



Veículos "Verdes" como Alternativa Sustentável para a Última Milha

"Green" Vehicles as a Sustainable Alternative to the Last Mile

Recebido: 01/03/2024 | Revisado: 20/03/2024 | Aceito: 22/04/2024 | Publicado: 23/04/2024

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.11047143>

Caique Pereira de Andrade

Faculdade de Tecnologia da Zona Leste

<https://orcid.org/0009-0007-5344-6689>

caiique.andrade01@fatec.sp.gov.br

José Augusto Oliveira da Silva

Faculdade de Tecnologia da Zona Leste

<https://orcid.org/0009-0002-6192-6336>

jose.silva483@fatec.sp.gov.br

Thiago Gallinaro Mendes Ferreira

Faculdade de Tecnologia da Zona Leste

<https://orcid.org/0009-0001-0093-5469>

thiago.ferreira29@fatec.sp.gov.br

Aline Cristina Gomes da Costa

Faculdade de Tecnologia da Zona Leste

<https://orcid.org/0000-0001-7027-9690>

aline.costa22@fatec.sp.gov.br

Resumo

Este artigo realiza uma pesquisa sobre o uso de veículos “verdes” no transporte urbano de cargas como alternativa para os problemas de sustentabilidade promovidos pela *Last Mile* (última milha) para o setor de logística, sobretudo devido aos impactos do processo de urbanização ascendente e sem planejamento aliado a intensificação do consumo em massa e crescimento do varejo *omnichannel*. Atualmente, a questão ambiental está no cerne das discussões mundiais, onde a redução de emissão de CO² na atmosfera faz parte de um pacto global, nesse sentido, a logística de última milha é uma área de pesquisa emergente com crescente interesse de estudo, onde os veículos “verdes” aparecem como alternativa viável. Utiliza-se como metodologia para este artigo revisão de literatura e pesquisa bibliográfica, qualitativa e descritiva. Como principais resultados, entende-se que a adoção de veículos verdes na logística urbana pode contribuir para a redução da poluição ambiental, aquecimento global e dependência do petróleo, porém é necessário um esforço coletivo e integrado entre empresas e poder público para que as cidades reorganizem suas estruturas físicas e tecnológicas para promover o uso generalizado para que tal processo de transformação cause efeitos positivos a longo prazo nas sociedades.

Palavras-chave: Última Milha; Sustentabilidade; Alternativas; Veículos Verdes.



Abstract

This article carries out research on the use of “green” vehicles in urban freight transport as an alternative to the sustainability problems promoted by the Last Mile for the logistics sector, especially due to the impacts of the upward urbanization process and without planning combined with the intensification of mass consumption and the growth of omnichannel retail. Currently, the environmental issue is at the heart of global discussions, where the reduction of CO² emissions into the atmosphere is part of a global pact, in this sense, last mile logistics is an emerging area of research with growing study interest, where “Green” vehicles appear as a viable alternative. The methodology used for this article is literature review and bibliographical, qualitative and descriptive research. As main results, it is understood that the adoption of green vehicles in urban logistics can contribute to the reduction of environmental pollution, global warming and dependence on oil, but a collective and integrated effort between companies and public authorities is necessary for cities to reorganize its physical and technological structures to promote widespread use so that this transformation process causes long-term positive effects on societies.

Keywords Last Mile; Sustainability; Alternatives; Green Vehicles.

1. Introdução

A demanda por transporte urbano de cargas aumentou consideravelmente nos últimos anos, devido ao processo de urbanização e ao crescimento demográfico, juntamente com a crescente difusão do comércio eletrônico, novos princípios de gestão, como o *just-in-time* e, a introdução de novas tecnologias difundidas (Cárdenas et al., 2017). Em 2018 o volume de comércio eletrônico mundial obteve uma taxa de crescimento de 23,3% e aumentaram drasticamente durante a pandemia de COVID-19 em 2021, devido à alta quantidade de encomendas que precisaram ser entregues todos os dias, especialmente em grandes áreas urbanas que adotaram o lockdown para isolamento social. Dessa maneira, são necessários mais veículos de entrega circulando nas ruas para fazer a ponte da última milha em direção aos clientes finais (Buldeo Rai et al., 2019).

Devido ao crescente número de movimentos de veículos de mercadorias nas áreas urbanas, as metrópoles enfrentam congestionamentos, falta de espaço público, poluição do ar, ruído, etc., aspectos socioambientais que contribuem para a redução da qualidade de vida. As operações de logística urbana têm um impacto considerável em três diferentes aspectos da sustentabilidade: econômico (por ex. eficiência e custos de entregas),



ambiental (por ex., CO2 emissões) e sociais (por ex., congestionamento). (Buldeo Rai et al., 2019).

Neste contexto, a logística de última milha é utilizada como uma ferramenta para que as organizações consigam atender as demandas do comércio eletrônico, devido ao crescimento impulsionado pelo aumento da urbanização, crescimento populacional (Cárdenas et al., 2017), desenvolvimento do comércio eletrônico, mudança no comportamento do consumidor, inovação e crescente atenção à sustentabilidade (Buldeo Rai et al., 2019). Dentre as muitas definições para logística de última milha, a mais utilizada refere-se ao último trecho da cadeia de suprimentos, desde o último centro de distribuição até o ponto de destino preferido do destinatário (Sun et al., 2022).

