



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA, SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE

EVALUATION OF THE USE OF DIFFERENT URBAN CARGO TRANSPORT VEHICLES IN THE LAST MILE, FROM THE PERSPECTIVE OF TECHNOLOGY AND SUSTAINABILITY

EVALUACIÓN DEL USO DE DISTINTOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA EN LA ÚLTIMA MILLA, DESDE LA PERSPECTIVA DE TECNOLOGÍA Y SOSTENIBILIDAD

Pedro Magalhães de Souza¹, Carlos Eduardo Sanches de Andrade², Cintia Isabel de Campos³

e524854

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i2.4854>

PUBLICADO: 02/2024

RESUMO

Os aspectos da sustentabilidade no transporte urbano de cargas, especialmente na última milha, são essenciais para o desenvolvimento sustentável das áreas urbanas. A necessidade de substituição da tradicional tecnologia de veículos de transporte urbano de cargas na última milha, movidos por combustíveis fósseis, para novas tecnologias de veículos com fontes energéticas limpas, surge como prioridade. O surgimento dessas novas tecnologias, menos poluentes, é fator de motivação para as empresas de transporte urbano de cargas na última milha realizarem o planejamento da substituição gradativa da atual frota de veículos movidas a combustíveis fósseis. O objetivo desse trabalho é avaliar os impactos, positivos e negativos dessas tecnologias existentes nas 3 dimensões da sustentabilidade: econômicas, ambientais e sociais. O método adotado é uma revisão bibliográfica exploratória da literatura sobre as atuais tecnologias utilizadas nos diferentes tipos de veículos de transporte urbano de carga na última milha, analisando também os aspectos da sustentabilidade. Os resultados mostram as particularidades de cada tipo de veículo urbano de carga na última milha, explicando as diferenças dessas tecnologias - veículos de uso de combustíveis fósseis; veículos de transporte ativo; veículos de uso de biocombustível; veículos de uso com eletricidade; veículos híbridos; entrega de cargas por uso de drones; e de outros tipos de tecnologias inovadoras de entregas na última milha, bem como restrições e motivações associadas à adoção de cada uma dessas tecnologias.

PALAVRAS-CHAVE: Última milha. Transporte urbano de cargas. Veículos elétricos. Veículos movidos a biocombustíveis. Veículos híbridos. Drones. Desenvolvimento urbano sustentável.

ABSTRACT

Sustainability aspects in urban freight transport, especially in the last mile, are essential for the sustainable development of urban areas. The need to replace the traditional last-mile urban freight transport vehicle technology, powered by fossil fuels, with new vehicle technologies using clean energy sources, emerges as a priority. The emergence of these new, less polluting technologies is a motivating factor for urban last-mile freight transport companies to plan the gradual replacement of the current fleet of vehicles powered by fossil fuels. This work aims to evaluate the positive and negative impacts of these existing technologies on the 3 dimensions of sustainability: economic, environmental, and social. The method adopted is an exploratory bibliographic review of the literature on current technologies used in different types of urban freight transport vehicles in the last mile, also analyzing sustainability aspects. The results show the particularities of each type of urban freight vehicle in the last mile, explaining the differences between these technologies - vehicles using fossil fuels; active transport vehicles; biofuel vehicles; vehicles for use with electricity; hybrid vehicles; delivery of cargo using drones; and other types of innovative last-mile delivery technologies, as well as restrictions and motivations associated with the adoption of each of these technologies.

KEYWORDS: Last mile. Urban freight transport. Electric vehicles. Vehicles powered by biofuels. Hybrid vehicles. Drones. Sustainable urban development.

¹ Discente do curso de Engenharia de Transportes da Universidade Federal de Goiás.

² Docente dos cursos de Engenharia de Transportes e Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

³ Docente do curso de graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal de Goiás.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

RESUMEN

Los aspectos de sostenibilidad en el transporte urbano de mercancías, especialmente en la última milla, son esenciales para el desarrollo sostenible de las zonas urbanas. Se perfila como prioridad la necesidad de sustituir la tradicional tecnología de vehículos de transporte urbano de mercancías de última milla, propulsados por combustibles fósiles, por nuevas tecnologías de vehículos que utilicen fuentes de energía limpias. La aparición de estas nuevas tecnologías menos contaminantes es un factor de motivación para que las empresas de transporte urbano de mercancías de última milla planifiquen la sustitución paulatina de la actual flota de vehículos propulsados por combustibles fósiles. El objetivo de este trabajo es evaluar los impactos positivos y negativos de estas tecnologías existentes en las 3 dimensiones de la sostenibilidad: económica, ambiental y social. El método adoptado es una revisión bibliográfica exploratoria de la literatura sobre las tecnologías actuales utilizadas en diferentes tipos de vehículos de transporte urbano de mercancías en la última milla, analizando también aspectos de sostenibilidad. Los resultados muestran las particularidades de cada tipo de vehículo de carga urbano en la última milla, explicando las diferencias entre estas tecnologías -vehículos que utilizan combustibles fósiles; vehículos de transporte activo; vehículos de biocombustibles; vehículos para uso con electricidad; vehículos híbridos; entrega de carga mediante drones; y otros tipos de tecnologías innovadoras de entrega de última milla, así como restricciones y motivaciones asociadas a la adopción de cada una de estas tecnologías.

