


## LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO NA ÚLTIMA MILHA: OS DESAFIOS NAS ESCOLHAS OPERACIONAIS

### *Last-Mile Distribution Logistics: Challenges in Operational Decision-Making*

Ricardo Suzuki<sup>1</sup> 

Carlos Ernani Fries<sup>2</sup> 

**Resumo:** A pandemia de Covid-19 acelerou significativamente a adoção do comércio eletrônico, intensificando os desafios logísticos relacionados à última milha. Este estudo busca investigar soluções inovadoras e modelos terceirizados capazes de aprimorar a eficiência operacional, reduzir custos e promover práticas sustentáveis na distribuição de produtos. A pesquisa, fundamentada em uma revisão bibliográfica sistemática nas bases Scopus e Web of Science, revisita estratégias como Centros de Consolidação Urbana e Rural, modelos de entrega em dois níveis e sistemas de armários inteligentes para encomendas, evidenciando os benefícios dessas abordagens em distintos contextos geográficos. Além disso, o estudo aborda a crescente conscientização sobre responsabilidade social corporativa e as exigências ambientais contemporâneas, incluindo metas estabelecidas por organismos internacionais, como a União Europeia, para a redução de emissões de CO<sub>2</sub>. Os resultados indicam que a adaptação às novas exigências do mercado demanda uma combinação estratégica entre soluções internas, parcerias e terceirização, levando em consideração os custos operacionais, a infraestrutura disponível e os impactos ambientais. Conclui-se que a cooperação entre os setores público e privado, aliada à incorporação de práticas logísticas sustentáveis, é fundamental para assegurar a viabilidade e a eficácia das soluções aplicadas à última milha.

**Palavras-chave:** Logística na última milha. Sustentabilidade. Terceirização. Centro de consolidação. Comércio eletrônico.

**Abstract:** The Covid-19 pandemic significantly accelerated the adoption of e-commerce, intensifying the logistical challenges associated with last-mile delivery. This study investigates innovative and outsourced models aimed at improving operational efficiency, reducing costs, and promoting sustainable practices in product distribution. Based on a systematic literature review conducted using the Scopus and Web of Science databases, the research revisits strategies such as Urban and Rural Consolidation Centers, two-tier delivery models, and smart parcel locker systems, highlighting the benefits of these approaches across different geographic contexts. Additionally, the study addresses the growing awareness of corporate social responsibility and current environmental demands, including targets set by international bodies such as the European Union for reducing CO<sub>2</sub> emissions. The findings indicate that adapting to new market demands requires a strategic combination of internal solutions, partnerships, and outsourcing, taking into account operational costs, available infrastructure, and environmental impacts. It is concluded that collaboration between public and private sectors, combined with the adoption of

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia de Produção, UFSC, suzuki.ricardo@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia de Produção, UFSC, carlos.fries@ufsc.br

sustainable logistics practices, is essential to ensure the viability and effectiveness of last-mile solutions.

**Keywords:** Last-mile logistics. Sustainability. Outsourcing. Consolidation center. E-commerce.

# 1 INTRODUÇÃO

A logística de distribuição de última milha é historicamente definida como o segmento final e mais dispendioso da cadeia de suprimentos, responsável por levar o produto do centro de distribuição final ou *hub* até o consumidor. Tradicionalmente, esse estágio era visto como um mal necessário, impulsionado pela necessidade de conveniência do cliente. No entanto, a explosão do comércio eletrônico, acelerada globalmente pela pandemia de COVID-19, catapultou a última milha para o centro das discussões estratégicas e de sustentabilidade no setor.

O desafio central dessa etapa reside na sua ineficiência com o alto custo por volume entregue, dispersão geográfica dos clientes, congestionamento urbano e a alta taxa de tentativas de entrega malsucedidas. Teoricamente, as soluções propostas para enfrentar estes desafios se inserem majoritariamente nos campos da Logística Verde (*Green Logistics*), focada na redução da emissão de carbono, e nos modelos baseados em Economia Compartilhada, que utilizam recursos terceirizados e flexíveis. Historicamente, a busca por soluções eficazes evoluiu de meros ajustes de roteirização para o desenvolvimento de infraestruturas complexas como os Centros de Consolidação Urbana (CCUs) e armários inteligentes (*lockers*), que visam otimizar a densidade de entregas e mitigar externalidades negativas.

A logística da última milha emergiu como um dos nós críticos das cadeias de suprimento, especialmente após a aceleração do e-commerce durante a pandemia de Covid-19 (FACCIO e GAMBIERI, 2015; LI *et al.*, 2020). Historicamente, essa etapa — que engloba desde a saída do centro de distribuição até a entrega final ao consumidor — respondia por até 28% do custo total da cadeia logística (GONÇALVES e ROCHA, 2022), mas, com o crescimento de entregas de menor volume e maior frequência, essa proporção pode ultrapassar 50% em centros urbanos densos (PINA-PARDO *et al.*, 2022).

A logística de distribuição na última milha, historicamente reconhecida como o segmento mais custoso e complexo da cadeia de suprimentos, foi catapultada para o centro das discussões estratégicas e de sustentabilidade após a aceleração do comércio eletrônico impulsionada pela pandemia de COVID-19 (KIBA-JANIAK *et al.*, 2024). A crescente pressão regulatória e social

por operações mais responsáveis, alinhada a metas globais de redução de emissões, exige uma reavaliação dos modelos operacionais tradicionais (WORLD ECONOMIC FORUM, 2025).

Nesse contexto, soluções inovadoras como os Centros de Consolidação Urbana (CCUs) emergem como estratégias cruciais para otimizar a densidade de entregas e mitigar externalidades negativas, sendo que a determinação de sua localização ideal é um desafio que demanda modelos geoespaciais avançados para garantir a eficiência e a perspectiva verde (ZHOU *et al.*, 2025). Além disso, a terceirização estratégica e a adoção de modelos de Third-Party Logistics (3PL) são examinadas como vias para aprimorar a eficiência operacional e a resiliência da cadeia, equilibrando custos e o cumprimento das exigências ambientais contemporâneas (ABBASI *et al.*, 2024).

