dedicado exclusivamente às questões de logística urbana. Portanto, a contribuição para a pesquisa veio de um membro do Detranit (Departamento de Trânsito de Itajubá), que foi o órgão mais adequado para responder às perguntas relacionadas à logística urbana na cidade.

Na sequência foi realizada a análise das respostas do questionário aplicado na cidade pelos eixos e segmentos.

Eixo Última Milha

Segmentos: Uso do solo e Infraestrutura

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Infraestrutura e Uso do Solo

- **Influência da distribuição de áreas na cidade (residencial, comercial e industrial) no transporte de cargas:** a resposta foi que essa influência varia de acordo com a localidade, trazendo benefícios em algumas áreas e desafios em outras.

- **Impacto das condições atuais de infraestrutura, como ruas, estradas e acessos, na eficiência e fluidez dessas atividades:** a resposta destacou que a infraestrutura urbana exerce um impacto significativo, afetando diretamente a eficiência e a fluidez do transporte de cargas na cidade.
- **Áreas que demandam melhorias ou intervenções para melhorar o transporte de cargas:** todas as opções disponíveis para resposta foram marcadas, sendo elas: zonas industriais com acesso inadequado para veículos de carga; áreas residenciais com ruas estreitas, dificultando a passagem de veículos de carga; locais de carga e descarga mal planejados, causando congestionamento; interseções viárias congestionadas, impactando o fluxo de cargas; estradas danificadas ou mal conservadas, prejudicando o transporte de cargas; e áreas comerciais com falta de estacionamento para veículos de carga durante operações de carga e descarga.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tráfego Urbano de Veículos de Carga, Estacionamento e Congestionamento

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Tráfego, Preços, Incentivos e Tributação e Engajamento das Partes Interessadas

Nessa etapa, foram abordadas as seguintes questões:

- **Desafios relacionados ao tráfego de VUC's (Veículos Urbanos de Carga), envolvendo caminhões, vans e furgões:** a resposta, elaborada com base em uma escala de 1 a 5, onde 1 representa a menor importância e 5 a maior, destacou os seguintes desafios principais: dificuldade de encontrar estacionamentos adequados para VUC nas áreas urbanas; congestionamento em vias estreitas devido à presença de VUC durante as horas de pico; desafios de segurança relacionados a manobras e operações de carga e descarga em áreas urbanas; conflitos com outros modos de transporte, como ciclistas e pedestres, devido ao tamanho dos VUC; falta de infraestrutura adequada, como rampas de carga e descarga para VUC em áreas urbanas; e regulamentações complexas e inconsistentes para o tráfego de VUC.
- **Pontos de congestionamento:** a cidade destacou como principais pontos de congestionamento as zonas comerciais movimentadas e os centros urbanos com alta concentração de empresas.

- **Causas dos congestionamentos:** as principais causas apontadas foram: restrições de acesso devido à falta de planejamento urbano integrado; volume excessivo de veículos de carga nas vias urbanas; falta de infraestrutura para a movimentação de cargas; conflitos entre diferentes tipos de transporte, como ônibus, ciclistas e veículos de passeio; além de estacionamentos irregulares e inadequados.
- **Iniciativas para redução do congestionamento:** a cidade utiliza diversas iniciativas para mitigar o congestionamento em áreas urbanas, especialmente durante as horas de pico, incluindo: implementação de zonas de restrição de acesso para veículos de carga em horários específicos; melhoria na gestão dos horários de carga e descarga, com horários específicos e incentivos ao uso de áreas de carga temporária; parcerias público-privadas para aprimorar a gestão do tráfego e da mobilidade urbana; campanhas de conscientização para motoristas e usuários sobre a colaboração na redução do congestionamento; e a Zona Azul foi destacada como uma estratégia.
- **Desafios na circulação de VUC:** os principais desafios apontados foram: problemas de estacionamento duplo que obstruem as vias urbanas, reduzindo a disponibilidade de espaços para VUC; infraestrutura inadequada, como ruas estreitas e mal projetadas para o estacionamento e circulação de VUC; dificuldade de acesso a locais de entrega devido à falta de calçadas adequadas e acessíveis; e aumento dos riscos de acidentes de trânsito devido à combinação de estacionamento duplo, infraestrutura deficiente e calçadas inadequadas.
- **Estacionamento específico para VUC:** a resposta foi afirmativa.
- **Problemas com o estacionamento de VUC:** foram destacados como principais problemas: sobrecarga dos espaços de estacionamento devido ao aumento do tráfego de veículos de entrega; dificuldade de acesso a áreas urbanas pela falta de estacionamentos adequados para carga e descarga; congestionamento em áreas comerciais devido à ocupação indevida de vagas por veículos de logística; desafios na gestão de estacionamentos para otimizar a distribuição de mercadorias e minimizar o impacto no tráfego urbano; e conflitos entre motoristas de entrega e outros usuários de estacionamentos públicos, afetando a fluidez do sistema de transporte.
- **Estratégias para melhorar o estacionamento de VUC:** ao abordar as estratégias consideradas ou já implementadas para melhorar a disponibilidade e acessibilidade de espaços de estacionamento para VUC, foram apontadas as seguintes iniciativas:

implementação de tecnologias de monitoramento; promoção de educação e conscientização; modernização das infraestruturas existentes; estabelecimento de monitoramento e fiscalização eficientes; e cobrança de tarifas de estacionamento para veículos de carga e/ou de passeio em áreas de alta demanda durante os horários de pico.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tecnologias e Programas

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

- **Tecnologias utilizadas pelo poder público:** com relação a este eixo e segmento, foi questionado quais tecnologias as autoridades municipais estão utilizando ou planejando implementar em Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) para melhorar a gestão do transporte urbano de cargas. A resposta incluiu: a implementação de sensores de tráfego (radares) para monitorar o fluxo de veículos de carga em tempo real. Essa tecnologia é existente, mas não é utilizada especificamente para melhoria na área de transporte de veículos de carga; a utilização de semáforos inteligentes que se adaptam dinamicamente ao volume de tráfego de veículos de carga, (essa resposta foi relacionada a uma proposta de implementação que ainda está sendo estudada); e o uso de câmeras de monitoramento sob responsabilidade da guarda municipal. No entanto, foi destacado que, atualmente, a secretaria não faz uso dos dados dessas câmeras, que são utilizados apenas pela segurança pública, e os registros ficam disponíveis por um período determinado. Essa informação foi confirmada por um representante da guarda municipal, que afirmou que os dispositivos têm a função principal de monitorar e assegurar a segurança dos residentes. Essa proposta foi apontada como uma estratégia futura, uma vez que a cidade ainda não a adota.

Eixo Meio Ambiente

Segmentos: Impactos Ambientais/Ruídos/Emissões

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

Esta etapa foi conduzida com um representante da Secretaria de Meio Ambiente da cidade de Itajubá/MG.

- **Impactos ambientais causados pelas atividades de logística urbana na cidade:** a resposta incluiu várias alternativas, sendo elas: emissões de poluentes atmosféricos provenientes de veículos de carga; congestionamento do tráfego e tempo prolongado de funcionamento dos motores; e geração de resíduos e poluição sonora nas operações de carga e descarga, com esta última sendo considerada de menor impacto.
- **Impacto da emissão de poluentes atmosféricos dos veículos de carga no meio ambiente e na saúde pública na cidade:** a resposta, que também permitiu a seleção de múltiplas alternativas, incluiu: impacto direto na saúde das pessoas devido ao aumento da poluição atmosférica; impacto nas mudanças climáticas e na qualidade do ar urbano, exigindo medidas efetivas para mitigar esses efeitos; necessidade de implementar políticas e ações para reduzir as emissões e proteger o meio ambiente; e a importância de adotar medidas de controle e tecnologias mais limpas no transporte de carga para minimizar os impactos ambientais e de saúde pública.
- **Medidas que estão sendo consideradas ou implementadas para mitigar os impactos ambientais das operações de logística urbana:** foi mencionado o estabelecimento de políticas de carga e descarga em horários específicos para reduzir o congestionamento.
- **Ruído gerado pelas atividades de logística urbana:** em relação ao ruído gerado pelas atividades de logística urbana, especialmente durante as operações de última milha, foi questionado se isso impacta os residentes e as áreas urbanas da cidade. A resposta foi que há perturbação do sono e descanso dos residentes devido ao ruído constante.

Por fim, como síntese de todos os eixos e segmentos, foi perguntado quais são os principais desafios de logística urbana enfrentados pela cidade e quais tecnologias podem ser aplicadas para enfrentá-los. A resposta foi um pouco ampla, destacando os desafios relacionados à infraestrutura da cidade, como o excesso de veículos de carga e de passeio, e a dificuldade de implementar novas políticas. O entrevistado considerou importantes as tecnologias mencionadas pela autora, mas informou que atualmente a secretaria não utiliza nenhum sistema para gerenciar dados específicos, com a maioria dos controles sendo realizados de forma manual e tabulados em planilhas de *Excel*. Foi comentado também que estão avançando no conhecimento da frota de veículos de aplicativos da cidade, que atualmente chega a cerca de 700, o que gera preocupação em relação à regulamentação e problemas de circulação. O uso dos dados das câmeras foi visto como positivo para entender os pontos de tráfego e possibilitar monitoramento. Destacou ainda que o radar disponível na Rodovia Poços de Caldas, na área

industrial de Itajubá, tem a função de evidenciar a velocidade, mas não é utilizado para autuação ou multas. Esse dispositivo também possui capacidade de coleta de dados, que, no entanto, não são disponibilizados para a secretaria. O entrevistado ressaltou que achou importante a pesquisa, pois são temas que precisam ser abordados com frequência e trabalhados com o poder público.

A pesquisa realizada em Itajubá/MG revela um panorama complexo da logística urbana na cidade, evidenciando tanto desafios significativos quanto iniciativas em andamento. As respostas obtidas durante as entrevistas destacam a falta de uma secretaria específica para transportes, o que limita a atenção dedicada às questões de logística urbana. A atuação do Detranit foi crucial para compreender as dificuldades enfrentadas na mobilidade de cargas, uma vez que a estrutura atual não contempla um setor dedicado a essas demandas. Os desafios referentes à infraestrutura urbana emergem como um tema central nas respostas. As condições das ruas, a configuração do uso do solo e a falta de planejamento integrado são fatores que afetam a eficiência do transporte de cargas. A identificação de zonas industriais com acesso inadequado, áreas residenciais com ruas estreitas e locais de carga e descarga mal planejados evidencia a necessidade urgente de intervenções específicas para melhorar a fluidez do tráfego e garantir a segurança nas operações de carga e descarga. O congestionamento em áreas comerciais e os conflitos entre diferentes modos de transporte, como ciclistas e pedestres, reforçam a necessidade de um gerenciamento mais eficiente do tráfego. A presença de veículos urbanos de carga (VUC) durante horários de pico agrava a situação, tornando essencial o desenvolvimento de estratégias que equilibrem a circulação de cargas e a mobilidade urbana.

As iniciativas para mitigar os problemas identificados, como a implementação de zonas de restrição de acesso e o uso de tecnologias inteligentes, mostram que a cidade está ciente dos desafios e busca soluções. No entanto, a implementação dessas estratégias ainda carece de um acompanhamento efetivo, principalmente no que tange à coleta e análise de dados. A ausência de um sistema para gerenciar informações de tráfego, como mencionado, limita a eficácia das iniciativas em curso. A resposta positiva sobre a existência de estacionamento específico para VUC é um avanço, mas os desafios relacionados ao uso inadequado desses espaços e à falta de planejamento para a distribuição de mercadorias permanecem. Estratégias como a modernização da infraestrutura, a promoção da educação e conscientização sobre a utilização adequada dos estacionamentos, e a implementação de tecnologias de monitoramento são fundamentais para melhorar a situação. Outro aspecto crítico abordado nas entrevistas refere-

se aos impactos ambientais das operações logísticas. As emissões de poluentes atmosféricos e o ruído causado pelas atividades de carga e descarga são questões que afetam a qualidade de vida dos residentes.

A consciência sobre esses impactos é um primeiro passo importante, mas é necessário que a cidade avance na implementação de políticas que visem a redução das emissões e na adoção de tecnologias mais limpas. A necessidade de estabelecer horários específicos para operações de carga e descarga, a fim de minimizar o congestionamento e os impactos ambientais, é uma medida que pode trazer benefícios significativos para a saúde pública e para a sustentabilidade urbana. Em síntese, a pesquisa evidencia que Itajubá/MG enfrenta desafios consideráveis na gestão da logística urbana, mas também demonstra um comprometimento por parte das autoridades locais em buscar soluções. A implementação de tecnologias e a adoção de políticas integradas de transporte são fundamentais para enfrentar os desafios identificados. O engajamento das partes interessadas, incluindo a comunidade, será crucial para garantir que as iniciativas sejam eficazes e atendam às necessidades reais da população e do comércio local.

6.2 A cidade de Poços de Caldas/MG

Na cidade de Poços de Caldas/MG, a entrevista foi conduzida de forma *online*, via *Google Meet*, com um representante do poder público que atua na Secretaria de Defesa Social. Embora o município não tenha uma secretaria exclusivamente voltada para os transportes, dentro da Secretaria de Defesa Social existem setores dedicados especificamente às questões de logística urbana. A participação na pesquisa foi de um profissional diretamente envolvido com a logística e mobilidade urbana e com a gestão do Departamento de Trânsito da cidade, o que contribuiu para que a entrevista fosse mais produtiva e enriquecedora, fornecendo informações relevantes para o estudo.

Na sequência foi realizada a análise das respostas do questionário aplicado na cidade pelos eixos e segmentos.

Eixo Última Milha

Segmentos: Uso do solo e Infraestrutura

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Infraestrutura e Uso do Solo

- **Influência da distribuição de áreas na cidade (residencial, comercial e industrial) no transporte de cargas:** a resposta foi que essa influência varia de acordo com a localidade, trazendo benefícios em algumas áreas e desafios em outras.
- **Impacto das condições atuais de infraestrutura, como ruas, estradas e acessos, na eficiência e fluidez dessas atividades:** a resposta foi que as condições atuais da infraestrutura das vias urbanas têm um impacto parcial na eficiência e fluidez do transporte de cargas na cidade.
- **Áreas que demandam melhorias ou intervenções para melhorar o transporte de cargas:** áreas comerciais com falta de estacionamento para veículos de carga durante as operações de carga e descarga.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tráfego Urbano de Veículos de Carga, Estacionamento e Congestionamento

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Tráfego, Preços, Incentivos e Tributação e Engajamento das Partes Interessadas

Nessa etapa, foram abordadas as seguintes questões:

- **Desafios relacionados ao tráfego de VUC's (Veículos Urbanos de Carga), envolvendo caminhões, vans e furgões:** a resposta, elaborada com base em uma escala de 1 a 5 e destacou a dificuldade de encontrar estacionamentos adequados para VUC nas áreas urbanas como o principal desafio.
- **Pontos de congestionamento:** a cidade destacou como principais pontos de congestionamento: interseções de grande tráfego, como várias vias se encontram e há um grande fluxo de veículos, em rotatórias e avenidas; zonas comerciais movimentadas e os centros urbanos com alta concentração de empresas e centros urbanos com alta concentração de empresas.
- **Causas dos congestionamentos:** a principal causa mencionada foi o estacionamento irregular e inadequado.
- **Iniciativas para redução do congestionamento:** a cidade utiliza diversas iniciativas para mitigar o congestionamento em áreas urbanas, especialmente durante as horas de pico, incluindo: implementação de zonas de restrição de acesso para veículos de carga em horários específicos; melhoria na gestão dos horários de carga e descarga, com horários definidos e incentivos ao uso de áreas de carga temporária; promoção de um

uso mais eficiente do espaço público para atividades logísticas, através da criação de áreas dedicadas para carga e descarga; implantação de *microhubs* (pontos de consolidação e distribuição de cargas localizados estrategicamente em áreas urbanas); desenvolvimento de rotas logísticas otimizadas para reduzir o tempo de deslocamento dos veículos de carga; investimento em infraestrutura de transporte público para incentivar o uso de modos sustentáveis de transporte; utilização de tecnologias inteligentes, como sistemas de gestão de tráfego e monitoramento em tempo real; e campanhas de conscientização para motoristas e usuários das vias sobre a importância da colaboração para reduzir o congestionamento.

- **Desafios na circulação de VUC:** dois dos desafios listados foram confirmados, incluindo a dificuldade de acesso a locais de entrega devido à falta de calçadas adequadas e acessíveis para os motoristas de VUC. Também foi destacado que veículos particulares obstruem as vias.
- **Estacionamento específico para VUC:** a resposta foi afirmativa.
- **Problemas com o estacionamento de VUC:** foram ressaltados como principais problemas a sobrecarga de espaços de estacionamento devido ao aumento do tráfego de veículos de entrega; o congestionamento em áreas comerciais causado pela ocupação indevida de vagas de estacionamento por veículos de carga; os desafios na gestão de estacionamentos para otimizar a distribuição de mercadorias e minimizar o impacto no tráfego urbano; e os conflitos entre motoristas de entrega e outros usuários de estacionamentos públicos, prejudicando a fluidez do sistema de transportes.
- **Estratégias para melhorar o estacionamento de VUC:** as que foram consideradas ou já implementadas para melhorar a disponibilidade e acessibilidade de espaços de estacionamento para VUC incluem: zoneamento específico para VUC; educação e conscientização; modernização das infraestruturas existentes; monitoramento e fiscalização eficientes; incorporação de requisitos específicos para espaços de estacionamento de VUC nos planos de desenvolvimento urbano; restrições de circulação de veículos; cobrança de tarifas de estacionamento para veículos de carga e/ou veículos de passeio em áreas de alta demanda durante os horários de pico; e foi destacado que os veículos particulares têm restrições na Zona Azul (08:30 às 18:30), de segunda a sábado.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tecnologias e Programas

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

- **Tecnologias utilizadas pelo poder público:** com relação a este eixo e segmento, foi questionado quais tecnologias as autoridades municipais estão utilizando ou planejando implementar em Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) para melhorar a gestão do transporte urbano de cargas. A resposta incluiu: implementação de sensores de tráfego (radar) para monitorar o fluxo de veículos de carga em tempo real; uso de câmeras de vigilância para analisar padrões de tráfego e otimizar rotas de entrega; integração de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para rastrear e gerenciar frotas de transporte de cargas de forma mais eficiente; implementação de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para processar dados provenientes de sensores de tráfego, câmeras de vigilância, aplicativos móveis e sistemas de geolocalização; desenvolvimento de painéis de controle centralizados para monitoramento e gestão de operações de transporte urbano de cargas; e introdução de veículos autônomos ou semiautônomos para otimizar o transporte de cargas e reduzir a congestão do tráfego. Foi destacado na entrevista que boa parte das tecnologias adotadas tem foco inicial em melhorar o transporte público urbano (TPU), mas que, consequentemente, melhoram também o fluxo do tráfego de outros veículos. Sobre as câmeras, foi ressaltado que a cidade está implementando o que eles chamam de Muralha Digital, na qual identificam os veículos que entram na cidade por meio das câmeras e utilizam os dados em um *software* de gerenciamento de tráfego.