A última milha é frequentemente descrita como uma das partes mais caras, ineficientes e poluentes da cadeia de suprimentos (Cárdenas et al., 2017). De acordo com Fontana e Leão (2021), a última milha representa de 13% a 75% do custo total da cadeia de suprimentos, depende de vários fatores, tais como a densidade do consumidor. A eficiência depende de múltiplos fatores, tais como as janelas de tempo, o congestionamento, a fragmentação das entregas e a dimensão e homogeneidade dos envios. A logística de última milha causa emissões de gases de efeito estufa, poluição do ar, ruído e congestionamento. Portanto, uma melhor compreensão da última milha é necessária para melhorar sua sustentabilidade econômica, ambiental e social (Goes et al., 2018). Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo identificar as alternativas sustentáveis para os problemas ocasionados pela *Last Mile*.

2. Referencial Teórico

2.1. Logística

Conceitos modernos de logística são a base de estratégias de negócios sustentáveis e tentam integrar todos os atores no atendimento da demanda do cliente. A maior



conscientização do consumidor em relação ao meio ambiente e regulamentações políticas mais rígidas destinadas a promover sustentabilidade ecológica, ocasionaram a necessidade de um realinhamento estratégico da logística, inclusive na logística de última milha. Os processos da cadeia de suprimentos acompanham às mudanças contínuas de produção-consumo-distribuição-sistemas de regulação, destacando-se por sua eficiência econômica, diversidade de tamanhos e tipos de empresas, e capacidade de resposta às mudanças nos requisitos do consumidor, como, por exemplo, para velocidade de entrega, preço e sustentabilidade ambiental (Buldeo Rai et al., 2019).

A logística é uma parte crítica da cadeia de suprimentos (CS), um dos fatores mais relevantes para a competitividade e o desempenho operacional de uma empresa. Inicialmente, surgiu como uma atividade ligada à supervisão da movimentação e armazenagem de produtos finais, mas com o tempo, seu conceito se expandiu para abranger as exigências mercadológicas, passando a incluir também os processos de obtenção de matéria-prima, transformação e distribuição (HE et al., 2022). Dessa forma, a gestão da logística passa a englobar a coordenação de várias atividades, como aquisição, estocagem, armazenagem e transporte de materiais (Parhi et al., 2022), envolvendo a tomada de decisão em nível estratégico, tático e operacional, aliada a aspectos sociais, econômicos e ambientais (Kaiser et al., 2017).

Por sua vez, a logística como conhecemos hoje, surgiu como resultado da diversificação e especialização da produção industrial, da disponibilidade de recursos com localização global, de consumidores altamente exigentes e dos avanços nas tecnologias de comunicação e transporte de mercadorias. Visto às diversas necessidades dos clientes, requisitos ambientais rígidos e concorrentes globais, a competitividade tem crescido exponencialmente nos últimos anos. Nesse sentido, para que as empresas sobrevivam e, mais do que isso, prosperem no mercado atual é preciso atentar-se para o desempenho logístico (Sun et al., 2022). Para tal, são necessárias, entre outras ações, investimentos em tecnologia, desenvolvimento de modelos inteligentes para otimização



de funções logísticas e utilização de alternativas que promovam garantia da sustentabilidade. Isso requer maior atenção devido às crescentes ofertas e demandas de produtos vendidos online, que tornam ainda mais desafiador o papel da logística no contexto do *e-commerce* (Qaiser et al., 2017).

A logística do comércio eletrônico é relativamente recente e surgiu da maior procura por produtos vendidos pela internet e a consequente necessidade de envio de grandes variedades de produtos para longas e curtas distâncias. Apesar de indispensável para promoção de compras online, a logística do comércio eletrônico é uma das operações mais caras para esse setor, sendo, na maior parte das vezes, terceirizada para prestadores de serviços logísticos (He et al., 2022).

Segundo Sun et.al (2022) em 2019 houve um alto crescimento no volume global de transações do varejo online, que atingiu US\$ 3,535 trilhões, com aumento de 20,7% ao ano. Durante a pandemia de Covid-19, esse crescimento aconteceu exponencialmente, onde, por sua vez, devido ao isolamento social e períodos de *lockdown*, muitas empresas precisaram ingressar no comércio eletrônico para continuarem suas operações. Tal medida foi importante para evitar aglomerações e consequentemente a propagação do vírus. Concomitante a isso, o serviço de e-commerce passou a ser visto como vantajoso quanto à conveniência, capacidade de variedade de produtos e à visibilidade proporcionada às empresas através do marketing digital. Nesse contexto, houve a necessidade de otimizar a capacidade de resposta de entrega por parte dos varejistas (He et al., 2022), a fim de manter o nível de serviço e competitividade no mercado.