A literatura aponta múltiplos fatores determinantes para essa complexidade: (I) a fragmentação da demanda; (II) restrições de infraestrutura urbana (congestionamento, zonas de restrição de tráfego); (III) pressões ambientais e regulatórias crescentes (ex. metas da UE de redução de 55% nas emissões até 2030 (EUROPEAN COMMISSION, 2023)); e (IV) mudanças nas expectativas do consumidor quanto a prazo, preço e impacto ambiental (CROTTI e MAGGI, 2022).

Diante desse cenário e da crescente pressão regulatória e social por operações mais responsáveis, o presente estudo busca avançar na compreensão das dinâmicas operacionais e ambientais da última milha. Para tal, este trabalho se propõe a responder às seguintes Questões de Pesquisa (QPs):

- Quais modelos e estratégias (como CCUs, *lockers* e terceirização) são mais eficazes na otimização da eficiência operacional e na redução dos custos logísticos da última milha?
- Como a sustentabilidade (emissões de CO<sub>2</sub>) e a responsabilidade social são integradas e mensuradas nestes modelos operacionais de distribuição, e quais são os *trade-offs* e desafios para sua aplicação em contextos de países em desenvolvimento, como o Brasil?

A relevância deste estudo para a Logística reside em fornecer uma síntese consolidada e atualizada das soluções mais promissoras da literatura recente, relacionando-as diretamente com os desafios de custos e

sustentabilidade. Esta abordagem teórica e prática é crucial para gestores e stakeholders, pois oferece um guia para a tomada de decisão operacional que equilibra competitividade, exigências ambientais e a satisfação do consumidor final.

## 2 IMPACTO DA PANDEMIA NO COMÉRCIO ELETRÔNICO

A consolidação do comércio eletrônico durante a pandemia não apenas transformou hábitos de consumo, mas também expôs limitações estruturais nas cadeias logísticas, especialmente na última milha. Entender essas transformações é essencial para desenvolver soluções que atendam às demandas crescentes por eficiência, sustentabilidade e competitividade no setor. Muitos usuários antes relutantes passaram a reconhecer as vantagens do e-commerce, como conveniência, variedade de produtos e entrega em domicílio (FACCO, 2015).

Diante do crescimento repentino da demanda, empresas varejistas adotaram estratégias inovadoras, como ofertas personalizadas via aplicativos de mensagens e parcerias para ampliar o portfólio de produtos e oferecer preços competitivos (CIARDIELLO, 2021). A segurança nas transações também se tornou central, com investimentos em tecnologias de pagamento digital, especialmente para novos usuários do ambiente online.

A logística enfrentou desafios significativos, com a necessidade de entregas rápidas e eficientes. Empresas reorganizaram suas operações, criando centros de distribuição urbanos e otimizando rotas de transporte (LIU, 2020). Ao mesmo tempo, cresceu a pressão por práticas sustentáveis, alinhadas às metas globais, como as da União Europeia, que visam reduzir emissões em até 95% até 2050 (EUROPEAN COMMISSION, 2011).

Diversos estudos acadêmicos e projetos aplicados foram analisados neste contexto, oferecendo perspectivas inovadoras e práticas para superar os desafios logísticos intensificados pela pandemia. Destaca-se a seguir alguns desses estudos:

- *Distribuição ecologicamente sustentável:* Faccio (2015) analisou um projeto desenvolvido em Vicenza, no norte da Itália, com o objetivo de reduzir o tráfego de transportadoras em áreas urbanas. O modelo

propunha a criação de centros de distribuição localizados nas últimas 50 milhas, englobando cidades e regiões. O transporte até esses centros seria realizado por caminhões de grande porte, enquanto a última milha seria atendida por veículos médios e leves, incluindo opções elétricas, para as entregas finais.

- Centros de Consolidação Urbana (CCUs): Segundo Ciardiello (2021), a criação de CCUs em áreas estratégicas pode ajudar a reduzir o fluxo de caminhões e outros veículos dentro do perímetro urbano. Esses centros seriam responsáveis pela consolidação e desconsolidação de cargas, otimizando a coleta e entrega de encomendas nas cidades de forma sustentável e eficiente.
- Sistemas de distribuição em regiões rurais: Liu (2020) baseou seus estudos no projeto do governo chinês para desenvolver um sistema de distribuição em três níveis — condado, cidade e vila. Essa estrutura buscava atender ao crescimento da demanda de consumo online também em áreas rurais.
- *Modelos de entrega em Nova Iorque*: Pina-Pardo (2022) pesquisou um sistema implementado em Nova Iorque que dividiu a última milha em dois níveis. O modelo foi projetado para que a etapa final da entrega fosse realizada por veículos de pequeno porte ou bicicletas, promovendo maior eficiência e sustentabilidade.
- *Armários de encomendas urbanos*: Lemke (2016) propôs a utilização de armários de encomendas distribuídos em locais estratégicos nos centros urbanos. Esses armários facilitariam o envio e recebimento de encomendas, oferecendo horários flexíveis e localização conveniente, além de possibilitar a criação de rotas otimizadas para coleta e distribuição.
- *Compartilhamento de rotas de coleta e entrega*: Souza (2019) apresentou o conceito de "rota do leite", que propõe o compartilhamento de rotas entre empresas para reduzir o espaço ocioso nos veículos. Essa abordagem busca diminuir a movimentação desnecessária, otimizando as operações logísticas.

- *Modelos de seleção de entrega de última milha*: Li (2020) elaborou um modelo que considera três alternativas: autoexecução (realizada pela própria empresa), terceirização (contratação de prestadores regionais) e alianças (compartilhamento de frota entre empresas), com o objetivo de reduzir custos e aumentar a eficiência logística.

Em conjunto, esses estudos ilustram uma tendência clara: a necessidade de repensar modelos tradicionais de entrega, incorporando tecnologias inovadoras, estratégias colaborativas e soluções ambientalmente responsáveis. Apesar das diferenças nos contextos analisados, todos reforçam a importância da flexibilidade operacional e da adaptação às especificidades regionais para garantir a competitividade no cenário pós-pandemia.