Eixo Meio Ambiente

Segmentos: Impactos Ambientais/Ruídos/Emissões

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

- **Impactos ambientais causados pelas atividades de logística urbana na cidade:** a resposta incluiu várias alternativas, sendo elas: emissões de poluentes atmosféricos provenientes de veículos de carga; congestionamento do tráfego e tempo prolongado de

funcionamento dos motores; e geração de resíduos e poluição sonora nas operações de carga e descarga, sendo esta última considerada de menor impacto.

- **Impacto da emissão de poluentes atmosféricos dos veículos de carga no meio ambiente e na saúde pública na cidade:** a resposta, que também permitiu a seleção de múltiplas alternativas, incluiu: o impacto direto na saúde das pessoas devido ao aumento da poluição atmosférica; o impacto nas mudanças climáticas e na qualidade do ar urbano, exigindo medidas efetivas para mitigar esses efeitos; a necessidade de implementar políticas e ações para reduzir as emissões e proteger o meio ambiente; e a importância de adotar medidas de controle e tecnologias mais limpas no transporte de carga para minimizar os impactos ambientais e na saúde pública.
- **Medidas que estão sendo consideradas ou implementadas para mitigar os impactos ambientais das operações de logística urbana:** o estabelecimento de políticas de carga e descarga em horários específicos para reduzir o congestionamento; o desenvolvimento de centros de distribuição urbanos para diminuir a necessidade de viagens de longa distância; e a implementação de regulamentações de horários para operações logísticas, restringindo atividades ruidosas durante a noite.
- **Ruído gerado pelas atividades de logística urbana:** especialmente durante as operações de última milha, foi questionado se isso impacta os residentes e as áreas urbanas da cidade. A resposta foi que há perturbação do sono e do descanso dos residentes devido ao ruído constante.

Por fim, como síntese de todos os eixos e segmentos, foi perguntado quais são os principais desafios de logística urbana enfrentados pela cidade e quais tecnologias podem ser aplicadas para superá-los. A resposta foi que Poços de Caldas é geograficamente limitada, especificamente na zona norte, no qual veículos que acessam essa área são obrigados a passar pelo centro da cidade, que possui um número muito grande de veículos. A expectativa é que o transporte público urbano (TPU) cresça e consiga implementar nova infraestrutura para criar rotas alternativas que conectem as zonas oeste e sul, retirando o trânsito do centro. De modo geral, foi apontado que a cidade tem uma boa infraestrutura. A Rodovia do Contorno, por exemplo, possui restrição para veículos urbanos de carga (VUC) com mais de 70 toneladas, além de restrições de horário: as entregas são permitidas das 10h às 14h e das 16h às 18h; fora desses horários, os operadores precisam solicitar autorização.

Foi destacado que os bairros possuem uma topografia elevada, com vias largas, porém um pouco íngremes, mas que não causam dificuldade para o tráfego de VUCs. Também foi mencionado que a área industrial tem acesso específico, permitindo que os veículos cheguem até ela sem entrar na área urbana. Conflitos com outros veículos existem, mas foi apontado que a cidade tem uma boa cobertura de ciclovias, especialmente no eixo leste, com trajetos entre 20 e 30 km, e, em outros locais, chegando a 70 km.

A área central foi citada como o maior problema, principalmente em relação ao estacionamento de veículos particulares. Nos finais de semana, o número de veículos na cidade aumenta em cerca de 10 mil devido ao turismo. Foi dito que é necessário ampliar as áreas de restrição de veículos, uma iniciativa que já está em andamento. Hoje, Poços de Caldas já possui uma legislação consolidada de transporte e trânsito, mas ainda é necessário que os cidadãos respeitem as regras de estacionamento, e que os operadores logísticos respeitem as restrições de horário.

A Avenida João Pinheiro é um ponto de conflito, sendo a área com maior incidência de acidentes. Poços de Caldas também possui um estádio na entrada da cidade, no formato de *microhub*, onde os operadores logísticos realizam a separação e o fracionamento da carga para entrega em veículos menores.

Entre os projetos mencionados, está o Poços + Inteligente, um projeto de mobilidade elétrica. Entre as ações e produtos desenvolvidos, estão a construção de uma infraestrutura de recarga de automóveis, a criação de um protótipo de carruagem elétrica e uma plataforma de gestão e operação de mobilidade elétrica com recursos de inteligência artificial. Além disso, destaca-se a Carruagem Elétrica da PUC (Pontifícia Universidade Católica de Poços de Caldas), que visa fomentar o uso de bicicletas elétricas. Também foram citadas a ampliação e o alargamento de calçadas para incentivar o deslocamento a pé, além da implementação de semáforos semiautomáticos, que utilizam dados do TPU em tempo real, informando sobre a localização dos ônibus, quantas paradas foram feitas, quanto tempo durou cada viagem, os pontos de congestionamento, quantos passageiros estavam a bordo e a velocidade dos veículos.

Foi informado que atualmente a cidade não possui um projeto específico que atue diretamente com os operadores logísticos, mas que todos os projetos em andamento contribuem de alguma forma com os envolvidos. A infraestrutura está sendo modernizada, com monitoramento de câmeras em toda a cidade, cujos dados não são de responsabilidade exclusiva

da guarda municipal. A cidade utiliza um sistema de gestão de dados chamado *Aimsun*, um *software* que fornece simulações e serviços para o planejamento de transporte e gerenciamento de tráfego. Para Poços de Caldas, a funcionalidade se concentra nas informações sobre congestionamentos, volume de veículos e fluxo de trânsito, sendo parte do Projeto Muralha Digital, no qual os dispositivos estão espalhados por toda a cidade, especialmente nas principais vias de acesso ao município.

Na presença de veículos suspeitos de clonagem, restrição judicial ou furtados, a inteligência artificial da Muralha Digital emite um alerta para as forças locais de segurança. O sistema foi implantado pela Secretaria Municipal de Defesa Social em parceria com o Departamento de Trânsito de Poços e monitora os veículos a partir de um banco de dados criado pelo município e compartilhado com outros órgãos e estados. Os dados dos radares também são coletados por esse sistema, embora a gestão seja realizada em outro sistema, que permite o acesso ao número de veículos por via. Os semáforos semiautomáticos também coletam dados de velocidade e possuem sensores de avanço.

Foi afirmado que o Plano de Mobilidade é bem integrado e consolidado na cidade e que, de modo geral, Poços de Caldas avança positivamente em relação aos desafios de transporte. A entrevista foi extremamente valiosa e as informações fornecidas foram muito consistentes.

A pesquisa sobre a logística urbana em Poços de Caldas/MG revela uma cidade que, de maneira geral, apresenta uma boa fluidez no trânsito, com áreas residenciais, comerciais e industriais coexistindo de forma harmoniosa. Essa configuração permite uma gestão mais eficiente do transporte de cargas, sem os conflitos típicos que muitas cidades enfrentam.

Os representantes do poder público entrevistados destacaram a importância de manter essa fluidez, e enfatizaram que, apesar de desafios comuns, a cidade se beneficia de um planejamento urbano que considera as necessidades de cada setor. O compromisso com a melhoria contínua dos processos logísticos é evidente nas iniciativas já em andamento.

Uma das dificuldades mencionadas na gestão da logística urbana em Poços de Caldas refere-se ao uso do estacionamento, que se torna um desafio em áreas com alta demanda, especialmente nas zonas comerciais. A presença de veículos particulares nos espaços destinados ao transporte de cargas impacta negativamente a fluidez do trânsito e a eficiência das operações logísticas, e aos finais de semana, o aumento desses veículos é maior devido aos turistas. Além disso, a necessidade de respeitar os horários de restrição para Veículos Urbanos

de Carga (VUC) é fundamental para garantir que os caminhões possam realizar suas atividades sem conflitos com o tráfego de veículos de passeio. A implementação rigorosa dessas restrições, acompanhada de campanhas de conscientização sobre a importância de manter a ordem nas áreas de estacionamento, é essencial para otimizar a logística urbana e promover um trânsito mais harmonioso.

Um aspecto central das discussões foi a adoção de tecnologias avançadas para otimizar a logística urbana. A implementação de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) está em curso, com a instalação de sensores e câmeras que monitoram o fluxo de veículos. Essas tecnologias proporcionam um acompanhamento em tempo real, permitindo ajustes dinâmicos nas rotas de transporte e melhorando a segurança viária.

Além disso, as inovações tecnológicas contribuem para a eficiência nas operações de carga e descarga. A proposta de “Muralha Digital” exemplifica como a tecnologia pode ser utilizada para fortalecer o controle e a gestão do fluxo de veículos, oferecendo dados valiosos para tomadas de decisão mais informadas e efetivas.

A implementação de projetos voltados para a mobilidade urbana sustentável é fundamental para a melhoria da qualidade de vida nas cidades. Entre as iniciativas destacadas, a carruagem elétrica surge como uma alternativa viável, promovendo um transporte menos poluente e mais eficiente. O projeto de melhoria das calçadas é igualmente crucial, pois busca criar um ambiente mais seguro e acessível para pedestres. Calçadas adequadas e bem projetadas não apenas incentivam a caminhada, mas também garantem que pessoas com mobilidade reduzida possam se deslocar com segurança.

Em síntese, Poços de Caldas se destaca como um exemplo positivo na gestão da logística urbana, unindo uma infraestrutura que favorece a fluidez do trânsito a um forte investimento em tecnologias. A cidade demonstra que, com planejamento adequado e inovação, é possível garantir uma logística eficiente e sustentável, beneficiando tanto a economia local quanto a qualidade de vida dos cidadãos.

6.3 A cidade de Santo André/SP

Em Santo André/SP, a entrevista foi realizada de forma online, via *Google Meet*, com um representante do poder público que atua na Secretaria de Mobilidade Urbana. Participou da pesquisa um profissional diretamente envolvido com logística, mobilidade urbana e projetos relacionados à engenharia de tráfego. A entrevista foi muito produtiva, e o entrevistado

demonstrou amplo conhecimento sobre as necessidades da cidade nessa área, os avanços alcançados, bem como as tecnologias disponíveis e as que ainda são necessárias para aprimorar a gestão e solucionar de forma mais eficiente os problemas de logística urbana. Na sequência foi realizada a análise das respostas do questionário aplicado na cidade pelos eixos e segmentos.

Eixo Última Milha

Segmentos: Uso do solo e Infraestrutura

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Infraestrutura e Uso do Solo

- **Influência da distribuição de áreas na cidade (residencial, comercial e industrial) no transporte de cargas:** a resposta foi que essa influência varia de acordo com a localidade, trazendo benefícios em algumas áreas e desafios em outras.
- **Impacto das condições atuais de infraestrutura, como ruas, estradas e acessos, na eficiência e fluidez dessas atividades:** a resposta foi que as condições atuais de infraestrutura das vias urbanas têm um pequeno impacto na eficiência e fluidez do transporte de cargas na cidade;
- **Áreas que demandam melhorias ou intervenções para melhorar o transporte de cargas:** foi destacado interseções viárias congestionadas que impactam o fluxo de cargas.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tráfego Urbano de Veículos de Carga, Estacionamento e Congestionamento

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Tráfego, Preços, Incentivos e Tributação e Engajamento das Partes Interessadas

Nessa etapa, foram abordadas as seguintes questões:

- **Desafios relacionados ao tráfego de VUC's (Veículos Urbanos de Carga), envolvendo caminhões, vans e furgões:** a resposta foi elaborada com base em uma escala de 1 a 5 e destacou o congestionamento em vias estreitas devido a presença de VUC.

- **Pontos de congestionamento:** a cidade destacou como principais pontos de congestionamento as interseções de grande tráfego, onde várias vias se encontram e há um grande fluxo de veículos, em rotatórias e avenidas; zonas comerciais movimentadas e os centros urbanos com alta concentração de empresas e centros urbanos com alta concentração de empresas.
- **Causas dos congestionamentos:** a principal causa foi mencionada a infraestrutura da cidade.
- **Iniciativas para redução do congestionamento:** a cidade utiliza diversas iniciativas para mitigar o congestionamento em áreas urbanas, especialmente durante as horas de pico, incluindo: a implementação de zonas de restrição de acesso para veículos de carga em horários específicos; a melhoria na gestão dos horários de carga e descarga, com horários definidos. É exigido que a carga e descarga sejam realizadas dentro do lote, como em *shoppings* e hipermercados, sendo necessário que os estabelecimentos possuam o alvará de uso. Estudos estão em andamento para proibir caminhões em algumas avenidas, mas a cidade não enfrenta o mesmo volume de veículos que grandes metrópoles, como São Paulo. Enquanto São Bernardo do Campo tem 30%, Santo André possui apenas 6%, um número muito pequeno para justificar a proibição. Uma grande obra na ligação metropolitana, que passará pelas vias principais da cidade, deverá resolver parte dos problemas de transporte de cargas. Além disso, há vários galpões logísticos adequados e aprovados para uso futuro.
- **Desafios na circulação de VUC:** dois dos desafios listados foram confirmados, incluindo a dificuldade de acesso a locais de entrega devido à falta de calçadas adequadas e acessíveis para os motoristas de VUC. Também foi destacado que veículos particulares obstruem as vias.
- **Estacionamento específico para VUC:** a resposta foi afirmativa.
- **Problemas com o estacionamento de VUC:** foram ressaltados como principais problemas o congestionamento em áreas comerciais causado pela ocupação indevida de vagas de estacionamento por veículos de carga; e os desafios na gestão de estacionamentos para otimizar a distribuição de mercadorias e minimizar o impacto no tráfego urbano.
- **Estratégias para melhorar o estacionamento de VUC:** as que foram consideradas ou já implementadas para melhorar a disponibilidade e acessibilidade de espaços de

estacionamento para VUC incluem: zoneamento específico para VUC; educação e conscientização; modernização das infraestruturas existentes; monitoramento e fiscalização eficientes; incorporação de requisitos específicos para espaços de estacionamento de VUC nos planos de desenvolvimento urbano; restrições de circulação de veículos; cobrança de tarifas de estacionamento para veículos de carga e/ou veículos de passeio em áreas de alta demanda durante os horários de pico.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tecnologias e Programas

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

Tecnologias utilizadas pelo poder público: com relação a este eixo e segmento, foi questionado quais tecnologias as autoridades municipais estão utilizando ou planejando implementar em Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) para melhorar a gestão do transporte urbano de cargas. As respostas indicaram que algumas centrais semaforicas já possuem sistemas de monitoramento implantados, como câmeras e detecção de filas, permitindo ajustes na programação semaforica da rede. No entanto, a integração de dados enfrenta desafios significativos. Apesar de os radares e muralhas eletrônicas identificarem veículos e fornecerem informações relevantes para segurança, como a identificação de veículos roubados, os dados coletados não são utilizados para gestão de tráfego. Isso ocorre porque, nos contratos firmados com as empresas fornecedoras, a prefeitura não garantiu acesso às bases de dados completas, como o *big data* gerado por radares e lombadas eletrônicas, o que representa uma falha no planejamento contratual.

Eixo Meio Ambiente

Segmentos: Impactos Ambientais/Ruídos/Emissões

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

- **Impactos ambientais causados pelas atividades de logística urbana na cidade:** a resposta incluiu várias alternativas, entre elas: emissões de poluentes atmosféricos provenientes de veículos de carga, congestionamento do tráfego e tempo prolongado de funcionamento dos motores, além da geração de resíduos e poluição sonora nas operações de carga e descarga, sendo esta última considerada de menor impacto.

- **Impacto da emissão de poluentes atmosféricos dos veículos de carga no meio ambiente e na saúde pública na cidade:** a resposta, que permitiu a seleção de múltiplas alternativas, incluiu: o impacto direto na saúde das pessoas devido ao aumento da poluição atmosférica; o impacto nas mudanças climáticas e na qualidade do ar urbano, destacando a necessidade de medidas efetivas para mitigar esses efeitos; a implementação de políticas e ações voltadas à redução de emissões e à proteção do meio ambiente; e a importância de adotar medidas de controle e tecnologias mais limpas no transporte de carga para minimizar os impactos ambientais e na saúde pública.
- **Medidas que estão sendo consideradas ou implementadas para mitigar os impactos ambientais das operações de logística urbana:** o estabelecimento de políticas de carga e descarga em horários específicos para reduzir o congestionamento, o desenvolvimento de centros de distribuição urbanos para diminuir a necessidade de viagens de longa distância, e a implementação de regulamentações de horários para operações logísticas, restringindo atividades ruidosas durante a noite.
- **Ruído gerado pelas atividades de logística urbana:** foi questionado, especialmente durante as operações de última milha, se essas atividades impactam os residentes e as áreas urbanas da cidade. A resposta indicou que o ruído constante provoca perturbação no sono e no descanso dos moradores.

Por fim, como síntese de todos os eixos e segmentos, foi perguntado quais são os principais desafios de logística urbana enfrentados pela cidade e quais tecnologias podem ser aplicadas para superá-los. A resposta foi que a cidade de Santo André é marcada por vias metropolitanas antigas que não passaram por obras de alargamento, gerando gargalos causados tanto pelo relevo quanto por barreiras naturais e artificiais, como o Rio Tamanduateí e a ferrovia. Essas limitações estruturais restringem a circulação de cargas, especialmente em locais sem infraestrutura adequada, devido às restrições impostas pela legislação de uso do solo. Há ruas onde o tráfego de caminhões é proibido, mas a fiscalização e sinalização são custosas e frequentemente não justificam os benefícios, dado o baixo volume de veículos pesados em circulação em comparação com cidades como São Paulo. Além disso, não existem centros logísticos para distribuição de cargas, embora haja galpões logísticos adequados para uso futuro.