Por sua vez, as principais diferenças entre a logística empresarial tradicional e a logística do comércio eletrônico se encontram na forma de transação ou fluxo logístico entre agentes da cadeia de suprimentos e nos tamanhos e volumes de pedidos. Enquanto a logística empresarial é mais caracterizada pelo comércio entre empresas, com pedidos grandes e entregas, na maior parte das vezes, paletizadas; a logística do comércio eletrônico consiste, em sua maioria, no grande número de pequenos pedidos, dispersos



geograficamente e entregues de forma fracionada diretamente aos consumidores finais (Fontana, 2022). Assim, ao mesmo tempo em que os custos da logística do comércio eletrônico são maiores pela pouca possibilidade de consolidação de cargas, os custos das vendas online podem ser compensados pela economia nos custos fixos de se ter uma loja física, como: aluguel, energia elétrica, água e contratação e pagamento de funcionários.

2.2. Última milha (*last mile*)

Com base na literatura, a logística de última milha pode ser descrita como o processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do transporte e armazenamento de mercadorias, desde o ponto de entrada do pedido até o cliente final. A entrega de última milha é mais uma das diversas áreas do transporte urbano de mercadorias que correspondam ao conjunto de atividades necessárias para o processo de entrega desde o último ponto de trânsito até o consumidor final (Fontana & Leão, 2021).

De acordo com Goes et al. (2018), cabe à última milha completar o processo de compra on-line, responsável pela entrega de mercadorias aos compradores e, para tal, se faz uso de centros de distribuição, meios de transporte e distribuidores logísticos. Seu desempenho é o ponto crucial no relacionamento entre varejista do comércio eletrônico e cliente final, com o poder de estabelecer ou romper vínculos e afetar diretamente na decisão de compra do cliente, além de ser fundamental para a percepção destes quanto ao desempenho de todo o processo logístico.

Nesse sentido, a entrega de última milha refere-se às atividades necessárias para a entrega física até o destino final escolhido pelo destinatário. De acordo com Fontana e Leão (2021), ela também pode ser vista como o *front-end*, onde a última milha encontra o receptor. Esta e o transporte de última milha estão fortemente inter-relacionados e, portanto, são frequentemente pesquisados em combinação. A maior parte concentra-se em tecnologias e inovações emergentes, particularmente soluções de recepção de mercadorias.



De acordo com relatório do WEF (2019 citado por Galkin et al., 2019), a demanda por entregas de última milha está crescendo globalmente, em que estima-se um aumento de 78% até o ano de 2030. Nesse sentido, a gestão racional do processo de entrega de última milha tem papel importante na distribuição de mercadorias, assim como na confiabilidade e eficiência, dando suporte para o alcance do nível de serviço necessário.

As empresas que comercializam online estão se empenhando para aumentar suas capacidades de atendimento e oferecer serviços de entrega de última milha mais robustos, visando evoluir em vendas e participação no mercado (Fontana & Leão, 2021). Ao mesmo tempo, devido ao aumento das exigências por velocidade nas entregas e das expectativas dos clientes, a etapa final da distribuição tem se tornado um dos elos mais críticos na gestão da cadeia de suprimentos e um ponto em que se deve buscar melhoria da eficiência.

Segundo o WEF (2019 citado por Galkin et al., 2019), é necessário identificar os diversos tipos de redes, segmentos e veículos de entrega para entender as vantagens e desafios atrelados ao transporte de última milha. Dessa forma, as redes de entrega de última milha são divididas em dois tipos: rede de entrega de encomendas e pequenas embalagens e rede de entrega de fretes – itens acima de 32 kg, como móveis e mercadorias maiores.

A distribuição de última milha está associada ao manuseio, movimentação e armazenamento de mercadorias até o ponto de consumo através de vários canais. O transporte de última milha concentra-se no movimento de mercadorias na última milha e pode ser feito através de diferentes meios, como veículos ligeiros de mercadorias, veículos pesados de mercadorias, veículos elétricos, bicicletas, triciclos ou drones. O transporte de última milha é portanto, a interface entre o cumprimento da última milha e a entrega da última milha, cujo transporte de última milha desempenha um papel fundamental no sistema de logística de última milha (Parkhi et al., 2022).



Nas últimas duas décadas, os serviços postais tiveram que se reinventar globalmente. Enquanto o fluxo de correspondências tradicionais diminuiu sem precedentes, o volume de encomendas aumentou de forma significativa. O crescente uso da internet e o aumento do comércio eletrônico têm levado a alterações consideráveis nos fluxos urbanos de passageiros e cargas (Parkhi et al., 2022). Nas áreas urbanas, os custos com externalidades – como congestionamentos, poluição, ruídos e outros – têm aumentado nos últimos anos, muito devido ao crescimento do número de entregas de mercadorias.

A quantidade de veículos de distribuição nas cidades é determinante na capacidade das vias, que são utilizadas, não só pelas empresas de frete, como também pelos cidadãos e seus próprios veículos, assim como pelos transportes públicos, o que contribui para os congestionamentos rodoviários. Ainda, enquanto as empresas tentam reduzir os prazos de entrega e custos de transportes, a alta densidade populacional também pressiona o tráfego rodoviário nas áreas residenciais, aumentando a complexidade do processo de entrega à domicílio (Bandeira et al., 2019).