### **3 METODOLOGIA**

A presente pesquisa pode ser classificada como uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Sendo uma pesquisa bibliográfica, com uma abordagem qualitativa-quantitativa, na forma descritiva e exploratória, pois visa mapear o conhecimento existente, identificar tendências e analisar o conteúdo temático dos artigos selecionados. A base da pesquisa compreendeu todo o acervo científico indexado nas bases de dados Scopus e Web of Science que atendia aos termos de busca definidos. A população e a amostra final são definidas a partir da aplicação do protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), para garantir transparência, reprodutibilidade e minimização de vieses.

Para garantir a padronização dos resultados e ampliar a acessibilidade das fontes, priorizaram-se publicações de acesso aberto, considerando que uma parte significativa dos estudos relevantes está disponível gratuitamente em repositórios acadêmicos e serviços abertos de pesquisa (CHEN, 2010). O processo metodológico é apresentado no Quadro 1, que detalha as etapas de seleção, filtragem, categorização e análise das publicações revisadas.

O Quadro 1 resume o procedimento metodológico adotado, destacando o uso da revisão sistemática da literatura, realizada nas bases Scopus e Web of Science, com foco em estudos sobre gestão, inovações na última milha e

terceirização apresenta os termos de busca, filtros iniciais (acesso aberto, tipo documental e idioma) e os critérios de inclusão e exclusão aplicados na seleção dos artigos.

**Quadro 1** - Descrição da pesquisa

Procedimento	Definições para a Pesquisa
Método de Pesquisa	Revisão Sistemática da Literatura
Contexto	Pesquisas com discussões sobre o desenvolvimento de gestão e inovações na última milha com enfoque na terceirização
Bases de Dados	Scopus e Web of Science
Horizonte de tempo	Sem delimitação
Eixos Temáticos	Eixo 1: Logística & Cadeias de suprimento Eixo 2: Terceirização
Termos de Busca	<i>(outsourcing AND "last mile" AND logistic*) AND (LIMIT-TO (OA "all"))</i>
Estratégia de Revisão	Configurativa
Filtros iniciais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apenas open access;</li> <li>- Apenas documentos do tipo "Articles" e "Conference Papers";</li> <li>- Apenas documentos em inglês e português.</li> </ul>
Crítérios de Avaliação	<p>Inclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Artigos que apresentam, em um aspecto cientificamente válido, sobre modelos de inovações tecnológicas ou organizacionais aplicadas na última milha</li> <li>- Artigos que apresentem aspectos cientificamente válidos sobre o movimento de terceirização ou compartilhamento logístico</li> </ul> <p>Exclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Artigos que apenas constam os termos de busca como expressões citadas;</li> <li>- Artigos que não correspondem ao escopo desta pesquisa.</li> </ul>

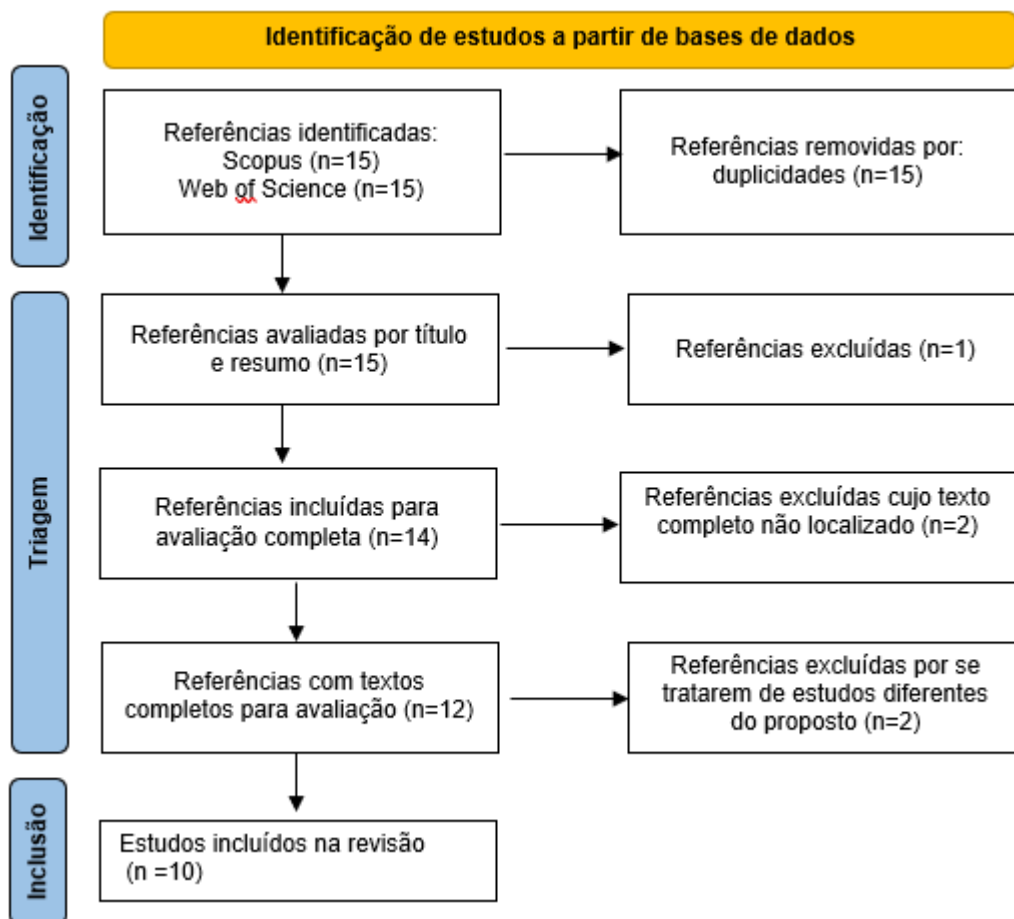
**Fonte:** Os autores (2024)

Os procedimentos metodológicos adotados para a revisão bibliográfica seguiram os princípios do protocolo PRISMA (PAGE *et al.*, 2021), que visa descrever de forma transparente os métodos utilizados e detalhar como os autores chegaram aos resultados, garantindo maior rigor, reprodutibilidade e confiabilidade à pesquisa.