Atualmente, a legislação exige que a carga e descarga sejam realizadas dentro dos lotes comerciais, como *shoppings* e hipermercados, como condição para a obtenção do alvará. Problemas de sinalização e de acompanhamento também foram apontados,

especialmente em relação à altura de veículos e à organização de horários para abastecimento de lojas. Há regulamentação de horários, mas ainda assim ocorre trânsito nos três principais picos diários: manhã, meio-dia (quando muitos moradores almoçam em casa) e fim da tarde. Esses gargalos são curtos, com duração aproximada de 20 minutos.

A cidade conta com três centrais semafóricas, implantadas há cerca de oito anos, que otimizam o tráfego com base em dados de satélite, ajustando automaticamente as defasagens de sinalização. Apesar da precisão desses sistemas, a gestão é limitada pela indisponibilidade de dados integrados. As centrais utilizam câmeras e sistemas de detecção de filas, mas os contratos vigentes não garantem acesso a *big data*, como dados de radares e lombadas eletrônicas. Essa lacuna impede a realização de estudos detalhados, como Origem-Destino (OD), que seriam essenciais para identificar pontos críticos e promover melhorias pontuais.

O entrevistado demonstrou profundo conhecimento sobre a importância do uso de *big data* e sobre as necessidades de utilizar os dados que hoje são coletados, mas não são aproveitados de forma eficiente. Foi destacado que o uso de ferramentas de simulação de tráfego é comprometido pela falta de dados precisos sobre o fluxo de veículos, incluindo informações detalhadas sobre tipos de veículos. Parcerias com empresas como *Waze* e *Google* foram iniciadas, mas enfrentam entraves devido à necessidade de integração e organização das informações pela própria prefeitura, que não possui recursos adequados para esse fim.

A pandemia de COVID-19 causou prejuízos significativos ao Plano de Mobilidade Urbana. A coleta de dados foi interrompida, e, mesmo com a utilização de dados de celulares e GPS como alternativas, os cálculos resultaram incompletos e imprecisos, prejudicando o andamento do planejamento. Há projetos prontos para corredores de ônibus e reformas de avenidas, que aguardam viabilização financeira.

Por fim, a muralha eletrônica é um recurso utilizado principalmente para a identificação de veículos roubados e aplicação de multas, mas não oferece dados aproveitáveis para o gerenciamento de tráfego urbano. A limitação no acesso a dados relevantes dificulta o planejamento e a execução de políticas de mobilidade mais eficazes.

6.4 A cidade de Sorocaba/SP

Na cidade de Sorocaba/SP, a entrevista foi realizada com um representante do poder público que atua no Transporte Urbano da URBES – Trânsito e Transportes (Empresa de Desenvolvimento Urbano e Social de Sorocaba). Houve muita receptividade por parte do entrevistado e, em vez de uma entrevista *online*, optou-se por responder ao questionário elaborado para esta pesquisa. Todas as perguntas foram respondidas com clareza, o que contribuiu significativamente para a pesquisa.

Na sequência foi realizada a análise das respostas do questionário aplicado na cidade pelos eixos e segmentos.

Eixo Última Milha

Segmentos: Uso do solo e Infraestrutura

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Infraestrutura e Uso do Solo

- **Influência da distribuição de áreas na cidade (residencial, comercial e industrial) no transporte de cargas:** a resposta foi que essa influência varia de acordo com a localidade, trazendo benefícios em algumas áreas e desafios em outras.
- **Impacto das condições atuais de infraestrutura, como ruas, estradas e acessos, na eficiência e fluidez dessas atividades:** a resposta foi as condições atuais de infraestrutura das vias urbanas têm um impacto significativo na eficiência e fluidez do transporte de cargas na cidade.
- **Áreas que demandam melhorias ou intervenções para melhorar o transporte de cargas:** a resposta apontou as áreas comerciais com falta de estacionamento para veículos de carga durante as operações de carga e descarga.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tráfego Urbano de Veículos de Carga, Estacionamento e Congestionamento

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Tráfego, Preços, Incentivos e Tributação e Engajamento das Partes Interessadas

Nessa etapa, foram abordadas as seguintes questões:

- **Desafios relacionados ao tráfego de VUC's (Veículos Urbanos de Carga), envolvendo caminhões, vans e furgões:** a resposta foi elaborada com base em uma escala de 1 a 5 e destacou dificuldade de encontrar estacionamentos adequados para VUC, o congestionamento em vias estreitas devido a presença de VUC, impacto ambiental decorrente das emissões de poluentes por VUC, desafios de segurança relacionado às manobras e operações de carga e descarga como sendo os principais desafios.
- **Pontos de congestionamento:** a cidade destacou como principais pontos de congestionamento: interseções de grande tráfego, onde várias vias se encontram e há um grande fluxo de veículos, como rotatórias e avenidas; zonas comerciais movimentadas; acessos às rodovias e vias expressas, como pontos de entrada e saída das principais vias de tráfego, como pontes, túneis e rampas de acesso; e os centros urbanos com alta concentração de empresas.
- **Causas dos congestionamentos:** as principais causas dos congestionamentos foram, restrições de acesso devido à falta de planejamento urbano integrado, volume excessivo de veículos de carga nas vias urbanas, falta de infraestrutura adequada para movimentação de cargas na cidade, uso inadequado do espaço público para atividades logísticas, conflitos entre diferentes modos de transporte e usuários das vias, como pedestres, ônibus, ciclistas e veículos de carga e estacionamentos irregulares ou inadequados.
- **Iniciativas para redução do congestionamento:** a cidade utiliza diversas iniciativas para mitigar o congestionamento em áreas urbanas, sendo elas implementação de zonas de restrição de acesso para veículos de carga durante horários específicos; melhoria na gestão dos horários de carga e descarga, estabelecendo horários específicos e incentivando a utilização de áreas de carga temporária; promoção de um uso mais eficiente do espaço público para atividades logísticas, através da implementação de áreas dedicadas para carga e descarga; investimento em infraestrutura de transporte público para incentivar o uso de modos sustentáveis de transporte; utilização de tecnologias inteligentes, como sistemas de gestão de tráfego e monitoramento em tempo real; parcerias público-privadas para aprimorar a gestão do tráfego e da mobilidade urbana; campanhas de conscientização para motoristas e usuários das vias sobre a importância da colaboração para reduzir o congestionamento.

- **Desafios na circulação de VUC:** os principais desafios apontados foram problemas de estacionamento duplo que obstruem as vias urbanas, dificultando ainda mais a disponibilidade de espaços para VUC; infraestrutura inadequada, como ruas estreitas e mal projetadas, na capacidade de estacionamento e circulação de VUC; aumento dos riscos de acidentes de trânsito devido à combinação de estacionamento duplo, infraestrutura inadequada e calçadas inadequadas para VUC.
- **Estacionamento específico para VUC:** a resposta foi afirmativa.
- **Problemas com o estacionamento de VUC:** foram ressaltados como principais problemas a sobrecarga de espaços de estacionamento devido ao aumento do tráfego de veículos de entrega; dificuldade de acesso a áreas urbanas devido à falta de estacionamentos adequados para veículos de carga e descarga; congestionamento em áreas comerciais devido à ocupação indevida de vagas de estacionamento por veículos de carga; conflitos entre motoristas de entrega e outros usuários de estacionamentos públicos, prejudicando a fluidez do sistema de transportes.
- **Estratégias para melhorar o estacionamento de VUC:** as que foram consideradas ou já implementadas para melhorar a disponibilidade e acessibilidade de espaços de estacionamento para VUC incluem: implementação de tecnologias de monitoramento; parcerias com estabelecimentos comerciais para compartilhamento de espaços; educação e conscientização; modernização de infraestruturas existentes; monitoramento e fiscalização eficientes; incorporação de requisitos específicos para espaços de estacionamento de VUC nos planos de desenvolvimento urbano; restrições de circulação de veículos.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tecnologias e Programas

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

Tecnologias utilizadas pelo poder público: com relação a este eixo e segmento, foi questionado quais tecnologias as autoridades municipais estão utilizando ou planejando implementar em Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) para melhorar a gestão do transporte urbano de cargas. As respostas indicaram o uso de câmeras de vigilância para analisar padrões de tráfego e otimizar rotas de entrega; implementação de sensores de tráfego (radar) para

monitorar o fluxo de veículos de carga em tempo real; utilização de semáforos inteligentes que se adaptam dinamicamente ao volume de tráfego de veículos de carga; criação de áreas de estacionamento inteligentes que utilizam tecnologias para indicar a disponibilidade de vagas para veículos de carga.

Eixo Meio Ambiente

Segmentos: Impactos Ambientais/Ruídos/Emissões

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

- **Impactos ambientais causados pelas atividades de logística urbana na cidade:** a resposta incluiu congestionamento do tráfego e tempo prolongado de funcionamento dos motores.
- **Impacto da emissão de poluentes atmosféricos dos veículos de carga no meio ambiente e na saúde pública na cidade:** a resposta, que também permitiu a seleção de múltiplas alternativas, incluiu somente a importância de adotar medidas de controle e tecnologias mais limpas no transporte de carga para minimizar os impactos ambientais e de saúde pública.
- **Medidas que estão sendo consideradas ou implementadas para mitigar os impactos ambientais das operações de logística urbana:** adoção de frotas de veículos elétricos ou movidos a fontes de energia limpa; estabelecimento de políticas de carga e descarga em horários específicos para reduzir o congestionamento; integração de tecnologias de roteirização inteligente para otimizar as rotas de entrega.
- **Ruído gerado pelas atividades de logística urbana:** especialmente durante as operações de última milha, foi questionado se isso impacta os residentes e as áreas urbanas da cidade. A resposta foi que há perturbação do sono e do descanso dos residentes devido ao ruído constante.

Por fim, como síntese de todos os eixos e segmentos, foi perguntado quais são os principais desafios de logística urbana enfrentados pela cidade e quais tecnologias podem ou são aplicadas para superá-los. A resposta apontou que o principal desafio da cidade de Sorocaba está relacionado aos congestionamentos, que prejudicam a circulação geral e impactam os custos e os prazos da última milha. Para essa questão, um planejamento logístico mais adequado, aliado a tecnologias avançadas que indiquem as melhores rotas e horários, além de um sistema de

controle de vagas em locais de grande volume de cargas, pode mitigar os impactos e beneficiar tanto os transportadores quanto os cidadãos.

O congestionamento em áreas de grande fluxo, como interseções, zonas comerciais movimentadas e acessos às rodovias, é agravado por problemas como estacionamento duplo e o uso inadequado do espaço público. A cidade enfrenta dificuldades em gerenciar o tráfego de VUCs devido à falta de áreas específicas de estacionamento e à sobrecarga de espaços de carga, resultando em conflitos entre motoristas e outros usuários das vias.

Para enfrentar esses desafios, a cidade adota diversas estratégias, como a implementação de zonas de restrição de acesso para veículos de carga em horários específicos, a melhoria na gestão de horários de carga e descarga, o uso de tecnologias inteligentes como sistemas de monitoramento de tráfego em tempo real e semáforos dinâmicos, além de incentivar a utilização de veículos sustentáveis, como os elétricos, para reduzir os impactos ambientais.

Nenhuma tecnologia específica para análise de dados, gerenciamento ou simulação foi mencionada, mas o Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade Urbana aborda o uso de modelagem de demanda baseada em matrizes Origem-Destino, bem como a criação de cenários de desenvolvimento até 2027 e simulações de impacto no tráfego para diferentes intervenções. Tecnologias como semáforos inteligentes e sistemas de bilhetagem eletrônica com GPS em ônibus foram adotadas para monitorar e otimizar o transporte coletivo. As estratégias de longo prazo incluem a expansão do sistema BRT, a implementação de vias integrais, a gestão de estacionamentos com sistemas inteligentes e restrições temporais para veículos de carga em áreas centrais.

As ações também priorizam a modernização das infraestruturas existentes, parcerias com estabelecimentos comerciais para compartilhamento de espaços de estacionamento e iniciativas de educação e conscientização voltadas aos motoristas. No âmbito ambiental, estão sendo adotadas tecnologias de roteirização inteligente para otimizar rotas de entrega, reduzir emissões de poluentes e mitigar os efeitos do ruído urbano, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população e minimizar os impactos negativos à saúde pública.

6.5 A cidade de Salvador/BA

Na cidade de Salvador/BA, a entrevista foi realizada com um representante do poder público que atua na Secretaria Municipal de Mobilidade, especificamente com o planejamento de transportes. Houve muita receptividade por parte do entrevistado e, em vez de uma entrevista *online*, optou-se por responder ao questionário elaborado para esta pesquisa. Todas as perguntas foram respondidas com clareza, o que contribuiu significativamente para a pesquisa.

Na sequência foi realizada a análise das respostas do questionário aplicado na cidade pelos eixos e segmentos.

Eixo Última Milha

Segmentos: Uso do solo e Infraestrutura

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Infraestrutura e Uso do Solo

- **Influência da distribuição de áreas na cidade (residencial, comercial e industrial) no transporte de cargas:** a resposta foi que essa influência varia de acordo com a localidade, trazendo benefícios em algumas áreas e desafios em outras.
- **Impacto das condições atuais de infraestrutura, como ruas, estradas e acessos, na eficiência e fluidez dessas atividades:** a resposta foi que as condições atuais de infraestrutura das vias urbanas têm um pequeno impacto na eficiência e fluidez do transporte de cargas na cidade.
- **Áreas que demandam melhorias ou intervenções para melhorar o transporte de cargas:** Interseções viárias congestionadas que impactam o fluxo de cargas.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tráfego Urbano de Veículos de Carga, Estacionamento e Congestionamento

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Tráfego, Preços, Incentivos e Tributação e Engajamento das Partes Interessadas

Nessa etapa, foram abordadas as seguintes questões:

- **Desafios relacionados ao tráfego de VUC's (Veículos Urbanos de Carga), envolvendo caminhões, vans e furgões:** a resposta foi elaborada com base em uma escala de 1 a 5 e destacou o impacto ambiental causado pelas emissões de poluentes por veículos urbanos de carga, além dos conflitos com outros modos de transporte, como ciclistas e pedestres, devido ao tamanho dos VUC. A falta de infraestrutura adequada, como rampas de carga e descarga, e as regulamentações complexas e inconsistentes para o tráfego de VUC na cidade também foram classificadas com nível 3 na escala, indicando uma representatividade significativa diante dos desafios enfrentados pela cidade.
- **Pontos de congestionamento:** a cidade destacou como principais pontos de congestionamento as interseções de grande tráfego, onde várias vias convergem e há um intenso fluxo de veículos, especialmente em rotatórias e avenidas. Também foram apontadas as zonas comerciais movimentadas, caracterizadas por uma concentração de lojas, restaurantes e comércios, onde o tráfego de veículos é intenso devido à presença de consumidores e às entregas de mercadorias.
- **Causas dos congestionamentos:** as principais causas dos congestionamentos foram os conflitos entre diferentes modos de transporte e usuários das vias, como pedestres, ônibus, ciclistas e veículos de carga, além de estacionamentos irregulares ou inadequados e interferências causadas por obras e manutenções nas vias.
- **Iniciativas para redução do congestionamento:** A cidade adota diversas iniciativas para mitigar o congestionamento em áreas urbanas, entre elas: a melhoria na gestão dos horários de carga e descarga, com o estabelecimento de horários específicos e o incentivo à utilização de áreas de carga temporária; a promoção de um uso mais eficiente do espaço público para atividades logísticas, por meio da implementação de áreas dedicadas a carga e descarga; o desenvolvimento de rotas logísticas otimizadas para reduzir o tempo de deslocamento dos veículos de carga; o investimento em infraestrutura de transporte público, com o objetivo de incentivar o uso de modos sustentáveis de transporte; a utilização de tecnologias inteligentes, como sistemas de gestão de tráfego e monitoramento em tempo real; campanhas de conscientização para motoristas e usuários das vias sobre a importância da colaboração na redução do congestionamento; e parcerias público-privadas para aprimorar a gestão do tráfego e da mobilidade urbana.

- **Desafios na circulação de VUC:** os principais desafios apontados foram a infraestrutura inadequada, como ruas estreitas e mal projetadas, que dificultam o estacionamento e a circulação de VUC; e o aumento dos riscos de acidentes de trânsito devido à combinação de estacionamento em dupla fila, infraestrutura deficiente e calçadas inadequadas para a movimentação de VUC.
- **Estacionamento específico para VUC:** a resposta foi negativa.
- **Problemas com o estacionamento de VUC:** os principais problemas destacados foram o congestionamento em áreas comerciais, causado pela ocupação indevida de vagas de estacionamento por veículos de carga; os desafios na gestão de estacionamentos, visando otimizar a distribuição de mercadorias e minimizar o impacto no tráfego urbano; e os conflitos entre motoristas de entrega e outros usuários de estacionamentos públicos, que comprometem a fluidez do sistema de transporte.
- **Estratégias para melhorar o estacionamento de VUC:** as medidas consideradas ou já implementadas para melhorar a disponibilidade e a acessibilidade de espaços de estacionamento para VUC incluem: a implementação de tecnologias de monitoramento; ações de educação e conscientização; monitoramento e fiscalização eficientes; modernização das infraestruturas existentes; e parcerias com estabelecimentos comerciais para o compartilhamento de espaços.

Eixo Última Milha

Segmentos: Tecnologias e Programas

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

Tecnologias utilizadas pelo poder público: em relação a este eixo e segmento, foi questionado quais tecnologias as autoridades municipais estão utilizando ou planejando implementar em Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) para melhorar a gestão do transporte urbano de cargas. As respostas indicaram a implementação de sensores de tráfego (radares) para monitorar o fluxo de veículos de carga em tempo real; o uso de câmeras de vigilância para analisar padrões de tráfego e otimizar rotas de entrega; e a utilização de semáforos inteligentes que se adaptam dinamicamente ao volume de tráfego de veículos de carga. A cidade utiliza o monitoramento por câmeras não apenas para a melhoria da logística, mas também para o monitoramento da mobilidade em geral. Em outras palavras, há agentes de trânsito atuando em campo e outros na

central de controle, observando eventuais ocorrências para garantir uma gestão mais eficiente e uma maior assertividade na mitigação dos desafios enfrentados no ambiente urbano.