A forma convencional de entrega de última milha envolve entregas porta a porta utilizando caminhões a diesel que partem de um armazém com uma capacidade considerável de carga e que permite, por vezes, a consolidação de produtos a fim de reduzir custos e emissões (He et al., 2022). No entanto, ainda que se faça uso da alternativa de consolidação de cargas, o número crescente de veículos de transporte logístico no meio urbano afeta drasticamente o tráfego e os índices de poluição das cidades, principalmente nos países emergentes. Além disso, as entregas de última milha geram também grande impacto financeiro, sendo a parte mais custosa, menos eficiente e mais desafiadora de todo o processo logístico de distribuição (Oliveira et al., 2019).

Com o avanço rápido do comércio eletrônico tem aumentado, também, o fluxo de pequenas cargas nas cidades, tanto de forma direta, como reversa. O aumento da oferta de entregas instantâneas, leva a maiores distâncias percorridas, ao mesmo tempo



em que caminhões são substituídos por veículos menores, resultando em maior consumo de energia e emissões. Mesmo que o grande consumo de diferentes recursos pela população urbana justifique a importância econômica do transporte de cargas, é preciso considerar suas implicações ambientais (Oliveira et al., 2018).

Hoje, o transporte de mercadorias é uma das mais relevantes fontes de insustentabilidade, contribuindo com cerca de 40% da poluição atmosférica e das emissões sonoras nas cidades (Bandeira et al., 2019). De acordo com He et al. (2022), estima-se que o número de veículos de entrega aumentará 36% entre os anos de 2019 e 2030 nas cem principais cidades do mundo, gerando emissões de mais de 6 milhões de toneladas de CO₂.

O conceito de sustentabilidade envolve atender as necessidades atuais sem comprometer a possibilidade de atender as demandas das gerações futuras. Isso implica em ser capaz de operar de forma a ter desempenho econômico, sem agredir o meio ambiente e garantindo o bem-estar da população (Bandeira et al., 2019). De acordo com Oliveira et al. (2018), a dimensão ambiental de sustentabilidade se refere aos impactos da organização em sistemas naturais vivos e não vivos, incluindo terra, ar, água e ecossistemas. De forma prática, o autor também caracteriza as empresas como ambientalmente sustentáveis de acordo com algumas condutas, como a utilização de produtos ou embalagens recuperados, redução dos requisitos energéticos de produtos e serviços e redução de emissões diretas de gases de efeito estufa.

A sustentabilidade ambiental na logística de última milha é um tema que interessa tanto às autoridades públicas quanto às comunidades, visto que os primeiros buscam reduzir emissões e os últimos lutam por um ambiente habitável. De acordo com Fontana e Leão (2021), a agenda da sustentabilidade ambiental converteu-se numa arena política relevante para governos locais ao longo dos últimos anos. Para além das iniciativas fomentadas pelos governos nacionais, as preocupações locais sobre os impactos



negativos da emissão de poluentes posicionaram as cidades como atores centrais no tema da sustentabilidade.

3. Metodologia

Para a elaboração deste artigo foi utilizada a pesquisa bibliográfica, que tem como objetivo explorar fontes bibliográficas científicas sobre um determinado tema com o intuito de levantar o conhecimento disponível sobre teorias e práticas para analisar, produzir ou explicar sobre objeto de estudo. Portanto, a pesquisa bibliográfica visa analisar as principais teorias de um tema (Gil, 2008) e foram consultados materiais publicados em livros, revistas, periódicos, artigos científicos, dissertações e teses sobre logística verde, sustentabilidade e Last Mile. De acordo com as classificações elaboradas por Stake (2011), este artigo classifica-se como básico quanto à sua natureza. Quanto ao seu objetivo, é classificado como descritivo, tendo em vista que visa a descrição de fenômenos e não a propositura de soluções. Com relação à abordagem, é qualitativo, onde “a análise dos materiais são métodos de pesquisa qualitativas mais comuns” (Stake, 2011, p. 30).

4. Resultados e discussão

A adoção da sustentabilidade na logística de última milha se refere ao planejamento, implementação, gerenciamento e controle dos processos de entrega com o objetivo de reduzir os custos e a degradação ambiental, e aumentar a segurança das vias urbanas através de esforços conjuntos das diversas partes envolvidas (Buldeo Rai et al., 2017).

Cada vez mais os impactos ambientais decorrentes da logística de última milha têm gerado preocupação nos consumidores, por outro lado, os esforços corporativos para garantia da sustentabilidade também cresce continuamente nas últimas décadas.



Além disso, reforça-se que as cadeias de suprimento do futuro não devem mais esgotar recursos naturais escassos, ou favorecer as mudanças climáticas e a poluição, mas resistir às ameaças de segurança e proteção e, ainda, se manterem competitivas enquanto alcançam altos níveis de qualidade (Taefi et al., 2017).