Foram aplicados filtros que restringiram a busca a referências revisadas por pares e de acesso aberto, assegurando ampla disponibilidade e relevância acadêmica. Os critérios de seleção foram definidos para identificar exclusivamente artigos diretamente relacionados ao tema investigado, de modo a maximizar a qualidade e a precisão do material analisado. Ao final da aplicação do protocolo, dos 15 estudos identificados pela pesquisa, restaram 10 estudos

após realizada a triagem. As etapas, filtros e definições metodológicas da aplicação são mostradas na Figura 1.

**Figura 1** - Aplicação do protocolo PRISMA



**Fonte:** Os autores (2024)

Após a aplicação do protocolo PRISMA (PAGE et al., 2021), o processo de seleção dos artigos foi detalhado em quatro fases distintas, conforme sumarizado na Figura 1. Na fase de Identificação, a *string* de busca predefinida foi aplicada nas duas bases de dados selecionadas (*Scopus* e *Web of Science*). Na etapa de Triagem, as referências duplicadas foram removidas e os registros restantes foram avaliados com base em título, resumo e palavras-chave, utilizando-se o software Rayyan (OUZZANI et al., 2016) para auxiliar na triagem inicial e no gerenciamento das exclusões. Na fase de Elegibilidade, os artigos remanescentes foram lidos na íntegra para a aplicação rigorosa dos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos no Quadro 1, sendo que o critério de exclusão reforçado foi a ausência de foco direto nas escolhas operacionais – como

terceirização, CCUs e lockers – em intersecção com a sustentabilidade. Por fim, na fase de Inclusão, o conjunto final de artigos foi submetido à análise de conteúdo temática. Adicionalmente, o pacote Bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2017) foi utilizado para realizar análises bibliométricas complementares, incluindo mapas de coocorrência de palavras-chave, clustering temático e redes de citação, o que proporcionou uma base sólida para a estruturação e discussão dos resultados.

A principal vantagem do método de RSL aqui empregado é a garantia de rigor científico e a minimização de vieses na seleção dos trabalhos, devido ao uso do protocolo PRISMA e das ferramentas digitais (Rayyan e Bibliometrix).

Contudo, a pesquisa apresenta limitações que devem ser ressaltadas. A restrição a duas bases de dados (Scopus e Web of Science) e o foco em artigos de periódicos podem ter excluído literatura cinzenta (relatórios de benchmarking, papers de conferência não indexados) ou estudos regionais altamente relevantes para o contexto brasileiro. Além disso, a análise de dados foi predominantemente qualitativa, o que, embora adequado para o objetivo exploratório, não permite conclusões estatísticas robustas. Estas limitações foram mitigadas pelo uso de ferramentas bibliométricas para mapeamento da produção e por um critério de inclusão rigoroso, que buscou a máxima aderência temática.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da RSL são altamente relevantes, fornecendo uma contribuição significativa para a Logística e para a teoria da Gestão da Cadeia de Suprimentos.

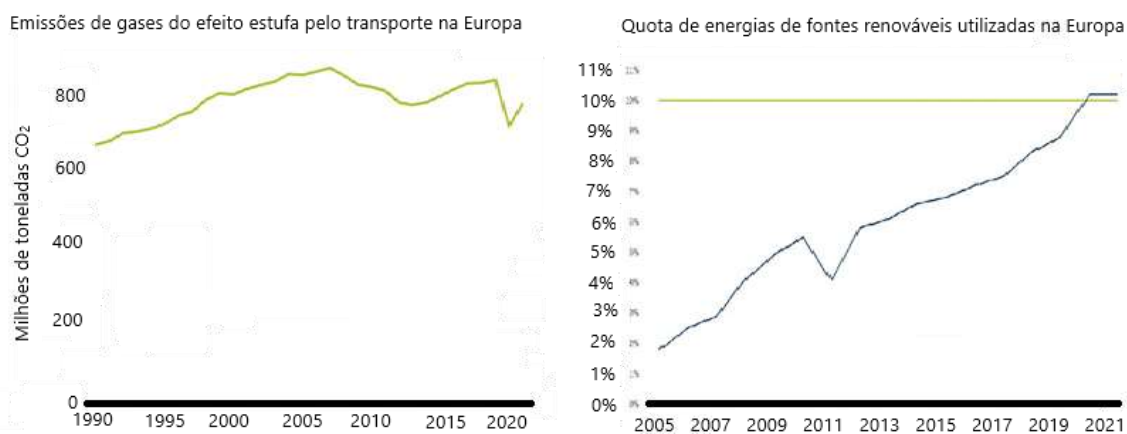
O estudo consolida e categoriza modelos dispersos na literatura (CCUs, Lockers, Terceirização) e os avalia sob o prisma duplo da eficiência operacional e da responsabilidade ambiental/social. Isso auxilia na construção de um arcabouço teórico para a Logística Urbana Sustentável.

O trabalho oferece modelos de soluções que gestores podem adaptar como a escolha entre CCUs próprios ou terceirizados e a implementação de armários inteligentes para reduzir custos e cumprir metas de sustentabilidade, como as impostas por órgãos internacionais. A discussão sobre a redução de

emissões não é apenas descritiva, mas traz a consequência de que a adoção de veículos elétricos e a otimização de rotas via Inteligência Artificial (IA) se tornam imperativos operacionais e estratégicos para a sobrevivência e competitividade das empresas.