Eixo Meio Ambiente

Segmentos: Impactos Ambientais/Ruídos/Emissões

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

- **Impactos ambientais causados pelas atividades de logística urbana na cidade:** a resposta incluiu as emissões de poluentes atmosféricos provenientes de veículos de carga, o congestionamento do tráfego e o prolongamento do tempo de funcionamento dos motores, além da geração de resíduos e da poluição sonora nas operações de carga e descarga.
- **Impacto da emissão de poluentes atmosféricos dos veículos de carga no meio ambiente e na saúde pública na cidade:** a resposta, que também permitiu a seleção de múltiplas alternativas, incluiu: o impacto direto na saúde das pessoas devido ao aumento da poluição atmosférica; o impacto nas mudanças climáticas e na qualidade do ar urbano, exigindo medidas efetivas para mitigar esses efeitos; a necessidade de implementar políticas e ações para reduzir as emissões e proteger o meio ambiente; e a importância de adotar medidas de controle e tecnologias mais limpas no transporte de carga para minimizar os impactos ambientais e de saúde pública.
- **Medidas que estão sendo consideradas ou implementadas para mitigar os impactos ambientais das operações de logística urbana:** adoção de frotas de veículos elétricos ou movidos a fontes de energia limpa; promoção do uso de bicicletas e veículos elétricos de carga para entregas de última milha; implementação de zonas de baixa emissão ou restritas a veículos poluentes; e estabelecimento de políticas de carga e descarga em horários específicos para reduzir o congestionamento.
- **Ruído gerado pelas atividades de logística urbana:** especialmente durante as operações de última milha, foi questionado se isso impacta os residentes e as áreas urbanas da cidade. A resposta foi que a promoção de veículos de entrega silenciosos e elétricos ajuda a reduzir o impacto sonoro.

Por fim, como síntese de todos os eixos e segmentos, foi perguntado quais são os principais desafios de logística urbana enfrentados pela cidade e quais tecnologias podem ser aplicadas

para superá-los. A resposta foi mais voltada a questões ligadas à sua infraestrutura e à necessidade de planejamento integrado. Foi informado que a cidade construiu seu PDDU (Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano) em 2016, no qual estão definidas as vias e as áreas industriais para escoamento logístico. O PlanMob Salvador, entregue em 2018, no entanto, não contempla um quadro abrangente de ações para o transporte de carga. O PlanMob está previsto para ser revisado em 2025, e desafios voltados para a redução de emissões e ruído já estão sendo preparados para serem incluídos nesta revisão.

A cidade participou recentemente da FENATRAN (Feira internacional do Transporte Rodoviário de Cargas), em São Paulo, buscando entender os desafios da eletrificação de frotas para a logística, com o objetivo de preparar ações para serem contempladas na revisão do PlanMob Salvador. Também foi informado que a cidade possui contadores de veículos, que registram placas, modelos e dimensões, mas ainda não tem um sistema que auxilie na gestão desses dados.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a aplicação dos questionários nas cidades, foi analisada a natureza dos problemas com base em uma escala de avaliação (Baixo, Médio e Alto), de acordo com as respostas dos entrevistados. Quando o entrevistado selecionou a resposta "pouco impacto" ou "baixa influência", o problema foi classificado como "Baixo". Já a seleção de "impacto variável" e "influência moderada" indicou a classificação "Médio". Por fim, a escolha de "alto impacto" e "elevada influência" resultou na classificação "Alto".

Os dados foram organizados e classificados conforme os principais desafios destacados no questionário e com base nas iniciativas do *City Logistics*: uso do solo e infraestrutura, congestionamento e circulação, estacionamento e impacto ambiental.

7.1 Análises por segmentos

7.1.1 *Uso do Solo e Infraestrutura*

Foram analisadas as questões relacionadas ao Uso do Solo e Infraestrutura. Na Figura 18, estão destacadas as cidades, os problemas dentro desse segmento, a avaliação (classificada como baixa, média ou alta) diante das respostas dos questionários, e as propostas de melhoria apresentadas pelos entrevistados durante a aplicação dos questionários e a realização das entrevistas.

Em relação à distribuição das áreas residenciais, comerciais e industriais, todas as cidades estudadas apresentam um nível médio de problemas, indicando que, embora a situação não seja ideal, não constitui o maior desafio urbano.

Já os problemas de infraestrutura, relacionados a ruas, estradas e acessos, variam entre as cidades. Itajubá, Santo André e Sorocaba enfrentam desafios classificados como altos, sugerindo sérias limitações estruturais que impactam o transporte e a mobilidade. Por outro lado, Salvador e Poços de Caldas possuem problemas avaliados como médios, apresentando condições um pouco melhores, mas que ainda necessitam de melhorias.

Objetos de Estudo	Uso do Solo e Infraestrutura		
	Problemas com a distribuição das áreas(residencial, comercial e industrial)	Problemas de Infraestrutura (ruas, estradas, e acessos)	Propostas de Melhoria e Iniciativas do Poder Público
Itajubá/MG	Médio →	Alto ↑	Não foi mencionado.
Santo André/SP	Médio →	Alto ↑	Obras na ligação metropolitana para melhorar o transporte de cargas, abrangendo as principais vias da cidade. Projetos futuros para a criação de um corredor de ônibus e a reforma de avenidas.
Sorocaba/SP	Médio →	Alto ↑	Modernização da infraestrutura existente.
Salvador/BA	Médio →	Médio →	Não foi mencionado.
Poços de Caldas/MG	Médio →	Médio →	Criação de rotas alternativas que conectem as zonas oeste e sul. Alargamento das calçadas para incentivar o deslocamento a pé.

Figura 18 – Análise dos problemas de logística urbana/uso do solo e infraestrutura

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Quanto às propostas de melhoria e iniciativas do poder público, há diferenças significativas entre as cidades. Em Itajubá e Salvador, não foram mencionadas ações específicas para solucionar os problemas identificados. Santo André, por sua vez, apresenta um planejamento abrangente, que incluem melhorias na ligação metropolitana para o transporte de cargas, reformas em avenidas e a criação de corredores de ônibus. Sorocaba propõe a modernização da infraestrutura existente, enquanto Poços de Caldas sugere a criação de rotas alternativas para conectar diferentes zonas da cidade e o alargamento de calçadas, incentivando o deslocamento a pé.

De forma geral, a análise destaca que as cidades enfrentam desafios variados, sendo que Santo André, Sorocaba e Itajubá lidam com problemas mais críticos em termos de infraestrutura. A tabela evidencia a importância de políticas públicas e estratégias definidas para enfrentar os desafios urbanos e melhorar as condições de infraestrutura e mobilidade.

7.1.2 *Congestionamento e Circulação*

A tabela 8 apresenta a análise dos problemas de Congestionamento e Circulação com base nos mesmos critérios apresentados na Tabela 7.

A tabela 8 evidencia que as cidades de Sorocaba, Itajubá e Poços de Caldas enfrentam um volume excessivo de veículos de carga em vias urbanas classificado como alto. Essas cidades também apresentam congestionamentos significativos em interseções de grande tráfego e nas zonas comerciais. Em Sorocaba e Poços de Caldas, os acessos às rodovias e vias expressas também estão sobrecarregados, enquanto Itajubá apresenta um nível médio de congestionamento nesse aspecto. Em contrapartida, o congestionamento em áreas residenciais é baixo nas três cidades.

Santo André e Salvador exibem características semelhantes no contexto de circulação. Ambas apresentam congestionamento médio relacionado ao volume de veículos de carga e aos acessos às rodovias, mas enfrentam congestionamento alto nas interseções de grande tráfego e em zonas comerciais. Em áreas residenciais, o congestionamento é baixo nas duas cidades, indicando que o impacto do tráfego é mais significativo em áreas comerciais e nos pontos de maior fluxo.

Congestionamento e Circulação						
Objetos de Estudo	Volume excessivo de veículos de carga em vias urbanas	Congestionamento o nas interseções de grande tráfego	Zonas comerciais movimentadas e congestionadas	Congestionamento nos acessos a rodovias e vias expressas	Congestionamento em áreas residenciais	Tecnologias e Programas (já adotados)
Sorocaba/SP	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑	Baixo ↓ ↻	Câmeras de vigilância, Sensores de tráfego, Semáforos Inteligentes.
Itajubá/MG	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑	Médio →	Baixo ↓ ↻	Sensores de tráfego e Câmeras de vigilância.
Poços de Caldas/MG	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑	Baixo ↓	Baixo ↓ ↻	Sensores de tráfego, Câmeras de vigilância, Bicicletas Elétricas, Semáforos semiautomáticos, <i>Software Aimsun (SIG)</i> , <i>Microhub</i> .
Santo André/SP	Médio →	Alto ↑	Médio →	Alto ↑	Baixo ↓ ↻	Sistemas de monitoramento nas centrais semaforicas, Câmeras de vigilância, Detecção de filas de tráfego e Radares.
Salvador/BA	Médio →	Alto ↑	Alto ↑	Baixo ↓	Baixo ↓ ↻	Câmeras de vigilância, Sensores de tráfego, Semáforos Inteligentes e Contadores de Veículos.

Figura 19 – Análise dos problemas de logística urbana/congestionamento e circulação
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

As tecnologias e programas adotados para mitigar esses problemas variam conforme o contexto de cada cidade. Sorocaba emprega câmeras de vigilância, sensores de tráfego e semáforos inteligentes, focando no monitoramento e na gestão automatizada de tráfego. Itajubá utiliza tecnologias semelhantes, incluindo câmeras de vigilância e sensores de tráfego, mas com baixa aplicabilidade no contexto de gerenciamento de tráfego. Poços de Caldas se destaca por adotar uma abordagem mais diversificada, com o uso de bicicletas elétricas, semáforos semiautomáticos, *software Aimsun* (SIG) e microhubs, além de câmeras e sensores.

Santo André conta com sistemas avançados de monitoramento em centrais semaforicas, câmeras de vigilância, radares e detecção de filas de tráfego, o que denota uma estratégia mais integrada para controlar o fluxo urbano. Salvador segue um padrão tecnológico próximo ao de Sorocaba, com câmeras de vigilância, sensores de tráfego, semáforos inteligentes e contadores de veículos.

De forma geral, os dados demonstram que, embora existam esforços tecnológicos significativos para solucionar os desafios de congestionamento e circulação, as cidades enfrentam desafios específicos, especialmente em zonas comerciais e interseções de grande tráfego. O uso de tecnologias, como câmeras, sensores e semáforos automatizados, tem sido uma prática comum, com algumas cidades diversificando as iniciativas por meio de softwares avançados e estratégias de mobilidade sustentável. Isso reflete a importância de implementar soluções inovadoras e personalizadas para atender às necessidades de cada localidade, contribuindo para uma gestão urbana mais eficiente e sustentável.

7.1.3 Estacionamento

Na Figura 20 apresentada abaixo, a análise aborda os problemas de Estacionamento, também utilizando os mesmos critérios das tabelas anteriores.

A análise da tabela 9 destaca que as cidades de Salvador/BA, Itajubá/MG e Sorocaba/SP enfrentam níveis altos de sobrecarga de espaços, falta de vagas para VUCs, conflitos entre usuários e problemas com estacionamentos duplos. As tecnologias implementadas nessas cidades incluem câmeras de vigilância e sensores de tráfego, que auxiliam no monitoramento e na gestão do fluxo veicular, mas podem não ser suficientes para lidar com a alta intensidade dos problemas registrados.

Estacionamento					
Objetos de Estudo	Sobrecarga de espaços	Falta de estacionamento adequados para VUC	Conflitos entre os usuários, prejudicando a fluidez do sistema de transportes	Problemas de estacionamento duplo que obstruem as vias urbanas	Tecnologias e Programas (já adotados)
Salvador/BA	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑ ↗	Câmeras de vigilância, Sensores de tráfego.
Itajubá/MG	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑ ↗	Câmeras de vigilância, Sensores de tráfego.
Sorocaba/SP	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑	Médio → ↗	Câmeras de vigilância, Sensores de tráfego e áreas com estacionamentos inteligentes.
Poços de Caldas/MG	Alto ↑	Alto ↑	Alto ↑	Baixo ↓ ↗	Sensores de tráfego, Câmeras de vigilância, Bicicletas Elétricas, Semáforos semiautomáticos, <i>Software Aimsun (SIG)</i> , <i>Microhub</i> .
Santo André/SP	Médio →	Médio →	Médio →	Baixo ↓ ↗	Câmeras, detecção de filas de tráfego e radares.

Figura 20 – Análise dos problemas de logística urbana/estacionamento
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Poços de Caldas/MG apresenta uma abordagem mais diversificada para enfrentar esses desafios. Embora a sobrecarga de espaços e a falta de vagas para VUCs também sejam altos, os conflitos entre usuários e problemas de estacionamento duplo são classificados como baixos. A cidade utiliza uma combinação de tecnologias, como câmeras de vigilância, sensores de tráfego, bicicletas elétricas, semáforos semiautomáticos, o software Aimsun (SIG) e microhubs. Essa estratégia mais abrangente reflete um esforço em integrar soluções de mobilidade sustentável e gestão avançada do tráfego.

Por outro lado, Santo André/SP apresenta níveis médios de sobrecarga de espaços e falta de vagas para VUCs, enquanto os conflitos entre usuários e problemas de estacionamento duplo são baixos. A cidade adota tecnologias como câmeras, detecção de filas de tráfego e radares, indicando um foco na gestão do tráfego para mitigar problemas relacionados ao estacionamento.

Em síntese, os dados mostram que os desafios relacionados ao estacionamento são significativos em todas as cidades analisadas, especialmente em Salvador, Itajubá e Sorocaba, que apresentam índices altos em todos os fatores avaliados.

7.1.4 *Impacto Ambiental*

A Tabela 10 apresenta a análise dos problemas relacionados ao Impacto Ambiental. Evidencia-se que as cidades de Itajubá (MG), Poços de Caldas (MG), Santo André (SP), Sorocaba (SP) e Salvador (BA) apresentam elevados níveis de emissão de gases e de ruídos provenientes das atividades logísticas e de transporte, como indicado pelos indicadores "alto" com tendência de aumento.

Em Itajubá, as iniciativas concentram-se em políticas de carga e descarga em horários específicos, visando minimizar os transtornos. Poços de Caldas e Santo André adotam estratégias semelhantes, mas com um enfoque adicional no desenvolvimento de centros de distribuição, que buscam reduzir a quantidade de viagens dentro das cidades, além da restrição de horários para diminuir atividades ruidosas.

Sorocaba apresenta uma abordagem mais abrangente, promovendo o uso de veículos de entrega silenciosos e elétricos, além de criar zonas industriais com normas mais rígidas de controle de ruídos e emissões. A cidade também implementa programas de conscientização para empresas e regulamenta operações logísticas em horários menos impactantes, restringindo atividades noturnas.

Impacto Ambiental			
Objetos de Estudo	Emissão de Gases	Ruídos	Medidas e Iniciativas do poder público
Itajubá/MG	Alto ↑	Alto ↑ ↗	Políticas de carga e descarga em horários específicos.
Poços de Caldas/MG	Alto ↑	Alto ↑ ↗	Políticas de carga e descarga em horários específicos, desenvolvimento de centros de distribuição para diminuir as viagens dentro da cidade, restrição de horário de carga e descarga para diminuir atividades ruidosas.
Santo André/SP	Alto ↑	Alto ↑ ↗	Políticas de carga e descarga em horários específicos, desenvolvimento de centros de distribuição para diminuir as viagens dentro da cidade, restrição de horário de carga e descarga para diminuir atividades ruidosas.
Sorocaba/SP	Alto ↑	Alto ↑ ↗	Veículos de entrega silenciosos e elétricos , Criação de zonas industriais específicas com normas mais rígidas sobre controle de ruído e emissão, Desenvolvimento de programas de conscientização para empresas, Implementação de regulamentações de horários para operações logísticas, restringindo atividades ruidosas durante a noite.
Salvador/BA	Alto ↑	Alto ↑ ↗	Promoção de veículos de entrega silenciosos e elétricos para reduzir o impacto sonoro.

Figura 21 – Análise dos problemas de logística urbana/impacto ambiental
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Já em Salvador, destaca-se a promoção de veículos de entrega silenciosos e elétricos como medida principal para reduzir os impactos sonoros, sugerindo um esforço direcionado à inovação tecnológica para minimizar os danos ambientais.

De maneira geral, as iniciativas destacadas pelas cidades refletem uma combinação de estratégias que podem ser eficazes para lidar com os desafios ambientais. No entanto, é importante destacar que os problemas de Impacto Ambiental foram os menos mencionados pelos entrevistados. Em Itajubá, Poços de Caldas e Santo André, as respostas precisaram ser obtidas de outras secretarias, sendo tratadas como demandas totalmente separadas, quando, na verdade, trata-se de problemas originados pelo mesmo causador. Embora sejam percebidos como graves, esses problemas apresentam um número reduzido de estratégias para enfrentá-los.

7.2 Análise Comparativa Integrada

Após a realização de uma análise individual de cada segmento, destacando os principais problemas em cada um deles, apresenta-se uma análise comparativa dos principais problemas identificados nos segmentos: congestionamento, circulação e estacionamento e as tecnologias adotadas pelas cidades.

Embora os problemas relacionados ao Uso do Solo e à Infraestrutura também sejam considerados graves, eles possuem uma natureza mais complexa, frequentemente sendo os causadores dos desafios de congestionamento, circulação e estacionamento. No entanto, o tratamento desses problemas requer obras, iniciativas e investimentos específicos, enquanto os problemas de congestionamento, circulação e estacionamento podem ser mitigados dentro da infraestrutura existente, desde que bem analisados e apoiados por tecnologias adequadas para identificar melhores estratégias.