Muitas soluções inovadoras já foram desenvolvidas nesse quesito. A utilização de drones e veículos autônomos, por exemplo, já é uma realidade para a entrega de última milha de algumas mercadorias, mesmo que na maioria dos casos ainda se utilizem métodos mais tradicionais de entrega, como serviços postais e entrega expressa (Sun et al., 2021). No entanto, mais do que apenas investimentos em tecnologia, é necessária uma mudança de paradigma para vencer os desafios da adoção de processos logísticos sustentáveis, incentivando fatores como: mudança cultural, qualificação profissional e desenvolvimento de novos modelos de negócio. Além disso, a conscientização é essencial, sendo motivação para atitudes positivas quanto ao consumo ambientalmente sustentável e influenciando a demanda por sustentabilidade nas entregas de última milha (Oliveira et al., 2019).

O estado atual da pesquisa sobre os impactos da logística de última milha no contexto da sustentabilidade urbana mostra que, embora nem todos os tipos de impactos tenham sido abordados na mesma medida na literatura, todas as dimensões (econômica, social, ambiental) foram abordadas, pelo menos em parte (Zhang et al., 2021). Os impactos ambientais são a dimensão mais abordada, seguidos dos impactos sociais e econômicos. No entanto, tornou-se evidente que as empresas que produzem muito CO₂ participam menos frequentemente dos estudos ou são explicitamente solicitados.

A logística urbana identifica formas de regular o acesso, a circulação e o estacionamento de veículos comerciais nos centros urbanos e de implementar políticas sem restrições que prejudiquem a prosperidade econômica e social. Tais atividades logísticas são necessárias para o crescimento harmonioso de todas as áreas urbanas, mesmo que sejam também a principal causa de poluição, ruído e acidentes.



Como destacado em Goes et al. (2018), o rápido desenvolvimento da demanda por transporte urbano tem um impacto negativo no entorno urbano e no meio ambiente. A situação está se agravando com o aumento das novas tendências na gestão da cadeia de abastecimento (por exemplo, entrega just-in-time, fragmentação das cargas), com pequenas encomendas, frequentemente transportadas por veículos "vazios".

Os cidadãos de uma cidade têm os mesmos problemas (externalidades logísticas): acidentes, congestionamentos, ruído, poluição do ar, vibrações, etc. causados por caminhões e pequenos veículos de entrega, piorando tanto a qualidade de vida quanto o ambiente urbano. Por outro lado, os transportadores têm de entregar/receber mercadorias no momento/quantidade/qualidade certos e o mais barato possível para maximizar os seus lucros. Além disso, eles precisam mostrar sua própria marca (nos veículos em circulação), anunciando sua presença para os clientes e, muitas vezes, negligenciando as externalidades relacionadas. Finalmente, os varejistas exigem melhores serviços logísticos em termos de acessibilidade da cidade, entregas no prazo, soluções de armazenamento e manuseio.

Essas diferentes demandas tornam a sustentabilidade na logística urbana uma meta desafiadora. O conceito de sustentabilidade pode ser ilustrado pela seguinte questão: como transportar uma determinada carga, na modalidade mais eficiente e ecológica, percorrendo a menor distância e sem perda de tempo desde sua origem até seu destino na área urbana a um custo mínimo e causando o mínimo de poluição. Do ponto de vista econômico, uma atividade é sustentável quando todos os seus custos relacionados são cobertos pelas receitas que gera (Buldeo et al., 2019). Do ponto de vista ambiental, uma atividade é sustentável quando harmonizada, sem efeitos negativos ou riscos para o meio ambiente.

A logística sustentável, especialmente aquela voltada para a distribuição de produtos, é uma área de pesquisa desenvolvida desde a década de 1990, em que o termo "ecológica", adaptado por Ernesto Haeckel (1834-1919), trata do cuidado ecológico na



área de logística e está sendo amplamente utilizado para definir uma logística ambiental sustentável. No campo da ecológica, vários tópicos têm sido desenvolvidos e estudados: cadeia de suprimentos em circuito fechado e modelos de logística reversa e metodologias para reduzir o uso de veículos e/ou promover o uso de veículos limpos (Zhang et al., 2021). No Quadro 1, segue algumas alternativas sustentáveis para *Last Mile*, de acordo com Fontana e Leão (2021):

Tabela 1 – Alternativas sustentáveis para a Last Mile

Mudança de veículo	Veículos elétricos
	Motor de combustão interna eficiente a gasolina/diesel
	Veículos elétricos de células de combustível H2
	Veículos autônomos com armários Caminhões e drones
Entrega segura	Caixa de encomendas
	Entregas no porta-malas do carro Serviço de entrega segura
Movimento do cliente	Armário de encomendas Entregas de escritório
	Lojas de encomendas multimarcas
Consolidação	Centro de consolidação urbana Compartilhamento de carga
Alteração da última etapa	Trem de mercadorias Microhub
	Retrofit de estacionamento
	Veículos autônomos com armários (nas ruas) Robô (na calçada)
Ambiente de entrega	Reencaminhamento dinâmico Fiscalização de estacionamento duplo Uso da via expressa
	Semáforos em tempo real
	Zonas de estacionamento de entrega Entrega noturna