PALABRAS CLAVE: Última milla. Transporte urbano de mercancías. Vehículos eléctricos. Vehículos propulsados por biocombustibles. Vehículos híbridos. Drones. Desarrollo urbano sostenible.

1. INTRODUÇÃO

A “última milha”, conhecida do inglês como “*last mile*”, é a última etapa de transporte pela qual um determinado produto passa, ou seja, é o último deslocamento do produto até chegar às mãos do comprador final (cliente). Trata-se da fase do transporte de carga mais dispendiosa, menos eficiente e mais poluente de toda a operação de entrega, devido ao alto grau de falhas nas entregas, ineficiência na rotina dos funcionários, além da falta de densidade de entrega em uma mesma área (Shibao; Dos Santos, 2021). Manerba *et al.* (2018) corroboram com esse conceito ao afirmarem que a última milha é conhecida como uma das partes mais caras, menos eficientes e mais poluentes de toda a cadeia de abastecimento. Esse conceito vem ganhando cada vez mais importância e destaque no ciclo logístico porque é nessa etapa que ocorre o maior custo com transporte de cargas para a maioria das empresas no Brasil. De acordo com Joeress *et al.* (2016), o custo da entrega na última milha, em 2015, aumentou a uma taxa de crescimento de 10% ao ano.

Segundo um estudo da Fundação Dom Cabral, cerca de 12,37% dos custos das empresas brasileiras são com logística (FDC, 2018). Em média, o transporte corresponde a 63,5% do custo logístico total. Para o *e-commerce*, a eficiência da “última milha” é vital, podendo interferir diretamente na satisfação do cliente, seja na fidelização ou na perda do cliente. Pôde-se notar que, com a pandemia da COVID-19, onde grande parte das pessoas estavam em suas casas devido ao “isolamento social” imposto pelo Governo Federal juntamente com o Ministério da Saúde, o *e-commerce* brasileiro cresceu 41% em 2020, faturando cerca de 87,4 bilhões de reais, melhor desempenho desse setor desde 2007. Esses dados são da pesquisa *Webshoppers 43*, conduzida pela consultoria Ebit/Nielsen (Medeiros, 2021).

Contudo, devido a esse aumento do *e-commerce* brasileiro, as reclamações dos consumidores desse tipo de produto aumentaram expressivamente, por causa de atrasos na entrega do produto. As



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

reclamações nos Procons relacionadas à venda *online* aumentaram significativamente nesse período de pandemia: o Procon Recife registrou um aumento de mais de 300% no número de reclamações em abril de 2020, em comparação com o mesmo mês de 2019, bem como no mês anterior à pandemia; já em São Paulo, o aumento nas reclamações foi de 64% no primeiro quadrimestre de 2020, em comparação com o mesmo período do ano de 2019, estando o atraso na entrega entre os principais motivos de reclamações (Delage, 2021). Por esse motivo, essa etapa de última milha é atualmente responsável por grande parte da satisfação do cliente, uma vez que sua experiência ao receber o produto também envolve o serviço de entrega (transporte).

Por outro lado, tornar as cidades inclusivas e sustentáveis é o 11º objetivo de desenvolvimento sustentável, de uma lista de 17 objetivos, definidos no âmbito da Organização das Nações Unidas (UN, 2023). Assim, a sustentabilidade representa o desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações atuais sem comprometer as gerações futuras. É um objetivo a ser perseguido por todos.

Considerando seguir esse viés sustentável, o Brasil assumiu compromisso de reduzir os Gases de Efeito Estufa - GEE no Acordo de Paris e na COP 26. O país confirmou seu compromisso em reduzir as emissões de GEE em 37% até 2025, em comparação com o ano de 2005. Além disso, comprometeu-se a reduzir suas emissões até 2030 em 50%, em comparação com esse mesmo período. Os compromissos do Brasil também incluem um objetivo de longo prazo para alcançar a neutralidade de carbono até 2050 (UN, 2022). Em 2022, a quantidade de GEE emitida pelo setor de transporte brasileiro atingiu a marca de 200 milhões de toneladas de dióxido de carbono - CO₂, correspondendo a cerca de 49,7% do total de emissões associadas à matriz energética brasileira, mostrando-se como o setor com a maior parcela de emissões relacionadas ao uso de energia (EPE, 2023). Assim, para cumprir seus compromissos de redução das emissões é necessário que o setor de transportes se desenvolva dentro da perspectiva das dimensões da sustentabilidade.