A análise comparativa apresentada na tabela 11 foca nesses problemas principais, considerando o porte de cada cidade, as tecnologias empregadas para enfrentá-los, a funcionalidade atual dessas tecnologias (ou seja, como elas são utilizadas hoje por cada cidade) e a capacidade de extração e uso dos dados coletados por essas ferramentas. A avaliação foi feita com base em uma classificação de baixa, média e alta eficiência, conforme as respostas fornecidas pelos entrevistados.

Congestionamento, Circulação e Estacionamento				
Objetos de Estudo	Porte da cidade	Tecnologias e Programas (já adotados)	Funcionalidade Atual	Capacidade de extração e utilização de dados coletados por essas tecnologias
Itajubá/MG	Médio	Câmeras de vigilância e Sensores de tráfego.	Segurança pública e monitoramento de trânsito	Baixa ↓
Poços de Caldas/MG	Médio	Câmeras de vigilância , Sensores de tráfego, Semáforos semiautomáticos, Bicicletas Elétricas, <i>Software Aimsum (SIG)</i> , <i>Microhub</i> .	Planejamento do Transporte e Gerenciamento do tráfego. Coleta de informações sobre congestionamentos, fluxo do trânsito e volume de veículos	Alta ↑
Santo André/SP	Grande	Câmeras de vigilância , Sistemas de monitoramento nas centrais semaforicas, Sistema de detecção de filas de tráfego, Simulador de Tráfego e radares.	Segurança pública, Otimização dos semáforos, e Autuação de veículos	Média →
Sorocaba/SP	Grande	Câmeras de vigilância, Sensores de tráfego, Semáforos Inteligentes e áreas com estacionamentos inteligentes.	Gerenciamento e monitoramento do tráfego em tempo real e indicação da disponibilidade de vagas para veículos de carga	Alta ↑
Salvador/BA	Metrópole	Câmeras de vigilância, Sensores de Tráfego, Semáforos Inteligentes e Contadores de veículos.	Gerenciamento e monitoramento do tráfego em tempo real	Média →

Figura 23 – Análise comparativa do uso de tecnologia no enfrentamento dos problemas de LU
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A tabela 11 apresenta uma análise comparativa sobre o uso de tecnologias voltadas para os principais problemas de logística urbana evidenciado nas respostas das entrevistas considerando os Problemas de Congestionamento e Circulação e Estacionamento. O gerenciamento de congestionamento, circulação e estacionamento em cinco cidades brasileiras de diferentes portes: Itajubá/MG, Poços de Caldas/MG, Santo André/SP, Sorocaba/SP e Salvador/BA.

A análise considera três aspectos principais: tecnologias e programas já adotados, funcionalidades atuais e a capacidade de extração e utilização dos dados coletados. A seguir são apresentadas as principais observações e constatações da pesquisa.

1. **Itajubá/MG e Poços de Caldas/MG (cidades de porte médio):** Ambas as cidades utilizam câmeras de vigilância e sensores de tráfego, sendo que Poços de Caldas se destaca pela adoção de tecnologias adicionais, como semáforos semiautomáticos, bicicletas elétricas e ferramentas específicas, como o *software Aimsun* e o *Microhub*. A cidade demonstra estar atenta às necessidades para prever cenários melhores, realizar simulações e desenvolver novas estratégias para a fluidez do tráfego, estacionamento, entre outros aspectos. Por outro lado, em Itajubá, apesar de adotar algumas tecnologias semelhantes, a capacidade de extração e utilização dos dados coletados é avaliada como baixa. A cidade não aproveita os dados gerados pelas câmeras de vigilância e sensores de tráfego, e a análise da logística urbana ainda é realizada de forma precária. O Plano de Mobilidade de Itajubá também destaca essas dificuldades na análise devido à falta de dados e de tecnologias que auxiliem nas tomadas de decisão. Foi ressaltado pelo entrevistado que a ferramenta mais utilizada é o *Excel*, o que demanda muita intervenção humana e apresenta baixa autonomia e inteligência para o gerenciamento dos dados coletados.

2. **Santo André/SP e Sorocaba/SP (cidades de grande porte):** Ambas as cidades implementaram tecnologias mais sofisticadas. Santo André utiliza sistemas de monitoramento centralizados, detectores de filas de tráfego e simuladores, enquanto Sorocaba investiu em semáforos inteligentes e áreas com estacionamentos controlados tecnologicamente. Essas iniciativas aumentam as capacidades de gestão do tráfego e promovem um uso mais eficiente do espaço urbano. A capacidade de utilização de dados é classificada como média em Santo André e alta em Sorocaba, refletindo uma maior maturidade na integração tecnológica desta última. Em Santo André, embora a coleta de dados seja possível, a disponibilidade desses dados é limitada devido a entraves contratuais, conforme apontado em entrevistas. Já em Sorocaba,

essa etapa está mais avançada: a cidade não apenas coleta dados, mas também possui a capacidade de gerenciá-los, analisar cenários, realizar simulações e utilizar essas informações de maneira mais eficaz.

3. **Salvador/BA (metrópole):** Como esperado para uma metrópole, Salvador possui sistemas como câmeras de vigilância, sensores de tráfego, semáforos inteligentes e contadores de veículos. A capacidade de uso de dados é avaliada como média, destacando a necessidade de maior integração tecnológica para acompanhar o crescente fluxo de veículos e pessoas em áreas urbanas de alta densidade devido a poucos recursos de análise de dados, embora a cidade tenha e faça uso dessas tecnologias eles não conseguem utilizar toda a sua potencialidade e coletar e tratar os dados a favor dos desafios de logística urbana existentes, e dessa forma enfrentam dificuldades para transformar os dados coletados em informações estratégicas que possam embasar decisões mais eficazes no gerenciamento do tráfego e na melhoria da mobilidade urbana.

As cidades analisadas possuem câmeras e sensores para monitoramento do trânsito e segurança, tecnologias essenciais para cidades inteligentes (Pan *et al.*, 2021). Porém, cidades como Itajubá e Salvador enfrentam limitações no tratamento e integração desses dados, comprometendo a capacidade de antecipar problemas e otimizar a logística urbana. Conforme Thompson (2021) e Shuai *et al.* (2017), a existência dessas tecnologias não garante eficiência sem estratégias claras e coordenação na gestão dos dados, o que limita avanços na fluidez do trânsito e sustentabilidade logística.

Holguín-Veras *et al.* (2015) apontam que a formulação de políticas públicas a favor da logística urbana é um processo complexo, pois envolve múltiplos agentes com interesses distintos — como remetentes, destinatários, operadores logísticos e autoridades locais. Essa complexidade torna-se ainda mais desafiadora em cidades onde não há uma secretaria ou estrutura administrativa específica dedicada à logística urbana, como é o caso de Itajubá. A ausência de uma coordenação centralizada e de uma política pública voltada ao tema contribui para a fragmentação das ações, dificultando a articulação entre os diferentes setores da administração municipal.

Situação semelhante é observada em outras cidades analisadas, como Salvador, onde a logística urbana é tratada de forma pulverizada entre secretarias ou centralizada em órgãos que não atuam de forma integrada com os demais atores envolvidos. Isso reforça a necessidade de uma governança mais estruturada e transversal para que a logística urbana seja adequadamente planejada, monitorada e integrada às demais políticas públicas.

Esse cenário de desarticulação também evidencia o que Russo *et al.* (2012) apontam como um obstáculo para o gerenciamento eficiente da logística urbana: a dificuldade em alinhar decisões estratégicas entre os diferentes elos da cadeia logística, desde os consumidores e varejistas até os operadores logísticos e o poder público. Além disso, Giuliano (2023) classifica congestionamento, estacionamento e circulação como os três pilares dos desafios da logística urbana, o que também se confirma nos dados levantados nas cinco cidades. Em Salvador, por exemplo, foram destacados congestionamentos frequentes em pontos críticos e dificuldades com o estacionamento de caminhões, sobretudo nas áreas centrais. Esses problemas não apenas comprometem a fluidez das entregas de carga, como também agravam o impacto da movimentação de veículos pesados no trânsito urbano.

A escassez de dados sobre o transporte de cargas, apontada por autores como Karagiannakidis *et al.* (2014) e Giuliano (2013), é evidente nas cidades analisadas, onde não há uma coleta sistemática de informações sobre a circulação de veículos comerciais. Embora Sorocaba apresente um histórico de iniciativas voltadas ao transporte de carga, como a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob) com menções à logística, os dados continuam fragmentados e insuficientes para subsidiar políticas eficazes. Essa ausência de dados, conforme ressaltam Steenberghen *et al.* (2013) e Pitera *et al.* (2017), limita a capacidade de avaliação, gestão e desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao transporte urbano de cargas, comprometendo a sustentabilidade e a eficiência logística das cidades.

A literatura também destaca o papel fundamental da tecnologia como ferramenta de apoio à gestão logística urbana, especialmente em cidades inteligentes. Segundo Pan *et al.* (2021), o uso de sensores, dispositivos móveis e sistemas de informação geográfica (SIG) pode contribuir significativamente para o planejamento urbano e o controle do fluxo logístico. No entanto, conforme observado por Thompson (2021) e Shuai *et al.* (2017), a integração de dados entre plataformas, a falta de clareza sobre o uso das tecnologias e a escassez de estratégia por parte do governo constituem barreiras para sua efetiva aplicação. Isso também é verificado nas cidades analisadas: embora Salvador tenha implantado algumas tecnologias como videomonitoramento e sistemas de controle de tráfego, não são utilizadas de forma eficaz. Diferentemente, em Poços de Caldas, destaca-se o uso do *software Aimsun*, que possibilita simulações avançadas de tráfego, contribuindo para um melhor planejamento e gestão do transporte, incluindo o transporte de cargas, o que demonstra um avanço tecnológico mais expressivo na gestão logística urbana.

Em todos os casos a ausência de um planejamento específico e de um sistema inteligente que integre todos os dados existentes ainda limita o potencial dessas cidades em avançar rumo a uma logística urbana mais eficiente, sustentável e inteligente (Gutiérrez-Gallego et al., 2015; Lindholm e Behrends, 2012).

Para superar esses desafios, é fundamental investir em ferramentas avançadas de análise de dados, maior integração entre os sistemas existentes e na capacitação técnica das equipes responsáveis. Essas ações poderiam ampliar significativamente a capacidade de coleta, processamento e uso inteligente das informações, permitindo que as cidades enfrentem os desafios logísticos com maior precisão e eficácia.

7.3 Boas Práticas e Propostas de Soluções

Nesta seção foram destacadas as cidades que apresentaram melhor desempenho no uso de tecnologias para enfrentar os problemas analisados, como congestionamento, circulação, estacionamento. Além disso, foram exploradas as iniciativas que podem servir como referência para as demais cidades, adaptando essas boas práticas às suas realidades.

As cidades analisadas utilizam tecnologias semelhantes, com algumas diferenças, como contadores, semáforos semiautomáticos e simuladores de tráfego. Entre elas, Poços de Caldas se destacou pela adoção do *Aimsun*, um *software* avançado de análise de dados que apoia o gerenciamento do tráfego com base em informações provenientes de coletores de dados, como câmeras, radares e sensores utilizados pela cidade.

Sorocaba também conta com uma estrutura robusta para coleta e análise de dados, incluindo simulações de tráfego. No entanto, durante a entrevista, não foi mencionada nenhuma plataforma ou *software* específico. Ainda assim, o Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade Urbana de Sorocaba destaca que a cidade está avançada nessa área, utilizando modelagem de demanda baseada em matrizes Origem-Destino e criando cenários de desenvolvimento até 2027. Essas iniciativas incluem simulações de impacto no tráfego para diferentes intervenções, evidenciando o compromisso da cidade com o planejamento e a gestão eficaz da mobilidade urbana.

Tecnologias como semáforos inteligentes e sistemas de bilhetagem eletrônica com GPS em ônibus foram implementadas por Sorocaba para monitorar e otimizar o transporte coletivo. Estratégias de longo prazo incluem a expansão do sistema BRT, a adoção de vias integrais, a gestão de estacionamentos com sistemas inteligentes e a imposição de restrições temporais para

veículos de carga em áreas centrais. A modelagem foi realizada em etapas, abrangendo a geração de viagens, a distribuição e a alocação na rede, com indicadores como tempo médio de viagem e extensão de vias saturadas utilizados para projeções futuras. Além disso, sensores e sistemas de semáforos inteligentes foram empregados para monitorar as principais rotas de transporte de cargas e melhorar o fluxo viário.

Como boas práticas para cidades que ainda não possuem um sistema de simulação ou análise de dados, apresenta-se a seguir uma análise do sistema utilizado por Poços de Caldas, com o objetivo de explicar o uso e esclarecer as funcionalidades que podem ser integradas ao que já existe atualmente em Itajubá, Santo André e Salvador, principalmente.

De acordo com informações do site oficial da *Aimsun* (Aimsun, 2025), o *Aimsun* é uma solução robusta de simulação e análise de transporte, projetada para ajudar gestores a compreenderem o desempenho de redes de transporte, preverem sua evolução e tomarem decisões informadas. A plataforma é amplamente utilizada para uma variedade de aplicações, como a criação de estruturas de planejamento regional baseadas na nuvem, o gerenciamento em tempo real do tráfego e a simulação dos impactos de veículos autônomos.

Uma das soluções destacadas no portfólio do *Aimsun* é a versão *Insight*, que oferece ferramentas para análise detalhada e planejamento estratégico. Entre os principais casos de uso estão:

- **Identificação de perfis de tráfego recorrentes:** facilita o planejamento eficiente de grandes eventos, manutenção de infraestrutura e outras interrupções programadas.
- **Avaliação comparativa do desempenho do trânsito:** permite monitorar o desempenho do tráfego, identificando quando e onde ocorreram atrasos, ajudando a direcionar ações corretivas.
- **Análise de congestionamentos passados:** identifica pontos críticos de congestionamento ou gargalos na rede, permitindo intervenções direcionadas para melhorar a fluidez do tráfego.
- **Identificação de pontos críticos para grupos específicos de usuários:** ajuda a direcionar recursos para melhorar o desempenho da rede para determinados perfis de usuários.

- **Análise da qualidade do ar:** localiza áreas problemáticas em termos de qualidade do ar e correlaciona os dados com eventos ou condições de tráfego específicas.
- **Análise de dados para planejamento:** reduz o tempo necessário para implementar iniciativas de planejamento de transporte e mobilidade por meio de testes de pré-viabilidade.
- **Localização de estações de carregamento de veículos elétricos:** identifica os locais ideais para a instalação de estações de carregamento, contribuindo para o desenvolvimento da infraestrutura de veículos elétricos.
- **Identificação de tendências de tráfego a longo prazo:** auxilia no planejamento de requisitos futuros de infraestrutura e operações, permitindo o desenvolvimento de soluções conceituais para atender à demanda futura.
- **Análise de segurança no trânsito:** identifica problemas relacionados à segurança viária e correlaciona com as condições de tráfego, oferecendo *insights* para intervenções mais eficazes.

O *software* permite configurar o modelo e ajustá-lo com base em dados brutos previamente limpos e tratados, provenientes de diversas fontes. Dessa forma, ele é preparado para uso por autoridades de transporte, consultores e outros profissionais.

O *Aimsun Live* é um outro serviço que fornece previsões analíticas e baseadas em modelos em toda a rede, permitindo que os operadores de centros de tráfego identifiquem possíveis problemas e congestionamentos e avaliem vários planos de mitigação por meio de simulação em tempo real. Isso ajudou a reduzir o congestionamento associado a eventos não recorrentes. É baseado em um modelo de microsimulação que prevê com precisão quase em tempo real (menos de 5 minutos) os próximos 60 minutos e fornece métricas típicas de transporte em períodos de 15 minutos. Estas métricas incluem: fluxos; velocidades; tempos de viagem; atrasos; filas; relações volume/capacidade; contagens de rotação e muito mais.

O *Aimsun Live* coleta automaticamente informações de *status* da rede em tempo real, 24 horas por dia, de vários sistemas, incluindo diferentes sistemas de sinalização, sensores de detecção, eventos planejados e em tempo real, fontes móveis e dispositivos ITS. Esta informação é então combinada no modelo de simulação para fornecer uma visão atual da situação da oferta e da procura.

Uma entrada de dados importante para o *Aimsun live* são os dados de tráfego de detecções (contagens e velocidades) que são agregados e combinados de múltiplas fontes para criar a visão correta da demanda atual na rede. Essa demanda é fundamental para poder prever com precisão os próximos 60 minutos.

Através de conexões com todos os sistemas de dados externos e internos, o *Aimsun Live* coleta todos os dados de eventos, planejados ou não, e aplica restrições apropriadas associadas aos eventos (fechamento de faixas, reduções de velocidade, ações de trânsito...). Usando análise de dados e resultados de previsão em tempo real, o sistema é capaz de identificar e quantificar o impacto dos eventos em termos de congestionamento e usar essa avaliação para determinar ações apropriadas para gerenciar os eventos se o impacto for suficientemente sério.

Com base nesta aplicação, a figura 24 mostra como esse *software* pode ser integrado com as tecnologias já disponíveis, como sensores de trânsito, semáforos e câmeras de vigilância.