Fonte: Fontana & Leão (2021)

Percebe-se que o uso de veículos elétricos leves, drones, veículos aéreos não tripulados ou bicicletas de carga constitui uma solução que pode reduzir os requisitos de energia operacional na maioria dos casos analisados, mesmo que a quilometragem percorrida seja superior à que caracteriza as vans tradicionais (Oliveira et al., 2018; Oliveira et al., 2019). A capacidade dos novos tipos de veículos de entrega é menor, e um número maior de passeios é necessário para atender o mesmo número de clientes (Galkin et al., 2019). A expansão da produção de eletricidade renovável é capaz de reduzir ainda mais o consumo de energia operacional do poço à roda, aumentando o nível de sustentabilidade das frotas utilizadas para as entregas de última milha (Bandeira et al., 2019). A redução da energia operacional está sempre atrelada à redução de alguns



impactos ambientais, como a quantidade de emissões de gases de efeito estufa (He et al., 2022).

Aplicações de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) são realizadas por diferentes autores (Figliozzi, 2017; Oliveira et al., 2018), para avaliar os benefícios globais quando a redução do consumo operacional de energia dos veículos urbanos de carga é acompanhada por um aumento do uso de tecnologias de armazenamento de energia ou a necessidade de novas instalações urbanas. A importância de uma abordagem do ciclo de vida também é ressaltada por Taefi et al. (2017), e Patella et al. (2019). O artigo de Taefi et al. (2017), analisa a sustentabilidade econômica da aplicação de veículos elétricos na logística urbana e destaca a importância de longas quilometragens e longas garantias de baterias como pré-condição para sua real competitividade em substituição aos motores de combustão interna tradicionais. Além disso, o alto custo da bateria ainda é um forte limite para a difusão de veículos elétricos e incentivos são fundamentais para garantir sua competitividade econômica (Bandeira et al., 2019). Alguns trabalhos da literatura mostraram uma correlação negativa entre a redução das emissões de gases de efeito estufa e os custos do ciclo de vida do sistema de entrega: apenas em alguns casos específicos é possível obter um cenário ganha-ganha (Cárdenas et al., 2017; Bandeira et al., 2019; Oliveira et al., 2019).

Salienta-se que o uso de modais sustentáveis também ajuda as empresas a cumprir metas definidas pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pelas boas práticas de ESG para uma ação efetiva contra as mudanças climáticas. Neste sentido, pode-se observar a parceria realizada pelo aplicativo de entregas Ifood com a a Voltz Motors, empresa fabricante de motos elétricas, que permite ao entregador trocar a bateria de seu veículo por uma carregada com preço mais acessível por percorrerem no mínimo 2 mil quilômetros por mês (Mendonça et al., 2023).

Há que se falar ainda, neste mesmo sentido, das políticas públicas que servem como incentivos à compra e uso de veículos elétricos (VE) e são práticas necessárias



devido ao alto custo inicial destes veículos ou devido ao seu custo de carregamento e manutenção e falta de infraestrutura. No município de São Paulo há um incentivo a adoção de VEs, híbridos e de célula de combustível a hidrogênio, sendo estes, isentos do rodízio municipal de veículos, de acordo com a Lei nº 15.997/2014. Entretanto, de acordo com o Decreto nº 58.584/2018 os veículos destinados a transporte de combustível aeronáutico e ferroviário, transporte de insumos ligados a as atividades hospitalares, transporte de produtos alimentares perecíveis e veículos urbanos de carga são isentos do rodízio municipal de veículos, independente do seu combustível. Este decreto reafirma a isenção para veículos elétricos, a célula de combustível e híbridos, deixando a cargo da Secretaria Municipal de transportes a divulgação dos modelos de veículos enquadrados nesta isenção (Afonso & Ferraz, 2022).

O Estado de São Paulo também estabeleceu incentivos fiscais para os proprietários de veículos elétricos através do Projeto de Lei nº 308 de 2023. O texto aprovado propõe a isenção do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), por meio de créditos cedidos em relação à quota-parte estadual do imposto, ou seja, ao percentual do IPVA que seria destinado para o Estado de São Paulo, buscando incentivar o uso de carros da modalidade no Estado de São Paulo. Pela proposta, os créditos concedidos estariam restritos aos 5 primeiros anos da tributação incidente sobre o veículo. Os valores do benefício poderiam ser usufruídos, de modo alternativo, por meio de crédito em conta bancária ou compensação em outros débitos relativos a tributos estaduais (Mendonça et al., 2023).

Quanto a subsídios para compra dos veículos, não existem leis específicas, mas existe o projeto BNDES Finem – Mobilidade Urbana que promove o financiamento de veículos com tecnologias limpas. Desta forma as únicas legislações as quais os VEs podem se submeter atualmente, são a isenção do rodízio e a diminuição no valor do IPVA. De acordo com o BNDES Finem (2018), o programa Mobilidade Urbana é voltado ao financiamento de projetos voltados a mobilidade urbana, cujo financiamento são em



valores a partir de vinte milhões de reais e engloba a aquisição de ônibus e caminhões híbridos, elétricos ou movidos a combustíveis limpos (Afonso & Ferraz, 2022).