A crescente conscientização social e as políticas como as da União Europeia (UE) demonstram que a sustentabilidade não é mais um diferencial, mas uma exigência regulatória e de mercado. A Figura 2 (que aborda a redução de emissões) ilustra claramente que os modelos de distribuição mais compactos (como os CCUs e a logística de dois níveis) levam a uma redução de gases de efeito estufa (GEE), com o uso de veículos elétricos e combustíveis renováveis sendo a principal consequência operacional para atender a essas metas ambientais, principalmente nos centros urbanos da Europa e China. A terceirização, nesse contexto, surge como uma estratégia para que as empresas transfiram a responsabilidade e o custo de adaptação a essas tecnologias a parceiros logísticos especializados e sustentáveis (European Environment Agency, 2021). A Figura 2 mostra a evolução das emissões de gases de efeito estufa e o crescimento do uso de fontes renováveis no setor de transportes europeu entre 1990 e 2021.

**Figura 2:** Relação emissão gases efeito estufa e utilização de fontes renováveis



**Fonte:** Adaptado de European Environment Agency (2023)

O primeiro gráfico indica um crescimento contínuo das emissões até 2007, reflexo da expansão econômica e do aumento da demanda por mobilidade. A partir desse ano, observa-se uma leve redução, atribuída às políticas ambientais mais rigorosas, aos avanços tecnológicos e às mudanças nos padrões de

consumo. Em 2020, nota-se uma queda expressiva, diretamente relacionada à pandemia de COVID-19. Nos anos seguintes, as emissões voltam a crescer, acompanhando a retomada econômica.

O segundo gráfico mostra a evolução do uso de fontes renováveis no transporte, que passou de valores próximos a 1% em 2005 para aproximadamente 11% em 2021. Esse avanço resulta dos esforços da União Europeia em promover a transição energética, por meio de investimentos em tecnologias limpas, incentivos regulatórios e metas climáticas ambiciosas.

A relação entre os dois gráficos indica que, embora a redução nas emissões não acompanhe diretamente o ritmo de crescimento das fontes renováveis, os avanços na transição energética contribuíram para conter o aumento das emissões. Destaca-se, nesse contexto, o papel dos biocombustíveis e das tecnologias de transporte de menor impacto ambiental. A queda abrupta em 2020 evidencia ainda o potencial das políticas de redução da dependência de combustíveis fósseis.

Em síntese, os dados apontam para avanços relevantes na transição energética europeia, ainda que as emissões do setor de transportes permaneçam elevadas. A urgência em ampliar a eletrificação da frota, expandir a infraestrutura de mobilidade sustentável e integrar fontes limpas em escala mais ampla é evidente. Conciliar crescimento econômico e sustentabilidade ambiental segue como um desafio central, mas os avanços observados mostram que esse caminho é possível.

O crescimento do consumo digital, sobretudo na China, impulsionou significativamente o aumento das entregas expressas, com taxas de crescimento médio de 50% ao ano por mais de uma década. Em 2019, a média de entregas por habitante chegou a 45, consolidando o país como maior mercado mundial à época (LI *et al.*, 2020).

Comparando as abordagens de responsabilidade social corporativa entre as economias desenvolvidas do Ocidente e o contexto asiático, observa-se que a China passou a adotar esse tema com maior intensidade apenas após sua adesão à OMC em 2001. Pressionada internacionalmente, o país redirecionou suas políticas industriais para incorporar medidas regulatórias que orientam a conduta empresarial (LUO; Bi; KUANG, 2021).

O Quadro 3 sintetiza diferentes modelos de distribuição de última milha analisados na literatura, destacando suas respectivas abordagens e regiões de aplicação.

**Quadro 3:** Desenvolvimento de alternativas para a última milha

Autor(es)	Alternativa estudada	Aplicação do Estudo
Faccio; Gambieri, 2015	Divisão em dois níveis a última 50 milhas	Itália
Lemke; Iwan; Korczak 2016	Armários de coletas e distribuição de encomendas	Polônia
De Souza; William; Lee, 2019	Gerenciamento de coletas entre empresas seguindo o modelo da rota do leite	Indonésia
Li <i>et al.</i> , 2020	Seleção opções de entrega última milha	China
Liu, 2020	Centro de Consolidação Rural	China
Ciardello <i>et al.</i> , 2021;	Centro de Consolidação Urbana	Bélgica e União Europeia
Crotti; Maggi, 2022	Centro de Consolidação Urbana	Itália
Pina-Pardo <i>et al.</i> , 2022	Divisão da última milha em dois níveis	EUA

**Fonte:** os autores (2024)

O desenvolvimento de sistemas de distribuição alinhados à sustentabilidade e à eficiência urbana tem sido prioridade nas políticas públicas e privadas. Soluções como a "rota do leite", que consolida entregas por região geográfica, permanecem amplamente utilizadas por sua capacidade de reduzir deslocamentos e racionalizar recursos (FACCIO, 2015).

Dentre as iniciativas analisadas, destacam-se os Centros de Consolidação Urbana (CCUs), identificados por Ciardiello (2021) como uma solução eficaz para organizar a distribuição de cargas em áreas urbanas densamente povoadas. Esses centros visam reduzir a circulação de veículos pesados, contribuindo diretamente para a melhoria da mobilidade e da qualidade de vida nas cidades. No entanto, sua viabilidade depende de uma articulação coordenada entre governos locais, operadores logísticos, transportadoras e consumidores.

Apesar do potencial, os CCUs enfrentam desafios significativos. A fragmentação do mercado de carga urbana, a necessidade de triagem e consolidação das mercadorias, e os custos operacionais adicionais dificultam sua implementação. Grandes transportadoras, que já operam com sistemas logísticos próprios e otimizados, frequentemente não percebem vantagens em

aderir a modelos compartilhados. Soma-se a isso a ausência de planejamento estratégico e o baixo engajamento dos atores envolvidos nas fases iniciais, fatores que comprometem a transição de muitos projetos da concepção à operação efetiva.

O Quadro 4 apresenta a comparação entre os modelos de última milha discutidos, com base em seus contextos de aplicação, vantagens e limitações. Por fim, ressalta-se que a escolha entre infraestrutura própria, parcerias ou terceirização dependerá de uma análise criteriosa do perfil operacional de cada organização, sendo a demanda um fator decisivo na definição do modelo mais adequado (LI *et al.*, 2020).