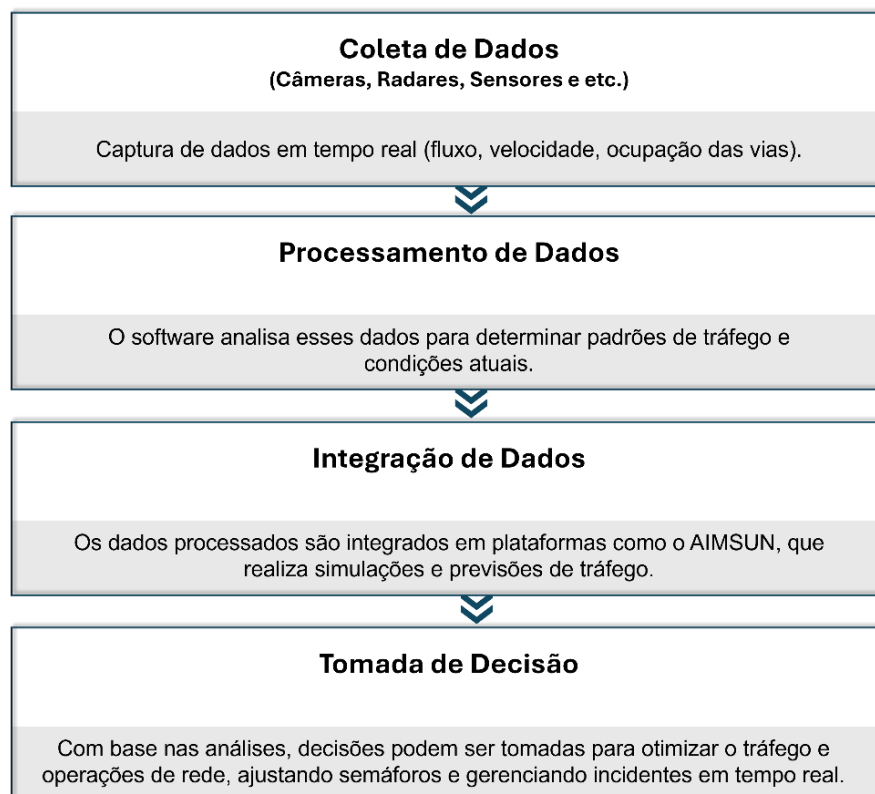


Figura 24 - Processo de utilização dos dados em conjunto com o software *Aimsun*
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O porte das cidades não influenciou de forma significativa nos problemas de logística urbana nem na disponibilidade de tecnologias. Na análise realizada, observou-se que, embora cidades

de maior porte, como Santo André e Salvador, enfrentem desafios mais complexos devido ao tamanho e à densidade populacional, cidades de médio porte, como Poços de Caldas, se destacam pela adoção de boas práticas no uso de tecnologias para a gestão de dados urbanos de forma mais eficiente. Isso demonstra que a eficácia no enfrentamento dos problemas de logística urbana está mais relacionada à capacidade de implementação e uso adequado das tecnologias do que ao porte da cidade.

Poços de Caldas conseguiu adotar soluções inovadoras que fornecem ao poder público informações mais precisas, permitindo uma gestão mais assertiva dos desafios urbanos e superando as expectativas em relação ao seu porte. Da mesma forma, Sorocaba, uma cidade de grande porte, também se destaca pela eficiência na aplicação dessas tecnologias.

Constata-se também que, sem a aplicação do questionário semiestruturado, os entrevistados dificilmente teriam conseguido responder com a mesma precisão, considerando que os temas relacionados às tecnologias e aos desafios da logística urbana ainda são pouco abordados e pouco difundidos no âmbito institucional. Segundo Lindholm e Behrends (2012), a falta de capacitação e conscientização dos agentes públicos representa um entrave significativo para a implementação eficaz de políticas de logística urbana, especialmente no que se refere à integração tecnológica. Essa observação evidencia a necessidade de investimentos contínuos em treinamento e desenvolvimento institucional para ampliar a compreensão e o engajamento acerca dessas questões.

No caso específico de Itajubá, a pessoa entrevistada não atuava diretamente com logística urbana, o que revela a fragilidade do tema na estrutura administrativa local e reforça a importância de capacitar o poder público para que possa desempenhar um papel mais efetivo na gestão e no planejamento logístico da cidade.

8 CONCLUSÃO

Este trabalho analisou o uso de tecnologias pelo poder público na coleta e gestão de dados de logística urbana em cinco cidades brasileiras: Itajubá-MG, Poços de Caldas-MG, Santo André-SP, Sorocaba-SP e Salvador-BA. Para atingir o objetivo geral desta pesquisa, foi realizada uma análise detalhada das tecnologias disponibilizadas pelo poder público nessas cinco cidades selecionadas. Através dessa análise, foi possível identificar as ferramentas utilizadas para a coleta de dados relacionados à logística urbana, como sensores de trânsito, câmeras de vigilância e sistemas de monitoramento. Além disso, a pesquisa permitiu compreender os principais problemas de logística urbana enfrentados por essas localidades, como congestionamento, circulação e estacionamento.

O trabalho atendeu aos objetivos específicos propostos. Em primeiro lugar, a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) permitiu identificar as principais tecnologias utilizadas na logística urbana para coleta e gestão de dados. Em seguida, foi possível caracterizar os desafios enfrentados pelas cinco cidades analisadas, como a falta de infraestrutura adequada para veículos de carga, o congestionamento em áreas centrais e a ausência de integração entre políticas públicas e tecnologia. Cada cidade demonstrou um grau distinto de maturidade institucional e tecnológica, o que influenciou diretamente na adoção (ou não) dessas soluções.

A análise comparativa entre as cinco cidades permitiu verificar diferenças significativas na aplicação das tecnologias. Cidades como Sorocaba e Poços de Caldas se destacaram pela adoção de soluções mais estruturadas e integradas, enquanto cidades como Itajubá apresentaram limitações institucionais e operacionais que dificultam a implementação de políticas mais eficazes. Com base nessas observações, foi possível propor melhorias viáveis, como o fortalecimento institucional por meio da criação de órgãos específicos para logística urbana, o uso ampliado de ferramentas como SIG, sensores e ITS, e a promoção de parcerias entre o setor público e a iniciativa privada para viabilizar projetos de monitoramento e gestão do tráfego.

Foi feita uma comparação entre o uso dessas tecnologias nas diferentes cidades, destacando as melhores práticas e os resultados alcançados. A partir dessa comparação, foram propostas alternativas viáveis para resolver os desafios locais, considerando as soluções já adotadas por essas cidades. As tecnologias analisadas foram avaliadas em termos de sua capacidade de coleta e gestão de dados, com foco na sua contribuição para a melhoria da logística urbana e na busca

de soluções para os problemas identificados. Assim, o objetivo de entender o uso dessas tecnologias e sugerir alternativas eficazes foi plenamente alcançado. Ao longo da pesquisa, foram identificados problemas relacionados ao congestionamento, à falta de infraestrutura adequada para o tráfego de Veículos Urbanos de Carga (VUC), e à carência de estratégias integradas para minimizar o impacto das atividades logísticas no meio ambiente e na mobilidade urbana.

Em Itajubá, a pesquisa revelou uma estrutura urbana que carece de um planejamento adequado para acomodar o crescimento do tráfego de cargas, especialmente nas áreas centrais, onde as vias estreitas e a ausência de áreas específicas para carga e descarga dificultam a fluidez do trânsito e comprometem a eficiência logística. A falta de uma secretaria dedicada ao transporte e logística urbana é um dos principais entraves para a implementação de políticas e práticas eficientes. Em contrapartida, Poços de Caldas apresenta um cenário mais estruturado, com setores voltados especificamente para a gestão do transporte, o que permitiu à cidade adotar tecnologias mais avançadas, como o uso do *software* de simulação *Aimsun* e o projeto Muralha Digital para monitoramento do tráfego em tempo real.

Em Santo André, a situação se destaca pela existência de políticas integradas à mobilidade urbana, que incluem tecnologias voltadas à melhoria da logística urbana. A cidade investiu na implantação de sistemas de monitoramento por câmeras conectadas a um centro de controle operacional, o que permitiu avanços no controle do tráfego e na eficiência do transporte de cargas. No entanto, a falta de acesso a dados detalhados e padronizados ainda é um entrave significativo para o aproveitamento total dessas tecnologias.

Apesar dessa limitação, a cidade está ciente do potencial que o uso adequado dos dados pode trazer para a gestão logística urbana. Durante a entrevista, o representante do poder público demonstrou um entendimento profundo sobre como esses dados poderiam auxiliar no planejamento estratégico e na tomada de decisões mais assertivas. Além disso, destacou que esforços já foram realizados para obter acesso a essas informações. No entanto, por questões contratuais e à propriedade dos dados, o acesso ainda enfrenta barreiras significativas, dificultando a plena utilização das ferramentas disponíveis.

Sorocaba demonstrou um compromisso sólido com a gestão integrada da logística urbana, adotando tecnologias mais avançadas e estabelecendo um controle mais eficaz sobre os dados e as questões logísticas. Essa abordagem reflete a busca constante pela melhoria na eficiência

da mobilidade urbana e na gestão do tráfego, proporcionando uma gestão mais assertiva e inteligente dos desafios urbanos. E apesar dessas iniciativas, Sorocaba enfrenta desafios relacionados à expansão de sua infraestrutura urbana, o que limita a capacidade de absorver a crescente demanda de tráfego gerada pelo comércio eletrônico e pelo desenvolvimento econômico regional.

Por fim, Salvador apresentou um cenário de alta complexidade, característico de grandes metrópoles. A cidade enfrenta problemas significativos relacionados ao congestionamento e à insuficiência de áreas para carga e descarga em regiões centrais. No entanto, Salvador também demonstrou avanços importantes, como a implementação de um sistema integrado de monitoramento por câmeras em sua frota de veículos públicos para otimizar a logística. A colaboração entre o poder público e a iniciativa privada foi outro diferencial observado, permitindo a adoção de soluções que têm contribuído para mitigar os desafios logísticos.

A análise comparativa entre as cidades destacou que, apesar das diferenças de infraestrutura e abordagem, todas enfrentam desafios comuns, como a alta dependência de veículos de carga para a distribuição de mercadorias e a ausência de políticas integradas de transporte e uso do solo. A adoção de iniciativas de *City Logistics*, como o gerenciamento de tráfego, a implementação de zonas de restrição de acesso e o uso de tecnologias de monitoramento, mostrou-se uma estratégia promissora para melhorar a gestão do transporte urbano de cargas em todos os contextos.

Em termos de soluções, a pesquisa identificou que o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e tecnologias de gestão inteligente, como os Sistemas de Transporte Inteligente (ITS), são de extrema importância para enfrentar esses desafios. A integração dessas ferramentas com políticas urbanas focadas na melhoria da infraestrutura e no planejamento de rotas permite uma abordagem mais eficaz e sustentável para a logística urbana. No entanto, a aplicação dessas tecnologias ainda é limitada e, em muitos casos, subutilizada pelas autoridades locais, especialmente em Itajubá, onde as informações disponíveis não são totalmente aproveitadas para uma gestão eficiente do tráfego.

Dessa forma, as conclusões apontam para a necessidade urgente de investimentos em tecnologias e políticas públicas que alinhem a logística urbana com o crescimento sustentável das cidades. A adoção de soluções integradas, como a modernização das infraestruturas, a implementação de SIGs para o planejamento urbano e o uso de ferramentas de simulação de

tráfego, é fundamental para enfrentar os desafios da logística urbana identificados neste estudo. Além disso, o engajamento das partes interessadas, incluindo a comunidade e os operadores logísticos, é essencial para garantir que as estratégias adotadas sejam eficazes e alinhadas às necessidades locais.

Este trabalho contribuiu para ampliar o conhecimento sobre o papel das tecnologias no aprimoramento da logística urbana, especialmente em cidades de médio porte, que muitas vezes podem ser negligenciadas por estudos acadêmicos e enfrentam limitações estruturais na formulação de políticas públicas. Em termos científicos, a pesquisa avança ao integrar uma Revisão Sistemática da Literatura com um estudo empírico baseado em entrevistas e análise comparativa entre cidades, oferecendo um panorama atualizado e metodologicamente fundamentado sobre o uso de tecnologias como sensores, SIG, câmeras e ITS no contexto brasileiro. Além disso, ao abordar diferentes portes de cidade, o trabalho contribui para o entendimento da relação entre capacidade institucional, acesso a tecnologias e desafios urbanos específicos, ampliando o debate sobre logística urbana para além das grandes metrópoles.

Na prática, a sistematização das experiências locais permitiu propor soluções realistas e adaptadas às condições de cada cidade, o que pode servir de orientação aos gestores públicos e profissionais da área de transportes das secretarias.

Entre as limitações desta pesquisa, destaca-se a dificuldade de obter dados padronizados e detalhados das cidades analisadas, o que restringiu a comparabilidade direta entre algumas variáveis. Além disso, a dependência de entrevistas semiestruturadas pode introduzir vieses relacionados à interpretação e à subjetividade dos respondentes. Apesar desses desafios, o rigor metodológico empregado buscou mitigar tais limitações e garantir a robustez dos resultados apresentados.

Com base nos resultados, recomenda-se a realização de estudos futuros que explorem a eficácia das tecnologias discutidas em outras cidades brasileiras, incluindo pequenos municípios e regiões periféricas. Investigar como a integração de dados pode ser melhorada entre diferentes esferas do poder público e a iniciativa privada é outra direção promissora. Além disso, apresentar um caso prático, como a aplicação de um sistema em uma cidade específica, pode demonstrar a viabilidade de uso e sua eficácia.

Por fim, é importante que o poder público continue investindo em formação técnica e capacitação para que as tecnologias utilizadas sejam plenamente aproveitadas, promovendo soluções sustentáveis e melhorando a qualidade de vida nas cidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ABOUELROUS, Abdo; BLIEK, Laurens; ZHANG, Yingqian. Digital twin applications in urban logistics: an overview. **Urban, Planning and Transport Research**, v. 11, n. 1, p. 2216768, 2023.
- ALHO, A. R.; ABREU E SILVA, J. Utilizing Urban Form Characteristics in Urban Logistics Analysis: a case study in Lisbon, Portugal. **Journal of Transport Geography**, v. 42, p. 57–71, 2015.
- ALJOHANI, K.; THOMPSON, R. A Stakeholder-Based Evaluation of the Most Suitable and Sustainable Delivery Fleet for Freight Consolidation Policies in the Inner-City Area. **Sustainability**, v. 11, n. 1, p. 124, 27 dez. 2018.
- ALLEN, J.; THORNE, G.; BROWNE, M. Good practice guide on urban freight transport. **Bestufs administration centre**, p. 84, 2007.
- ALLEN, J.; BROWNE, M.; CHERRETT, T. Investigating relationships between road freight transport, facility location, logistics management and urban form. **Journal of Transport Geography**, v. 24, p. 45–57, set. 2012.
- ALVES, Roberta. Modelagem e simulação baseada em agentes aplicada ao transporte urbano de cargas do comércio eletrônico-B2C. 2019.
- AMAGUAYA, Freddy René Orozco; HERNÁNDEZ, Jesús Rafael Hechavarría. Improvement of public transport routes with ArcGIS network analyst. Case study: Urban Center of Milagro, Ecuador. In: **Advances in Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure: Proceedings of the AHFE 2020 Virtual Conference on Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure, 16-20 July, 2020, USA**. Springer International Publishing, 2020. p. 31-36.
- AMANCIO, Marcelo Augusto. Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé. 2005.
- AMUKELE, Timothy et al. Drone transportation of blood products. **Transfusion**, v. 57, n. 3, p. 582-588, 2017.
- ANG, K. L.-M. et al. Emerging Technologies for Smart Cities' Transportation: Geo-Information, Data Analytics and Machine Learning Approaches. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 11, n. 2, p. 85, 24 jan. 2022.
- ANGEOLETTO, Fabio et al. Tipología socio-ambiental de las ciudades medias de Brasil: aportes para un desarrollo urbano sostenible. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, p. 272-287, 2016.
- ARIAS, JAIME ANDRES CARDONA ; Junior, Orlando Fontes Lima ; NOVAES, ANTÔNIO G. N. ; MORENO, GISET NATALIA MONTOYA . Supply chain integration in the industry 4.0 era: a systematic literature review. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, p. 67536-67569, 2022.
- BASAVARAJU, Manu et al. Parameterized algorithms to preserve connectivity. In: **Automata, Languages, and Programming: 41st International Colloquium, ICALP 2014, Copenhagen, Denmark, July 8-11, 2014, Proceedings, Part I 41**. Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 800-811.

- BAUM, L.; ASSMANN, T.; STRUBELT, H. State of the art - Automated micro-vehicles for urban logistics. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 2455–2462, 2019.
- BARROS DOS SANTOS, Júlia; LIMA, Josiane Palma. Health determinants, applications, and methods: a systematic literature review on the relationships between the urban transport of people and health. **Transportation research record**, v. 2678, n. 1, p. 245-271, 2024.
- BELFADEL, Abdelhadi et al. A conceptual digital twin framework for city logistics. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 103, p. 101989, 2023.
- BENJELLOUN, Abderrahim; CRAINIC, Teodor Gabriel. Trends, challenges, and perspectives in city logistics. **Transportation and land use interaction, proceedings TRANSLU**, v. 8, p. 269-284, 2008.
- BOMAR, Marsha Anderson et al. **Urban Freight Case Studies-New York City**. United States. Federal Highway Administration. Office of Freight Management and Operations, 2009.
- BOMMES, Michael et al. Video based intelligent transportation systems—state of the art and future development. **Transportation Research Procedia**, v. 14, p. 4495-4504, 2016.
- BROWNE, Michael; ALLEN, Julian; RIZET, Christophe. Assessing transport energy consumption in two product supply chains. **International Journal of Logistics**, v. 9, n. 3, p. 237-252, 2006.
- BROWNE, Michael et al. Literature review WM9: Part I-Urban freight transport. **Green Logistics Project. University of Westminster, London**, 2007.
- BÜYÜKÖZKAN, G.; ILICAK, Ö. Smart urban logistics: Literature review and future directions. **Socio-Economic Planning Sciences**, n. 101197, p. 101197, dez. 2022.
- CAMPAGNA, A. et al. Data collection framework for understanding UFT within city logistics solutions. **Transportation Research Procedia**, v. 24, p. 354–361, 2017.
- CARVALHO, Nayara Louise Alves de.** *Análise dos critérios para implantação de centro de distribuição urbana em cidades históricas brasileiras: o caso de Ouro Preto*. 2016. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- CHU, Wenbo et al. Motion Planning for Autonomous Driving with Real Traffic Data Validation. **Chinese Journal of Mechanical Engineering**, v. 37, n. 1, p. 1-13, 2024.
- COHEN, Barney. Urbanization in developing countries: Current trends, future projections, and key challenges for sustainability. **Technology in society**, v. 28, n. 1-2, p. 63-80, 2006.
- COMI, A.; NUZZOLO, A. Exploring the Relationships between e-shopping Attitudes and Urban Freight Transport. **Transportation Research Procedia**, v. 12, n. June 2015, p. 399–412, 2016.
- COMI, A.; RUSSO, F. Emerging Information and Communication Technologies: the Challenges for the Dynamic Freight Management in City Logistics. **Frontiers in Future Transportation**, v. 3, 22 jul. 2022.
- COOK, Deborah J. et al. The relation between systematic reviews and practice guidelines. **Annals of internal medicine**, v. 127, n. 3, p. 210-216, 1997.