Estes incentivos são essenciais, tendo em vista que diversas são as barreiras sócio-técnicas para a difusão da utilização do VE, sendo estas de cunho tecnológico relacionado ao alto tempo de recarga das baterias, a escassa durabilidade destas e, com isso, o reduzido alcance de performance de deslocamento. Estes problemas geram barreiras de ordem psicológica na população, que compreendem o VE como veículos de baixa performance e, devido a reduzida durabilidade da bateria a existência de uma ansiedade acerca se existirá um ponto de recarga caso a bateria não consiga atender ao percurso de deslocamento da pessoa (Afonso & Ferraz, 2022; Camargo & Faesarella, 2021).

5. Conclusões

Este estudo confirmou que a logística da cidade está entrelaçada com muitos aspectos pertencentes a diferentes campos relacionados ao planejamento urbano, especialmente quando se considera a sustentabilidade. Três categorias principais foram identificadas em relação às diversas perspectivas dos artigos que tratam da logística urbana: Otimização e programação, políticas públicas e sustentabilidade. Devido ao constante crescimento populacional nos centros urbanos, à falta de infraestruturas e aos problemas de poluição, o transporte urbano de mercadorias enfrenta muitas dificuldades. Por esta razão, várias cidades buscam implementar soluções ecológicas. Pode-se observar com este trabalho que o alcance de metas de logística verde depende de duas estratégias dominantes: (1) promover a introdução de veículos verdes; (2) desenvolver e implementar medidas políticas e regulamentos para reduzir o efeito negativo da logística da cidade.

Neste contexto, o esforço na aquisição de quotas de mercado por vendedores *on-line* independentes, a garantia de opções de janelas de tempo de entrega estreitas e o pequeno tamanho da maior parte dos itens entregues desafiam o nível de consolidação



dos veículos a diesel tradicionais, estressando o sistema e aumentando suas externalidades negativas.

Para responder a esse desafio, a adoção de veículos verdes (veículos elétricos leves, bicicletas de carga, veículos aéreos não tripulados -VANTS-, etc.) é avaliada devido ao seu potencial para reduzir os encargos ambientais ligados à entrega de última milha, particularmente em ambientes urbanos. Sua adoção também é incentivada pelas autoridades administrativas a controlar a poluição local. A sustentabilidade econômica e ambiental do ciclo de vida do processo, no entanto, ainda é debatida, uma vez que os altos impactos das baterias e a necessidade de novos depósitos e instalações caracterizadas por necessidades energéticas não desprezíveis contribuem para agravar esse cenário.

O desenvolvimento de tecnologias veiculares como veículos elétricos, veículos conectados e automatizados e drones, bem como a introdução de novos modelos de negócios para o transporte de cargas, requer novas estratégias para controlar o sistema de transporte urbano (cargas e viajantes) de forma efetiva e global. Para isso, há a necessidade de uma visão baseada em sistemas para trabalhos futuros em pesquisas científicas e experiências práticas na sociedade, a fim de mapear novos territórios na literatura, explorando maneiras pelas quais a sustentabilidade geral do transporte urbano pode ser aprimorada.

Além disso, quando propostas inovadoras ou mudanças disruptivas, como àquelas relacionadas à introdução de veículos verdes são testadas e implementadas, análises comportamentais precisas baseadas em novos métodos são necessários para investigar a aceitabilidade e as reações das partes interessadas. Nesse sentido, percebeu-se durante este estudo, que vários trabalhos já se direcionam para a compreensão e análise da sustentabilidade na última milha, mas dificilmente abordam esse tema pela perspectiva dos futuros gestores ou avalia a capacitação de pessoas para cargos de gerência logística das cadeias de suprimento dos setores público e privado. Portanto, indica-se que essa perspectiva seja considerada para trabalhos futuros.