**Quadro 4:** Comparação de modelos de última milha

Modelo de Última Milha	Vantagens	Limitações	Contexto de Aplicação
Centros de Consolidação Urbana (CCUs)	Redução do tráfego urbano e das emissões; maior eficiência de entregas	Necessita coordenação entre stakeholders e investimentos iniciais elevados	Áreas urbanas densas com restrição à circulação de carga
Armários de Encomendas	Flexibilidade de horários para usuários; redução de tentativas de entrega	Demanda infraestrutura segura e densa; limitada a centros urbanos	Zonas urbanas com alto fluxo e infraestrutura comercial
Distribuição em Três Níveis	Adaptação a regiões rurais; cobertura em várias escalas territoriais	Alto custo logístico e necessidade de infraestrutura básica	Regiões rurais com população dispersa e crescimento do e-commerce
Rota do Leite / Compartilhamento de Rotas	Otimização da capacidade veicular; redução de custos e impacto ambiental	Depende da colaboração entre empresas; pode ser difícil de coordenar	Áreas com múltiplos fornecedores e entregas concentradas
Bicicletas e Veículos Elétricos	Solução sustentável para grandes centros urbanos; baixo impacto ambiental	Capacidade de carga limitada; vulnerável a clima e topografia	Cidades com políticas ambientais e ciclovias desenvolvidas
Terceirização	Maior flexibilidade e redução de estrutura própria	Custos fixos mais altos; possível perda de controle da operação	Empresas com variação de demanda e foco em escalabilidade
Parcerias Logísticas	Ampliação de alcance com menor investimento direto; compartilhamento de riscos	Exige contratos mínimos e boa integração de sistemas	Organizações em expansão territorial ou com base compartilhada
Infraestrutura Própria	Controle total da operação e padronização do serviço	Altos custos fixos e baixa flexibilidade em picos de demanda	Grandes operadores com volume constante e recursos disponíveis
Primeira Milha em Áreas Rurais	Modelo necessário em regiões com baixa densidade e pouca infraestrutura	Altos custos e baixa viabilidade econômica sem escala mínima	Regiões periféricas e com baixa cobertura logística

Fonte: Os autores (2024)

## 4.1 Desafios da logística de última milha no Brasil

No contexto brasileiro e de outros países em desenvolvimento, a viabilidade de adoção de modelos como os CCUs ou armários de encomendas enfrenta obstáculos adicionais. A carência de infraestrutura urbana adequada, os altos índices de informalidade no setor de transportes, a desigualdade no acesso a tecnologias logísticas e a ausência de políticas integradas de mobilidade dificultam a implementação desses modelos em larga escala. Além disso, a cooperação entre entes públicos e privados, essencial para viabilizar soluções sustentáveis, é frequentemente prejudicada por entraves regulatórios e institucionais. Essas barreiras reforçam a necessidade de adaptações locais, soluções de baixo custo e gradualismo na implantação de tecnologias voltadas à última milha.

A adoção de práticas de logística de última milha no Brasil enfrenta desafios significativos, especialmente em cidades como São Paulo, Curitiba e Belo Horizonte. Embora existam iniciativas promissoras, a viabilidade real dessas práticas é limitada por fatores estruturais, regulatórios e operacionais. A cidade de São Paulo tem experimentado estratégias para melhorar a logística de última milha, incluindo a instalação de *lockers* em estações de metrô e parcerias com empresas privadas para otimizar as entregas em áreas de difícil acesso, como favelas. No entanto, a complexidade urbana e a falta de infraestrutura adequada continuam sendo obstáculos significativos (ALMEIDA e SOUZA, 2022). Conhecida por seu planejamento urbano, Curitiba tem explorado soluções sustentáveis, como o uso de veículos elétricos para entregas. Apesar disso, a implementação em larga escala é dificultada por custos elevados e pela necessidade de infraestrutura de recarga (SILVA e MENDES, 2022). A cidade de Belo Horizonte tem buscado integrar soluções logísticas inovadoras, mas enfrenta desafios relacionados à topografia acidentada e à densidade populacional, que complicam a eficiência das entregas na última milha.

Dentre os projetos de empresas destaca-se: a empresa estatal dos correios implementou *lockers* em diversas cidades brasileiras, oferecendo uma alternativa para a retirada de encomendas. Embora essa iniciativa tenha potencial para melhorar a eficiência das entregas, a adesão ainda é limitada, e

a integração com plataformas de e-commerce enfrenta desafios (BRAGA, 2024). Em 2019, a startup NewPost instalou uma rede de 66 *lockers* em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Belo Horizonte, em parceria com varejistas como Leroy Merlin e Cobasi. Apesar do crescimento, a expansão enfrenta obstáculos relacionados à regulamentação e à aceitação do consumidor (DRSKA, 2019).

Em particular, estudos recentes apontam que algoritmos baseados em aprendizado por reforço já reduzem em mais de 12% o tempo médio de entrega em megacidades como São Paulo (SILVA; MARTINS; ALMEIDA, 2024). Ademais, o avanço da micromobilidade — especialmente em parcerias público-privadas — emerge como estratégia de baixo custo e rápido retorno (ANLOG, 2024). Contudo, tais avanços tecnológicos devem ser acompanhados por governança social, como demonstra a pesquisa de Costa e Oliveira (2025), que evidencia a precarização persistente dos entregadores mesmo em modelos “inovadores”. Nesse sentido, regulamentações emergentes, como a Zona de Baixa Emissão de São Paulo (Decreto nº 65.432/2024), reforçam que a sustentabilidade da última milha é hoje um imperativo legal, não apenas estratégico.

Embora existam iniciativas promissoras na logística de última milha no Brasil, a viabilidade real de adoção em larga escala é limitada por desafios estruturais, regulatórios e operacionais. Para superar esses obstáculos, é essencial que haja uma colaboração efetiva entre o setor público e privado, com investimentos em infraestrutura, incentivos fiscais adequados e regulamentações que favoreçam a inovação e a eficiência logística (PEREIRA *et al.*, 2023).