COORS, Volker; PIETRUSCHKA, Dirk; ZEITLER, Berndt. **iCity. Transformative Research for the Livable, Intelligent, and Sustainable City: Research Findings of University of Applied Sciences Stuttgart**. Springer Nature, 2022.

CRAINIC, T. G.; RICCIARDI, N.; STORCHI, G. Advanced freight transportation systems for congested urban areas. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 12, n. 2, p. 119–137.

CRESWELL, J. W. *Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de projetos de pesquisa*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

DABLANC, L. Goods Transport in Large European Cities: difficult to organize, difficult to modernize. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 41, n. 3, p. 280–285, 2007.

DAGANZO, Carlos F.; GEROLIMINIS, Nikolas. An analytical approximation for the macroscopic fundamental diagram of urban traffic. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 42, n. 9, p. 771–781, 2008.

DENYER, David; TRANFIELD, David. Producing a systematic review. 2009.

DE OLIVEIRA, Gabriel Gomes. **Estudo do transporte público da cidade de Campinas, utilizando conceito de smart city e equipamentos específicos, para a coleta precisa de dados e melhoria deste segmento no conceito ergonômico**. 2021. Tese de Doutorado. [sn].

DEO, Nachiket; TRIVEDI, Mohan M. Convolutional social pooling for vehicle trajectory prediction. In: **Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops**. 2018. p. 1468–1476.

DIAS, Patricia Chame; ARAÚJO, Mayara Mychella Sena. Notas sobre cidades médias: uma proposta para a Bahia. **Geo Uerj**, v. 1, n. 24, p. 285–311, 2013..

DOHN, K.; KRAMARZ, M.; PRZYBYLSKA, E. Interaction with City Logistics Stakeholders as a Factor of the Development of Polish Cities on the Way to Becoming Smart Cities. **Energies**, v. 15, n. 11, p. 4103, 1 jan. 2022.

EMDEC - Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas S/A. Disponível em: <<https://www2.emdec.com.br/eficiente/sites/portalemddec/pt-br/site.php?secao=revivacidade>>. Acesso em: 28 jan. 2024.

FIGLIOZZI, M.; UNNIKRISHNAN, A. Home-deliveries before-during COVID-19 lockdown: Accessibility, environmental justice, equity, and policy implications. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 93, p. 102760, abr. 2021.

FIORAVANTI, R. D.; AMANCIO, M. A.; GALVES, M. L. Alternatives to reduce congestion and improve the road system using a multicriteria decision analysis: A case study in the city of Campinas, Brazil. **Urban Transport XIII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century**, v. 96, p. 63, 2007

Fioravanti, R., Lima Jr, O. F., Moreno, G. N. M., & Pinto, J. A. . ULaaS: Urban Logistics as a Service—a Conceptual Platform for Digital Transformation of Logistics Services in Urban Areas. **Transportation Research Procedia**, 2023.

FERRARI, Andrea et al. 4.0 technologies in city logistics: an empirical investigation of contextual factors. **Operations Management Research**, v. 16, n. 1, p. 345-362, 2023.

FLORA, Mariana; EWBANK, Henrique; VIEIRA, José Geraldo Vidal. Framework for urban freight transport analysis in medium-sized cities. *urbe*. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **The Future of Jobs Report 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>. Acesso em: 19 mai. 2024.

FURQUIM, T. S. G.; VIEIRA, J. G. V.; CARVALHO, N. L. A. **Desafios Logísticos e Restrições da Distribuição de Carga Urbana em Cidades de Médio Porte: o caso de Sorocaba**. XXX ANPET - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte e Ensino. **Anais...**Rio de Janeiro: 2016.

FURQUIM, Thales Stevan Guedes; OLIVEIRA, Renata Lúcia Magalhães de; VIEIRA, José Geraldo Vidal. Perspectiva dos varejistas e transportadores sobre a logística urbana da cidade de Sorocaba: uma análise espacial. *urbe*. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, p. e20190140, 2020.

G1. Censo do IBGE: cidades médias puxam crescimento do Brasil. *G1*, 1 jul. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/centro/noticia/2023/07/01/centro-do-ibge-cidades-medias-puxam-crescimento-do-brasil.ghtml>. Acesso em: 19 ago. 2024.

GANG, Song; NAN, Zhang; HUI, Zhu. The complexity of urban management and the coping strategies based on big data. **Urban Development Studies**, v. 21, n. 8, p. 72-76, 2014.

GARCIA, Ana Leticia Guimarães. Espaços urbanos derivados da implantação de conjuntos habitacionais e áreas de ocupação ilegal: o caso da região do distrito industrial de Campinas. 2011.

GATTA, Valerio; MARCUCCI, Edoardo; LE PIRA, Michela. *E-commerce* and urban logistics: trends, challenges, and opportunities. **Handbook on City Logistics and Urban Freight**, p. 422-443, 2023.

GEROLIMINIS, Nikolas; HADDAD, Jack; RAMEZANI, Mohsen. Optimal perimeter control for two urban regions with macroscopic fundamental diagrams: A model predictive approach. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 14, n. 1, p. 348-359, 2012.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GHAJARGAR, Maliheh; ZENEZINI, Giovanni; MONTANARO, Teodoro. Home delivery services: innovations and emerging needs. **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 12, p. 1371-1376, 2016.

GIULIANO, Genevieve. **Synthesis of freight research in urban transportation planning**. Transportation Research Board, 2013.

GIULIANO, Genevieve. The challenges of freight transport in cities. **Handbook on City Logistics and Urban Freight**: 0, p. 11, 2023.

GOLINSKA-DAWSON, Paulina; SETHANAN, Kanchana. Sustainable urban freight for energy-efficient smart cities—systematic literature review. **Energies**, v. 16, n. 6, p. 2617, 2023.

GOODALL, Noah J. Potential crash rate benchmarks for automated vehicles. **Transportation research record**, v. 2675, n. 10, p. 31-40, 2021.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA; UNESCO. *Plano de Reabilitação Participativo do Centro Antigo de Salvador*. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2010. Disponível em: <https://biblioteca.fmlf.salvador.ba.gov.br/phl82/pdf/livros/CAS2.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025

GUTIÉRREZ-GALLEGO, José Antonio et al. Travel prediction methodology in medium-sized cities with GIS-T: maximum to minimum cost disaggregation. **Cuadernos Geográficos**, v. 54, n. 2, p. 172-195, 2015.

HAGUETTE, Teresa Maria Frota. A educação como direito de participação na herança cultural. 1993.

HEATH, N. The long-range drone that can keep up with a car and fly for an hour. 2015.

HERN, Alex. DHL launches first commercial drone ‘parcelcopter’ delivery service. **The Guardian**, v. 25, p. 2014, 2014.

HOLGUÍN-VERAS, José; JALLER, Miguel. Comprehensive freight demand data collection framework for large urban areas. In: **Sustainable urban logistics: Concepts, methods and information systems**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 91-112.

HOLGUÍN-VERAS, J.; SÁNCHEZ-DÍAZ, I.; BROWNE, M. Sustainable Urban Freight Systems and Freight Demand Management. **Transportation Research Procedia**, v. 12, p. 40–52, 2015.

HOLGUÍN-VERAS, Jose et al. **Improving freight system performance in metropolitan areas: a planning guide**. 2015.

HOLGUÍN-VERAS, José; KALAHASTHI, Lokesh; RAMIREZ-RIOS, Diana G. Atração de viagens de serviço em estabelecimentos comerciais. **Pesquisa de Transporte Parte E: Revisão de Logística e Transporte**, v. 102301, 2021.

IWAN, Stanisław et al. Efficiency of light electric vehicles in last mile deliveries–Szczecin case study. **Sustainable Cities and Society**, v. 74, p. 103167, 2021.

IBGE. Demographic Census. Rio de Janeiro, 2022.

JALLER, M.; WANG, X. (CARA); HOLGUIN-VERAS, J. Large urban freight traffic generators: Opportunities for city logistics initiatives. **Journal of Transport and Land Use**, v. 8, n. 1, p. 51, 18 fev. 2015.

KARAGIANNAKIDIS, Dimitrios et al. Sustainable urban mobility indicators for medium-sized cities. The case of Serres, Greece. In: **2nd Conference on Sustainable Urban Mobility, Volos, Greece**. 2014.

KNEIB, Erika Cristine. Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano. **Brasília DF**, 2004.

KUMARAGE, Sakitha Pathmila. **Use of crowdsourced travel time data in traffic engineering applications**. 2018. Tese de Doutorado.

KUJAWSKI, Artur; NÜRNBERG, Mariusz. Analysis of the potential use of unmanned aerial vehicles and image processing methods to support road and parking space management in urban transport. **Sustainability**, v. 15, n. 4, p. 3285, 2023.

KUSTIJA, Jaja et al. SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) as A Solution to Overcome Traffic Congestion in Big Cities. **International Journal of Research and Applied Technology (INJURATECH)**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2023.

KAWAMURA, Kazuya; LU, Yandan. Evaluation of delivery consolidation in US urban areas with logistics cost analysis. **Transportation research record**, v. 2008, n. 1, p. 34-42, 2007.

KWASIBORSKA, Anna; STELMACH, Anna; JABŁOŃSKA, Izabela. Quantitative and Comparative Analysis of Energy Consumption in Urban Logistics Using Unmanned Aerial Vehicles and Selected Means of Transport. **Energies**, v. 16, n. 18, p. 6467, 2023.

LABEGALINI, Alexandre et al. Modelos de geração de viagens e demanda por vagas de estacionamento para transporte urbano de cargas em cidades de médio porte: o caso de Itajubá-MG. 2020.

LAM, Hing Keung William et al. Origin-destination demand estimation models. In: **Encyclopedia of Transportation**. Elsevier Ltd., 2021. p. 515-518.

LI, Xin; YING, Xiaowen; CHUAH, Mooi Choo. Grip++: Enhanced graph-based interaction-aware trajectory prediction for autonomous driving. **arXiv preprint arXiv:1907.07792**, 2019.

LI, Qiao; LI, Xinghua; LI, Jianxin. Research on logistics vehicle scheduling optimization based on cyber-physical system. In: **2020 International Conference on Computer Engineering and Application (ICCEA)**. IEEE, 2020. p. 537-542.

LINDHOLM, Maria; BEHRENDTS, Sönke. Challenges in urban freight transport planning—a review in the Baltic Sea Region. **Journal of transport geography**, v. 22, p. 129-136, 2012.

LIU, Shuguang. A hybrid population heuristic for the heterogeneous vehicle routing problems. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 54, p. 67-78, 2013.

LIU, C.; WANG, Q.; SUSILO, Y. O. Assessing the impacts of collection-delivery points to individual's activity-travel patterns: A greener last mile alternative? **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 2017.

LEFÈVRE, Stéphanie; VASQUEZ, Dizan; LAUGIER, Christian. A survey on motion prediction and risk assessment for intelligent vehicles. **ROBOMECH journal**, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2014.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de pesquisa. _____. **Técnicas de pesquisa**, v. 6, 2002.

MALCZEWSKI, Jacek. **GIS and multicriteria decision analysis**. John Wiley & Sons, Inc, 1999.

MANZINI, Eduardo José. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. **Seminário internacional sobre pesquisa e estudos qualitativos**, v. 2, p. 58-59, 2004.

- MO, Xiaoyu; XING, Yang; LV, Chen. Interaction-aware trajectory prediction of connected vehicles using CNN-LSTM networks. In: **IECON 2020 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society**. IEEE, 2020. p. 5057-5062.
- MO, Xiaoyu et al. Multi-agent trajectory prediction with heterogeneous edge-enhanced graph attention network. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 23, n. 7, p. 9554-9567, 2022.
- MOHANTY, S. P.; CHOPPALI, U.; KOUGIANOS, E. Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone. **IEEE Consumer Electronics Magazine**, v. 5, n. 3, p. 60–70, jul. 2016.
- MJØSUND, Christian S.; HOVI, Inger Beate. GPS data as a basis for mapping freight vehicle activities in urban areas—A case study for seven Norwegian cities. **Research in Transportation Business & Management**, v. 45, p. 100908, 2022.
- MUSTAFA KAMAL, Muhammad; IRANI, Zahir. Analysing supply chain integration through a systematic literature review: a normative perspective. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 19, n. 5/6, p. 523-557, 2014.
- NATIONS, U. **2022 Revision of World Urbanization Prospects**. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wup/>. Acesso em: 09 nov. 2022.
- NUNES, Charles Pereira. Geração de viagens de veículos de carga e caracterização das dificuldades no recebimento de carga na região central de Sorocaba-SP. 2021.
- OLIVEIRA, L. K.; MATOS, B. A.; DABLANC, L.; RIBEIRO, K.; ISA, S. S. **Distribuição Urbana de Mercadorias e Planos de Mobilidade de Carga: oportunidades para municípios brasileiros**. Brasília: 2018a.
- OTTE, Thomas; SOLVAY, Alexia Fenollar; MEISEN, Tobias. **The future of urban freight transport: Shifting the cities role from observation to operative steering**. Universitätsbibliothek der RWTH Aachen, 2020.
- PAN, Shenle et al. Smart city for sustainable urban freight logistics. **International Journal of Production Research**, v. 59, n. 7, p. 2079-2089, 2021.
- PATIER, Danièle; ROUTHIER, Jean-Louis. How to improve the capture of urban goods movement data?. In: **Transport Survey Methods: Keeping up with a Changing World**. Emerald Group Publishing Limited, 2009. p. 251-287.
- PATTON, M. Q. *Qualitative research & evaluation methods: integrating theory and practice*. 4. ed. Thousand Oaks: SAGE, 2015.
- PINTO, Janaina Antonino et al. Coupled models using radar network database to assess vehicular emissions in current and future scenarios. **Science of The Total Environment**, v. 761, p. 143207, 2021.
- PITERA, Kelly et al. The complexity of planning for goods delivery in a shared urban space: a case study involving cyclists and trucks. **European Transport Research Review**, v. 9, p. 1-10, 2017.
- POÇOS DE CALDAS. *Plano de Mobilidade Urbana do Município de Poços de Caldas*. Poços de Caldas: Prefeitura Municipal, 2023.

POJANI, Dorina; STEAD, Dominic. Sustainable urban transport in the developing world: beyond megacities. **Sustainability**, v. 7, n. 6, p. 7784-7805, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBÁ. Disponível em: <https://www.itajuba.mg.gov.br/>. Acesso em: 16 jan. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE POÇOS DE CALDAS. Disponível em: <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/>. Acesso em: 19 jan. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. Disponível em: <https://salvador.ba.gov.br/>. Acesso em: 19 jan. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTO ANDRÉ. Disponível em: <https://www.santoandre.sp.gov.br/>. Acesso em: 19 jan. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA. Disponível em: <https://www.sorocaba.sp.gov.br/>. Acesso em: 19 jan. 2025.

RACHMADI, M. Febrian et al. Adaptive traffic signal control system using camera sensor and embedded system. In: **TENCON 2011-2011 IEEE Region 10 Conference**. IEEE, 2011. p. 1261-1265.

RAMOS-SCHARRON, Carlos E.; MACDONALD, Lee H. Development and application of a GIS-based sediment budget model. **Journal of Environmental Management**, v. 84, n. 2, p. 157-172, 2007.

ROGER WILLIAM VICKERMAN et al. **International Encyclopedia of Transportation**. [s.l.] Elsevier, 2021.

REN, Juanjuan; SALLEH, Siti Salwa. Green urban logistics path planning design based on physical network system in the context of artificial intelligence. **The Journal of Supercomputing**, p. 1-22, 2023.

RINCÓN, Daniela; KHAN, Usman T.; ARMENAKIS, Costas. Flood risk mapping using GIS and multi-criteria analysis: A greater Toronto area case study. **Geosciences**, v. 8, n. 8, p. 275, 2018.

RUSSO, Francesco; COMI, Antonio. City characteristics and urban goods movements: A way to environmental transportation system in a sustainable city. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 39, p. 61-73, 2012.

SHARMA, V. et al. Advancements in urban logistics toward smart, sustainable reforms in developing enabling technologies and markets. **Kybernetes**, v. 51, n. 3, p. 1038–1061, 27 maio 2021.

SETTEY, T. et al. The Growth of *E-commerce* Due to COVID-19 and the Need for Urban Logistics Centers Using Electric Vehicles: Bratislava Case Study. **Sustainability**, v. 13, n. 10, p. 5357, 11 maio 2021.

SERRANO-HERNANDEZ, Adrian et al. A hybrid modeling approach for automated parcel lockers as a last-mile delivery scheme: a case study in Pamplona (Spain). In: **2021 Winter Simulation Conference (WSC)**. IEEE, 2021. p. 1-12.