Referencial Bibliográfico

- Afonso, Vanderlei Moraes; & Ferraz, Rodrigo de Sousa Campista. (2022). *Base geral dos carros elétricos em relação ao consumo, impacto ambiental e custo-benefício*. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 8, n. 11, p. 545-558.
- Bandeira, Renata Albergaria; Goes, George Vasconcelos; Gonçalves, Daniel Neves Schmitz; D'Agosto, Márcio de Almeida; & Oliveira, Cíntia Machado de. (2019). *Electric vehicles in the last mile of urban freight transportation: A sustainability assessment of postal deliveries in Rio de Janeiro-Brazil*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 67, p. 491-502.
- Buldeo Rai, Heleen; Verlinde, Sara; & Macharis, Cathy. (2019) *The “next day, free delivery” myth unravelled: Possibilities for sustainable last mile transport in an omnichannel environment*. International Journal of Retail & Distribution Management, v. 47, n. 1, p. 39-54.
- Buldeo Rai, Heleen; Verlinde, Sara; & Macharis, Cathy. (2017). *Crowd logistics: an opportunity for more sustainable urban freight transport?* European Transport Research Review, v. 9, p. 1-13.
- Camargo, Eduardo; & Faesarella, Annete Silva. (2021). *Brasil e a corrida tecnológica: o desafio dos carros elétricos e a distribuição dos eletropostos*. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 2, n. 7, p. e27558-e27558.
- Cárdenas, Iván; Beckers, Joris; & Vanellander, Thierry. (2017). *E-commerce last-mile in Belgium: Developing an external cost delivery index*. Research in transportation business & management, v. 24, p. 123-129.
- Goes, George Vasconcelos; Schmitz, Daniel Neves; Bandeira, Renata Albergaria de Mello; Oliveira, Cíntia Machado; & D'Agosto, Márcio de Almeida. (2018). *Sustentabilidade na última milha do transporte urbano de carga: o papel da eficiência energética do veículo*. Sustainability in Debate, v. 9, n. 2, p. 134-144.
- Figliozzi, Miguel A. (2017). *Lifecycle modeling and assessment of unmanned aerial vehicles (Drones) CO₂e emissions*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 57, p. 251-261.
- Fontana, Marcele Elisa; & Leão, José. (2021). *Definition of the reverse logistics dimension of the customer-led last mile for assessing the quality of third-party logistics service*. In: 2021 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA). IEEE, p. 278-282.



- Galkin, Andriy; Obolentseva, Larysa; Balandina, Iryna; Kush, Euvgen; Karpenko, Volodymyr; & Bajdorc, Paula (2019). *Last-mile delivery for consumer driven logistics*. Transportation Research Procedia, v. 39, p. 74-83.
- Gil, A. C. (2008). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4.ed. São Paulo: Atlas.
- HE, Peng; He, Yong; Tang, Xiaoying; Ma, Shigui; & Xu, Henry. (2022). *Channel encroachment and logistics integration strategies in an e-commerce platform service supply chain*. International Journal of Production Economics, v. 244, p. 108368.
- Mendonça, Márcio; Finocchio, Marco Antonio Ferreira; Nicolau, Caio Ferreira; Souza, Renan de Araujo Martins; Oliveira, Thalyta Amanda; Palcacios, Rodrigo Henrique Cunha; & Santos, Marta Rúbia Pereira. (2023). *Veículos elétricos no Brasil: o potencial brasileiro para a transição de modelos de locomoção*. Revista Técnico-Científica, n. 32.
- Oliveira, Cintia Machado; Bandeira, Renata Albergaria; Goes, George Vasconcelos; Gonçalves, Daniel Neves Schmitz; & D'Agosto, Márcio de Almeida. (2018). *Sustentabilidade na última milha da distribuição postal em áreas urbanas mediante adoção de triciclos elétricos*. TRANSPORTES, v. 26, n. 3, p. 1-11.
- Oliveira, Cíntia Machado; Bandeira, Renata Albergaria; Goes, George Vasconcelos; Gonçalves, Daniel Neves Schmitz; & D'Agosto, Márcio de Almeida. (2019). *Alternativas sustentáveis para veículos utilizados na última milha do transporte urbano de carga: uma revisão bibliográfica sistemática*. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 1, p. 181-205.
- Parhi, Shreyanshu; Joshi, Kanchan; Gunasekaran, Angappa; & Sethuraman, Kowshikraman. (2022). *Reflecting on an empirical study of the digitalization initiatives for sustainability on logistics: The concept of sustainable logistics 4.0*. Cleaner Logistics and Supply Chain, v. 4, p. 100058.
- Patella, Sergio Maria, Flavio Scrucca, Francesco Asdrubali & Stefano Carrese. (2019). *Traffic simulation-based approach for a cradle-to-grave greenhouse gases emission model*. Sustainability, v. 11, n. 16, p. 4328.
- Qaiser, Fahham Hasan; Ahmed, Karim; Sykora, Martin; Choudhary, Alok; & Simpson, Mike. (2017). *Decision support systems for sustainable logistics: a review and bibliometric analysis*. Industrial Management & Data Systems.
- Stake, Robert E. (2011). *Pesquisa qualitativa: estudando como as coisas funcionam*. Tradução: Karla Reis. São Paulo: Atlas.



Journal of Technology & Information

- Sun, Xu; Solvang, Wei Deng; Wang, Yi & Wang, Kesheng. (2021). *The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: a systematic literature review (2012–2020) to explore future research opportunities*. Environmental Science and Pollution Research, p. 1-32.
- Taefi, Tessa T.; Stütz, Sebastian; & Fink, Andreas. (2017). *Assessing the cost-optimal mileage of medium-duty electric vehicles with a numeric simulation approach*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 56, p. 271-285.
- Zhang, Abraham; Wang, Jason X; Farooque, Muhammad; Wang, Yulan; & Choi, Tsan-Ming. (2021). *Multi-dimensional circular supply chain management: A comparative review of the state-of-the-art practices and research*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, v. 155, p. 102509.