## 5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de soluções logísticas eficientes e sustentáveis para a última milha configura-se como um dos principais desafios enfrentados pelas empresas em um cenário marcado pela crescente digitalização do consumo. Este estudo analisou alternativas adotadas em diferentes regiões e contextos,

destacando inovações com elevado potencial de transformação para o setor logístico.

A análise revelou que, em áreas urbanas, estratégias como os Centros de Consolidação Urbana (CCUs) e os armários inteligentes de encomendas se mostram eficazes para reduzir o tráfego de veículos pesados, minimizar emissões de carbono e aumentar a eficiência nas entregas. Já em regiões rurais, modelos como o sistema de distribuição em três níveis - desenvolvido na China - revelam-se mais adequados às especificidades locais, garantindo o atendimento à demanda crescente do e-commerce.

Entre os modelos avaliados, merecem destaque o conceito de “rota do leite” e o compartilhamento de rotas entre empresas, que demonstram grande capacidade de otimizar a ocupação veicular, reduzir custos operacionais e mitigar impactos ambientais. De forma complementar, o uso de bicicletas e veículos elétricos nos centros urbanos configura uma abordagem sustentável e funcional diante das exigências contemporâneas dos consumidores.

Estratégias baseadas em terceirização e alianças logísticas também se apresentam vantajosas, especialmente para empresas que buscam maior flexibilidade operacional. No entanto, a decisão entre manter infraestrutura própria, terceirizar ou firmar parcerias deve ser cuidadosamente fundamentada em aspectos como custo, prazo, capacidade interna e sustentabilidade (Li et al., 2020).

O estudo também reforça a importância da integração entre os diversos stakeholders — setor público, operadores logísticos, empresas, consumidores e sociedade civil — para superar obstáculos estruturais como a fragmentação do mercado de carga urbana e a resistência à adoção de modelos operacionais inovadores. A colaboração efetiva entre esses agentes é essencial para viabilizar soluções que conciliem eficiência econômica, responsabilidade social e sustentabilidade ambiental.

Em síntese, as alternativas analisadas demonstram forte potencial para atender às crescentes expectativas dos consumidores por entregas rápidas, acessíveis e ambientalmente responsáveis. Contudo, sua implementação exige

adaptações às realidades locais, investimentos constantes em inovação e o fortalecimento de parcerias estratégicas no setor.

O principal desafio logístico da última milha reside em definir modelos operacionais - sejam eles internos, terceirizados ou resultantes de parcerias - que assegurem a competitividade da empresa frente aos concorrentes, entregando serviços com qualidade, prazos compatíveis e preços acessíveis conforme afirmam Li *et al.* (2020).

Observa-se ainda um aumento da conscientização sobre os impactos ambientais do consumo, o que leva uma parcela significativa dos clientes a valorizar empresas comprometidas com práticas sustentáveis e socialmente responsáveis. Paralelamente, governos vêm intensificando metas e regulamentações voltadas à redução dos impactos ambientais das cadeias logísticas (CROTTI; MAGGI, 2022).

Nos países em desenvolvimento, torna-se imperativa a cooperação entre governos, setor produtivo, organizações não governamentais e consumidores na formulação de políticas e ações que promovam práticas logísticas mais sustentáveis do ponto de vista social e ambiental (Ososanmi; Ogundimu, 2021).

Em regiões rurais ou de baixa densidade populacional, os desafios da última milha — e também da primeira milha de coleta — são ainda mais acentuados. Barreiras como infraestrutura precária, demanda reduzida, altos custos logísticos, instalações inadequadas e escassez de parceiros dificultam a implementação de soluções eficazes (Li *et al.*, 2020).

Nesse contexto, os CCUs vêm se consolidando como uma resposta viável às transformações impostas pelo e-commerce, caracterizado por pedidos mais fragmentados e pela exigência de entregas cada vez mais ágeis, sem comprometer a competitividade dos preços (Lemke *et al.*, 2016).

Por fim, os armários de encomendas — instalados em pontos estratégicos das cidades e que permitem maior flexibilidade de horário para coleta e envio por parte dos usuários — têm se mostrado uma alternativa prática e bem aceita. Trata-se de um modelo com grande potencial de replicação, especialmente em áreas urbanas com alta demanda por entregas e infraestrutura adequada.

Os resultados desta revisão sistemática confirmam que a adaptação às novas exigências de mercado demanda uma combinação estratégica entre

soluções internas, parcerias e terceirização. Para o contexto de países em desenvolvimento como o Brasil, a viabilidade operacional é complexa devido à infraestrutura deficitária, à informalidade e à diversidade territorial.

Em relação à viabilidade para o Brasil, reforça-se que, enquanto os grandes Centros de Consolidação Urbana (CCUs) dependem de um investimento maciço em infraestrutura e coordenação público-privada, os modelos mais adaptáveis e de rápida implementação são os armários inteligentes (*lockers*) e a terceirização estratégica. Os *lockers* mitigam o problema da ausência do destinatário e da insegurança em entregas urbanas, enquanto a terceirização permite que empresas grandes e pequenas se beneficiem da economia de escala e da expertise de operadores logísticos que já investem em roteirização otimizada. É fundamental que a escolha operacional priorize a terceirização controlada, que evita a exploração do trabalho e a informalidade excessiva, garantindo a sustentabilidade não apenas ambiental, mas também social.

Este estudo abre diversas avenidas para futuras investigações empíricas e teóricas como estudos sobre Inteligência Artificial e Roteirização Dinâmica, ao investigar o uso de algoritmos de Inteligência Artificial (IA) e *Machine Learning* para otimizar a roteirização de última milha no contexto das cidades brasileiras. Pesquisas futuras podem focar na simulação e na aplicação prática de sistemas de roteirização inteligentes que considerem variáveis em tempo real (trânsito, restrições urbanas, janelas de entrega), quantificando sua redução de custos e de emissões.