- SHUAI, Liu; HONG-CHUN, Wang. Discussion on the problems and countermeasures of smart city logistics system. In: **2017 29th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)**. IEEE, 2017. p. 3434-3438.
- SILVA, Thiago Canhos Montmorency; MARINS, Karin Regina de Castro. Avaliação do potencial de integração entre o uso e ocupação do solo e o transporte de carga em um recorte urbano de São Paulo. **Transportes**, v. 27, n. 2, p. 117–135, 2019.
- STEENBERGHEN, Thérèse et al. Study on harmonised collection of European data and statistics in the field of urban transport and mobility. **Final report (revised version)**, v. 24, 2013.
- ŠULYOVÁ, D.; VODÁK, J.; KOMAN, G. Implementation Smart City Concepts for Mobility, Case Study of World Logistic Models on the Smart Principles. **LOGI – Scientific Journal on Transport and Logistics**, v. 11, n. 2, p. 110–119, 1 nov. 2020.
- TANDA, A.; DE MARCO, A. The value propositions of Smart City Mobility projects. **Transportation Planning and Technology**, v. 44, n. 8, p. 860–886, 30 out. 2021.
- TANIGUCHI, Eiichi. City logistics. *Infrastructure Planning Review*, v. 18, p. 1-16, 2001.
- TANIGUCHI EIICHI ; THOMPSON, R. G. **City logistics. 1, New opportunities and challenges**. London: Wiley-Iste, 2018.
- TAMAKLOE, Reuben et al. Examining urban delivery service user profiles and determinants of drone delivery adoption in Ghana considering usage before and after the COVID-19 pandemic. **Transport Policy**, v. 146, p. 279-294, 2024.
- TIAPRASERT, Kamonthep et al. Queue length estimation using connected vehicle technology for adaptive signal control. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 16, n. 4, p. 2129-2140, 2015.
- THÉRÈSE STEENBERGHEN et al. Study on harmonised collection of European data and statistics in the field of urban transport and mobility. **Final report**. 1 jan. 2013.
- TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Três enfoques na pesquisa em ciências sociais: o positivismo, a fenomenologia e o marxismo. 1987.
- VASCONCELLOS, E. A. Transport Metabolism, Social Diversity and Equity: the case 101 of São Paulo, Brazil. **Journal of Transport Geography**, v. 13, p. 29–339, 2005.
- VIANA, Marcella Sgura; DELGADO, Juan Pedro Moreno. City logistics in historic centers: Multi-criteria evaluation in GIS for city of Salvador (Bahia–Brazil). **Case Studies on Transport Policy**, v. 7, n. 4, p. 772-780, 2019.
- VICKERMAN, Roger. **International Encyclopedia of Transportation**. Elsevier, 2021.
- WONG, Chee et al. Towards a theory of supply chain alignment enablers: a systematic literature review. **Supply chain management: an international journal**, v. 17, n. 4, p. 419-437, 2012.
- XUE, Shuyan et al. Spatial pattern and influencing factor analysis of attended collection and delivery points in Changsha city, China. **Chinese Geographical Science**, v. 29, p. 1078-1094, 2019

YANG, L. Research on Logistics Distribution Vehicle Path Optimization Based on Simulated Annealing Algorithm. **Advances in Multimedia**, v. 2022, p. 1–8, 6 maio 2022.

YANG, Xia et al. Urban freight delivery stop identification with GPS data. **Transportation Research Record**, v. 2411, n. 1, p. 55-61, 2014.

ZARBAKHSHNIA, Navid et al. A novel multi-objective model for green forward and reverse logistics network design. **Journal of cleaner production**, v. 208, p. 1304-1316, 2019.

ZENEZINI, G.; MANGANO, G.; DE MARCO, A. Experts' opinions about lasting innovative technologies in City Logistics. **Research in Transportation Business & Management**, p. 100865, jul. 2022.

ZHOU Qiao, research and design of CPS-based garbage transfer scheduling system, **Jiangxi University of Technology**, 2018.

ZOCKAIE, Ali; SABERI, Meead; SAEDI, Ramin. A resource allocation problem to estimate network fundamental diagram in heterogeneous networks: Optimal locating of fixed measurement points and sampling of probe trajectories. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 86, p. 245-262, 2018.

APÊNDICE A – Questionário

1. Nome do participante, cargo e secretaria em que atua:

EIXO ÚLTIMA MILHA

Segmentos: Uso do solo e Infraestrutura

Iniciativas do *City Logistics*: Gerenciamento de Infraestrutura e Uso do Solo

2. Como a distribuição de áreas na cidade (residencial, comercial e industrial) influencia no transporte de cargas na cidade? Se necessário, selecione mais de uma alternativa.

- ☐ Facilita o acesso eficiente a diferentes áreas, reduzindo tempos de deslocamento e congestionamentos;
- ☐ Varia de acordo com a localidade, apresentando benefícios em algumas áreas e desafios em outras;
- ☐ Cria obstáculos logísticos devido à proximidade inadequada de áreas, aumentando a complexidade nas rotas de transporte;
- ☐ Não há influência significativa na eficiência das operações de transporte de cargas urbano.

3. Considerando o transporte de cargas na cidade, como as condições atuais de infraestrutura, como ruas, estradas, e acessos, impactam a eficiência e fluidez dessas atividades?

- ☐ **Não influencia:** As condições atuais de infraestrutura das vias urbanas não têm impacto na eficiência e fluidez do transporte de cargas na cidade;
- ☐ **Influencia pouco:** As condições atuais de infraestrutura das vias urbanas têm um pequeno impacto na eficiência e fluidez do transporte de cargas na cidade;
- ☐ **Influencia muito:** As condições atuais de infraestrutura das vias urbanas têm um impacto significativo na eficiência e fluidez do transporte de cargas na cidade.

4. **Existem áreas específicas que demandam melhorias ou intervenções para melhorar a fluidez do transporte de cargas? Escolha a(s) área(s) que demandam melhorias em sua cidade.**

- ☐ **Zonas industriais** com acesso inadequado para veículos de carga;
- ☐ **Áreas residenciais** com ruas estreitas que dificultam a passagem de veículos de carga;
- ☐ **Locais de carga e descarga** mal planejados, causando congestionamento;
- ☐ **Interseções viárias congestionadas** que impactam o fluxo de cargas;
- ☐ **Estradas danificadas ou mal-conservadas** que prejudicam o transporte de cargas;
- ☐ **Áreas comerciais** com falta de estacionamento para veículos de carga durante as operações de carga e descarga.

EIXO ÚLTIMA MILHA

Segmentos: Tráfego Urbano de Veículos de Carga e Congestionamento

Iniciativas do City Logistics: Gerenciamento de Tráfego, Preços, Incentivos e Tributação e Engajamento das Partes Interessadas

5. **Com relação ao tráfego de VUC (Veículos Urbanos de Carga), que incluem caminhões, vans, furgões, etc., quais são os principais desafios enfrentados na cidade? Enumere do menos relevante (1) ao mais relevante (5).**

- Restrições de acesso a determinadas áreas urbanas devido ao tamanho e peso dos VUC: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Dificuldade de encontrar estacionamentos adequados para VUC nas áreas urbanas: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Congestionamento em vias estreitas devido à presença de VUC durante as horas de pico: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Impacto ambiental decorrente das emissões de poluentes por veículos urbanos de carga (VUC): 1_,2_,3_,4_,5_;
- Desafios de segurança relacionados às manobras e operações de carga e descarga em áreas urbanas: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Conflitos com outros modos de transporte, como ciclistas e pedestres, devido ao tamanho dos VUC: 1_,2_,3_,4_,5_;

- Falta de infraestrutura adequada, como rampas de carga e descarga, para VUC em áreas urbanas: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Regulamentações complexas e inconsistentes para o tráfego de VUC na cidade: 1_,2_,3_,4_,5_.

6. Quais são os principais pontos de congestionamento nas áreas urbanas? Enumere os pontos de congestionamento de acordo com sua relevância, utilizando uma escala de 1 a 5, onde 1 é o menos relevante e 5 é o mais relevante.

- **Interseções de grande tráfego** (áreas onde várias vias se encontram e há um alto fluxo de veículos, como cruzamentos de avenidas movimentadas e rotatórias.) 1_,2_,3_,4_,5_.
- **Zonas comerciais movimentadas** (incluem áreas com muitas lojas, restaurantes e comércios, onde o tráfego de veículos é intenso devido à presença de consumidores e entregas de mercadorias.) 1_,2_,3_,4_,5_.
- **Acessos a rodovias ou vias expressas** (pontos de entrada e saída das principais vias de tráfego rápido, como pontes, túneis e rampas de acesso, que podem congestionar devido à concentração de veículos.) 1_,2_,3_,4_,5_.
- **Áreas residenciais densamente povoadas** (locais onde há uma alta densidade populacional e, conseqüentemente, muitos veículos circulando nas ruas residenciais.) 1_,2_,3_,4_,5_.
- **Centros urbanos com alta concentração de empresas** (áreas onde há muitos escritórios, indústrias e empresas, resultando em um intenso fluxo de veículos de trabalho e serviços.) 1_,2_,3_,4_,5_.

7. Quais são as principais causas desses congestionamentos? Enumere as causas de congestionamento de acordo com sua relevância, utilizando uma escala de 1 a 5, onde 1 é o menos relevante e 5 é o mais relevante.

- Restrições de acesso devido à falta de planejamento urbano integrado: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Volume excessivo de veículos de carga nas vias urbanas: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Ineficiência na gestão dos horários de carga e descarga: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Falta de infraestrutura adequada para a movimentação de cargas na cidade: 1_,2_,3_,4_,5_;

- Uso inadequado do espaço público para atividades logísticas: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Conflitos entre diferentes modos de transporte e usuários das vias, como pedestres, ônibus, ciclistas e veículos de carga: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Interferências de obras e manutenções nas vias: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Semáforos mal sincronizados: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Estacionamento irregulares ou inadequados: 1_,2_,3_,4_,5_;
- Restrições de acesso a determinadas áreas: 1_,2_,3_,4_,5_.

8. Quais iniciativas a cidade utiliza para reduzir o congestionamento nas áreas urbanas, especialmente durante as horas de pico? Identifique abaixo as iniciativas implementadas pela cidade e acrescente outras não listadas, se houver. Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Implementação de zonas de restrição de acesso para veículos de carga durante horários específicos;
- ☐ Melhoria na gestão dos horários de carga e descarga, estabelecendo horários específicos e incentivando a utilização de áreas de carga temporária;
- ☐ Promoção de um uso mais eficiente do espaço público para atividades logísticas, através da implementação de áreas dedicadas para carga e descarga;
- ☐ Implementação de medidas para reduzir conflitos entre diferentes modos de transporte e usuários das vias, como a criação de rotas segregadas para veículos de carga;
- ☐ Implantação de microhubs (pontos de ponto de consolidação e distribuição de cargas localizados estrategicamente em áreas urbanas), reduzindo a necessidade de veículos de carga nas vias durante as horas de pico;
- ☐ Incentivos fiscais (como redução de impostos municipais ou isenção de taxas de licenciamento) para empresas adotarem horários alternativos de carga e descarga;
- ☐ Desenvolvimento de rotas logísticas otimizadas para reduzir o tempo de deslocamento dos veículos de carga;
- ☐ Investimento em infraestrutura de transporte público para incentivar o uso de modos sustentáveis de transporte;
- ☐ Utilização de tecnologias inteligentes, como sistemas de gestão de tráfego e monitoramento em tempo real;
- ☐ Parcerias público-privadas para aprimorar a gestão do tráfego e da mobilidade urbana;

- ☐ Campanhas de conscientização para motoristas e usuários das vias sobre a importância da colaboração para reduzir o congestionamento.

EIXO ÚLTIMA MILHA

Segmentos: Estacionamento e Circulação

Iniciativas do City Logistics: Gerenciamento de Áreas de Estacionamento e Preços, Incentivos e Tributação.

9. Quais dos desafios abaixo a cidade enfrenta relacionados à circulação de VUC? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Problemas de estacionamento duplo que obstruem as vias urbanas, dificultando ainda mais a disponibilidade de espaços para VUC;
- ☐ Infraestrutura inadequada, como ruas estreitas e mal projetadas, na capacidade de estacionamento e circulação de VUC;
- ☐ Dificuldade de acesso a locais de entrega devido à falta de calçadas adequadas e acessíveis para os motoristas de VUC;
- ☐ Aumento dos riscos de acidentes de trânsito devido à combinação de estacionamento duplo, infraestrutura inadequada e calçadas inadequadas para VUC.

10. A cidade possui problemas de estacionamento para VUC (veículos Urbanos de Carga)?

- ☐ Sim
- ☐ Não

11. Quais são os principais problemas relacionados ao estacionamento que a cidade enfrenta? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Sobrecarga de espaços de estacionamento devido ao aumento do tráfego de veículos de entrega;
- ☐ Dificuldade de acesso a áreas urbanas devido à falta de estacionamentos adequados para veículos de carga e descarga;
- ☐ Congestionamento em áreas comerciais devido à ocupação indevida de vagas de estacionamento por veículos de logística;

- ☐ Desafios na gestão de estacionamentos para otimizar a distribuição de mercadorias e minimizar o impacto no tráfego urbano;
- ☐ Conflitos entre motoristas de entrega e outros usuários de estacionamentos públicos, prejudicando a fluidez do sistema de transportes.

12. Quais dessas estratégias estão sendo consideradas ou implementadas para melhorar a disponibilidade e acessibilidade de espaços de estacionamento para VUC? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Implementação de tecnologias de monitoramento;
- ☐ Parcerias com estabelecimentos comerciais para compartilhamento de espaços;
- ☐ Zoneamento específico para VUC;
- ☐ Incentivos fiscais para construção de estacionamentos VUC;
- ☐ Educação e conscientização;
- ☐ Modernização de infraestruturas existentes;
- ☐ Monitoramento e fiscalização eficientes;
- ☐ Incorporar requisitos específicos para espaços de estacionamento de VUC nos planos de desenvolvimento urbano;
- ☐ Restrições de circulação de veículos;
- ☐ Cobrança de tarifas de estacionamento para veículos de carga e/ou veículos de passeio em áreas de alta demanda durante os horários de pico.

EIXO ÚLTIMA MILHA

Segmentos: Tecnologias e Programas

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

13. Quais tecnologias as autoridades municipais estão utilizando ou planejando implementar em Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) para melhorar a gestão do transporte urbano de cargas? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Implementação de sensores de tráfego (radar) para monitorar o fluxo de veículos de carga em tempo real;
- ☐ Uso de câmeras de vigilância inteligentes para analisar padrões de tráfego e otimizar rotas de entrega;
- ☐ Desenvolvimento de aplicativos móveis para motoristas de carga com informações em tempo real sobre condições de tráfego e estacionamento;
- ☐ Utilização de semáforos inteligentes que se adaptam dinamicamente ao volume de tráfego de veículos de carga;
- ☐ Integração de Sistemas de Localização Geográfica (SIG) para rastrear e gerenciar frotas de transporte de cargas de forma mais eficiente;
- ☐ Implementação de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para processar dados provenientes de sensores de tráfego, câmeras de vigilância, aplicativos móveis e sistemas de geolocalização.
- ☐ Criação de áreas de estacionamento inteligentes que utilizam tecnologias para indicar a disponibilidade de vagas para veículos de carga;
- ☐ Desenvolvimento de painéis de controle centralizados para monitoramento e gestão de operações de transporte urbano de cargas;
- ☐ Introdução de veículos autônomos ou semi-autônomos para otimizar o transporte de cargas e reduzir a congestão do tráfego.

EIXO MEIO AMBIENTE

Segmentos: Impactos Ambientais/Ruídos/Emissões

Iniciativas do *City Logistics*: Estratégias Relacionadas a veículos e Engajamento das Partes Interessadas

14. Quais são os principais impactos ambientais causados pelas atividades de logística urbana na cidade? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Emissões de poluentes atmosféricos de veículos de carga;
- ☐ Congestionamento do tráfego e tempo prolongado de funcionamento dos motores;
- ☐ Geração de resíduos e poluição sonora nas operações de carga e descarga;
- ☐ Desmatamento e degradação ambiental pela expansão da infraestrutura viária;

- ☐ Impacto na qualidade do ar devido ao transporte de mercadorias perigosas;
- ☐ Degradação ambiental relacionada à construção de estradas para transporte de carga.

15. Como as emissões de poluentes atmosféricos dos veículos de carga impactam o meio ambiente e a saúde pública na cidade? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Impacto direto na saúde das pessoas devido ao aumento da poluição atmosférica;
- ☐ Impacto nas mudanças climáticas e na qualidade do ar urbano, exigindo medidas efetivas para mitigar esses efeitos.
- ☐ Necessidade de implementar políticas e ações para reduzir as emissões e proteger o meio ambiente;
- ☐ Importância de adotar medidas de controle e tecnologias mais limpas no transporte de carga para minimizar os impactos ambientais e de saúde pública.

16. Quais medidas estão sendo consideradas ou implementadas para mitigar os impactos ambientais das operações de logística urbana na cidade? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Adoção de frotas de veículos elétricos ou movidos a fontes de energia limpa;
- ☐ Promoção do uso de bicicletas e veículos elétricos de carga para entregas de última milha;
- ☐ Implementação de zonas de baixa emissão ou restritas a veículos poluentes;
- ☐ Estabelecimento de políticas de carga e descarga em horários específicos para reduzir o congestionamento;
- ☐ Incentivos fiscais para empresas que adotam práticas sustentáveis na logística urbana;
- ☐ Desenvolvimento de centros de distribuição urbanos para reduzir a necessidade de viagens de longa distância;
- ☐ Integração de tecnologias de roteirização inteligente para otimizar as rotas de entrega.

17. Como o ruído gerado pelas atividades de logística urbana, especialmente durante as operações de última milha, impacta os residentes e as áreas urbanas da cidade? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Perturbação do sono e descanso dos residentes devido ao ruído constante;
- ☐ Redução da qualidade de vida nas áreas urbanas afetadas pelo barulho excessivo;
- ☐ Prejuízo ao valor imobiliário das propriedades nas proximidades das atividades de logística;
- ☐ Impacto negativo em estabelecimentos comerciais devido à interferência sonora;
- ☐ Redução da atratividade de áreas urbanas para moradores e visitantes devido ao barulho.

18. Quais políticas ou iniciativas estão em andamento para reduzir o impacto do ruído das atividades logísticas na cidade? Selecione quantas alternativas forem necessárias.

- ☐ Implementação de regulamentações de horários para operações logísticas, restringindo atividades ruidosas durante a noite;
- ☐ Promoção de veículos de entrega silenciosos e elétricos para reduzir o impacto sonoro;
- ☐ Criação de zonas industriais específicas com normas mais rígidas sobre controle de ruído;
- ☐ Desenvolvimento de programas de conscientização sobre a importância de reduzir o ruído nas operações logísticas;
- ☐ Incentivos fiscais para empresas que adotam tecnologias e práticas visando a diminuição do impacto sonoro;
- ☐ Integração de sistemas de monitoramento de ruído para avaliar e controlar níveis em áreas urbanas;
- ☐ Aplicação de multas mais rigorosas para empresas que não cumprem as regulamentações de ruído;
- ☐ Desenvolvimento de barreiras acústicas e soluções arquitetônicas para reduzir a propagação do som.

19. Questão Síntese: Considerando todos os Eixos (Última Milha e Ambiente) e Segmentos (Uso do Solo, Infraestrutura, Tráfego Urbano de Veículos, Estacionamento e Circulação, Congestionamento, Impactos Ambientais e Ruídos), quais são os principais desafios de logística urbana enfrentados pela cidade e quais tecnologias podem ser aplicadas para enfrentar esses desafios?