Investigar a viabilidade e o impacto da integração de soluções de micromobilidade (bicicletas, patinetes, veículos elétricos leves) na malha de distribuição de grandes metrópoles brasileiras, quantificando sua contribuição real para a sustentabilidade urbana e a satisfação do cliente.

É fundamental realizar estudos de caso aprofundados sobre os impactos sociais da crescente terceirização da última milha (urbanismo de plataforma), focando nas condições de trabalho, segurança e remuneração dos entregadores, propondo modelos de governança mais equitativos.

## REFERÊNCIAS

ABBASI, S. et al. A systematic literature review of logistics services outsourcing. **Heliyon**, v. 10, n. 13, e33374, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33374>. Acesso em: 11 nov. 2025.

ALMEIDA, D. R.; SOUZA, J. P. Inovação e desafios na logística de última milha em centros urbanos brasileiros. **Revista Brasileira de Logística**, v. 12, n. 1, p. 45–58, 2022.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 1 nov. 2017.

BRAGA, L., Metrô do Rio ganha lockers para receber encomendas dos Correios, Tecnoblog, 2024. Disponível em: <https://tecnoblog.net/noticias/metro-do-rio-ganha-lockers-para-receber-encomendas-dos-correios>. Acesso em: 11 de março de 2025.

CHEN, X. The declining value of subscription-based abstracting and indexing services in the new knowledge dissemination era. **Serials Review**, v. 36, n. 2, p. 79–85, 2010.

CIARDIELLO, F. *et al.* A game-theoretic multi-stakeholder model for cost allocation in urban consolidation centres. **Annals of Operations Research**, 2021.

COMMISSION ON ENVIRONMENT, W. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Towards Sustainable Development - Part II. **Common Challenges Population and Human Resources**. [S.l.], 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2023.

CROTTI, D.; MAGGI, E. Social responsibility and urban consolidation centres in sustainable freight transport markets. **Italian Economic Journal**, 2022.

DE SOUZA, R.; WILLIAM, L.; LEE, C. K. Marginalizing last mile logistics cost through 4th party milk run. **Advances in Science, Technology and Engineering Systems**, v. 4, n. 4, p. 462–467, 2019.

DOMINGUES, M. L.; REIS, V.; MACÁRIO, R. A comprehensive framework for measuring performance in a third-party logistics provider. **Transportation Research Procedia**, Elsevier, 2015.

DRSKA, M., A batalha pela última milha do comércio eletrônico. Neofeed, 2019. Disponível em: <https://neofeed.com.br/startups/a-batalha-pela-ultima-milha-do-comercio-eletronico/>, Acesso em: 11 de março de 2025.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Greenhouse gas emissions from transport in Europe**. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases-7>. Acesso em: 17 jun. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **White paper: Roadmap to a single European transport area – Towards a competitive and resource efficient transport system**. Bruxelas, 2011. Disponível em: <https://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do? uri=COM: 2011:0144:FIN:en:PDF. Acesso em: 14 jun. 2023.

GONÇALVES, L. M.; ROCHA, T. C. Logística urbana e desafios da última milha: um estudo sobre a região metropolitana de Belo Horizonte. **Revista Transportes**, v. 30, n. 2, p. 45–60, 2022.

KIBA-JANIYAK, M. et al. The impact of the covid-19 pandemic on sustainable and innovative last-mile deliveries in the e-commerce market: lessons learned from Brazil and Poland. In: EVANGELISTA, P.; HALLIKAS, J.; JABER, M. Y. (Eds.). **Environmentally Responsible Supply Chains in an Era of Digital Transformation**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2024. p. 123-140. DOI: 10.4337/9781803920207.00012.

LEMKE, J.; IWAN, S.; KORCZAK, J. Usability of the parcel lockers from the customer perspective: The research in Polish cities. **Transportation Research Procedia**, Elsevier B.V., 1 dez. 2016.

LI, F. *et al.* The logistics service mode selection for last mile delivery considering delivery service cost and capability. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 19, p. 1–17, 1 out. 2020.

LIU, Y. Estudo sobre sistema de distribuição rural na China. **Sustainable Cities and Society**, v. 61, p. 102287, 2020.

LUO, J.; BI, M.; KUANG, H. Design of evaluation scheme for social responsibility of China's transportation enterprises from the perspective of green supply chain management. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 6, 2 mar. 2021.

MASOUMI, S. M.; KAZEMI, N.; ABDUL-RASHID, S. H. Sustainable supply chain management in the automotive industry: A process-oriented review. **Sustainability (Switzerland)**, MDPI, 1 jul. 2019.

OSOSANMI, A.O.; OGUNDIMU, O.E. **Drivers of green supply chain management: A close-up study**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-466356/v1>. Acesso em: 02 abr. 2023.

OUZZANI, M. et al., Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, n. 1, 5 dez. 2016.

PAGE, M. J. et al. **The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews**. The BMJ, BMJ Publishing Group, 29 mar. 2021.

PEREIRA, F. C.; OLIVEIRA, L. K., Políticas públicas e inovação na logística urbana brasileira. **Revista Transportes**, v. 31, n. 2, p. 97–108, 2023.

PINA-PARDO, J. C. et al. Design of a two-echelon last-mile delivery model. **EURO Journal on Transportation and Logistics**, v. 11, 1 jan. 2022.

SILVA, A. C.; MENDES, R. P. Desafios da eletromobilidade na logística urbana brasileira: evidências de Curitiba. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 89–103, 2022.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). *Lessons from the Last Mile: Evolving Practices for Urban Logistics*. Geneva: World Economic Forum, 2025. Disponível em: [https://reports.weforum.org/docs/WEF\\_Urban\\_Deliveries\\_Case\\_Studies\\_Combined\\_2025.pdf](https://reports.weforum.org/docs/WEF_Urban_Deliveries_Case_Studies_Combined_2025.pdf). Acesso em: 11 nov. 2025.

ZHOU, J. et al. A three-stage geospatial network optimal location decision model for urban green logistics centers from a sustainable perspective. *Sustainable Cities and Society*, v. 128, 106481, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106481>. Acesso em: 11 nov. 2025.