Diante disso, visto a necessidade de adequações e a ruptura quanto aos modelos praticados atualmente, busca-se a melhoria no atendimento (agilidade) e a mudança em relação à matriz energética de transportes. De acordo com o relatório *Urban Freight Research Roadmap* (Alice; Ettrac, 2015), o futuro do transporte urbano de carga será influenciado pelo advento de novas tecnologias, onde diferentes métodos, veículos e tecnologias podem ser utilizados nas operações dos transportes dos produtos na última milha, acarretando diferentes impactos econômicos, ambientais e sociais.

Portanto, o principal objetivo deste artigo é, por meio de uma revisão bibliográfica exploratória, avaliar as principais tecnologias existentes dos diferentes tipos de veículos de transporte urbano de carga na última milha, analisando os impactos, positivos ou negativos, causados nas 3 dimensões da sustentabilidade: aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Após essa breve introdução na Seção 1, este artigo apresenta mais 4 seções. Na Seção 2, define-se o método empregado. Logo adiante, caracterizando a Seção 3, são apresentados os resultados obtidos, avaliando as diferentes tecnologias dos veículos de transporte urbano de carga na última milha e os impactos causados na sustentabilidade. Já a Seção 4, destina-se às discussões acerca da avaliação do uso desses veículos, sob as óticas voltadas à tecnologia e à sustentabilidade,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

trazendo consigo os principais impactos gerados, positivos ou negativos. Também realiza uma análise abordando as 3 dimensões da sustentabilidade. Por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais dos autores deste trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A revisão da literatura é uma etapa essencial em qualquer desenvolvimento de pesquisa, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento do conhecimento e o aprofundamento acerca de questões já existentes.

2.1 Definição do método de revisão bibliográfica

Dentro desse contexto, a revisão bibliográfica exploratória emerge como uma abordagem valiosa, especialmente quando se tem a busca por campos de estudo vastos e em evolução. Com isso, definiu-se que o presente estudo se trata de uma revisão bibliográfica exploratória de caráter qualitativo que aborda informações atualizadas sobre o uso de diferentes tipos de veículos de transporte urbano de carga na última milha.

Segundo Gil (2008), as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos, sendo que de todos os tipos de pesquisa, estas são as que apresentam menor rigidez no planejamento. Habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso. Já para Prodanov (2013), esse tipo de pesquisa se encontra na fase preliminar, tendo como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto apresentado, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitando a delimitação do tema do estudo, orientando a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses para o assunto. Assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.

Dessa forma, este trabalho visa conduzir uma revisão bibliográfica exploratória a fim de mapear a paisagem atual do transporte urbano de carga realizado na última milha, oferecendo uma perspectiva abrangente dos veículos existentes, identificando inovações e novas tecnologias, delineando áreas que carecem de investigação aprofundada, tendo como apelo a ótica tecnológica e sustentável, colaborando para o desenvolvimento dessa importante área do ciclo logístico.

2.2 Critérios de busca e seleção de artigos científicos

Para a elaboração desta pesquisa seguiram-se as normas metodológicas fundamentais, conforme descrito por Pereira *et al.* (2018). A seleção dos artigos científicos foi realizada nas seguintes bases de dados: CAPES, Scielo, *ResearchGate*, Scopus e Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas nas buscas foram: última milha, veículos sustentáveis, transporte urbano de carga e mobilidade sustentável.

Após a busca, realizou-se uma filtragem e, respectivamente, a seleção de artigos com base nos critérios estabelecidos pelos autores. O critério de escolha dos artigos neste trabalho contou com



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

a leitura dos títulos, resumos e introdução dos artigos filtrados pelas bases de dados, e então escolhidos pelos autores para análise. A análise ocorreu através da leitura completa dos artigos selecionados a partir do ano de 2015, até o presente momento (2024). Outro critério de inclusão adotado foi o idioma, sendo selecionados os artigos publicados em português, inglês e espanhol. O país de publicação do artigo não foi adotado para fins de critério de inclusão desta pesquisa.

Os critérios de exclusão adotados de acordo com os artigos encontrados, foram os que possuíam datas inferiores a 2015, ano utilizado como referencial da pesquisa, além daqueles artigos que discorriam sobre o ciclo de vida. Após a seleção, os artigos foram avaliados e os seus conteúdos expostos de forma descritiva durante o presente trabalho.

2.3 Fluxograma da seleção dos artigos científicos

A figura 1 apresenta o fluxograma, implantado nesse trabalho, para realizar a seleção dos artigos científicos para o desenvolvimento dessa pesquisa.

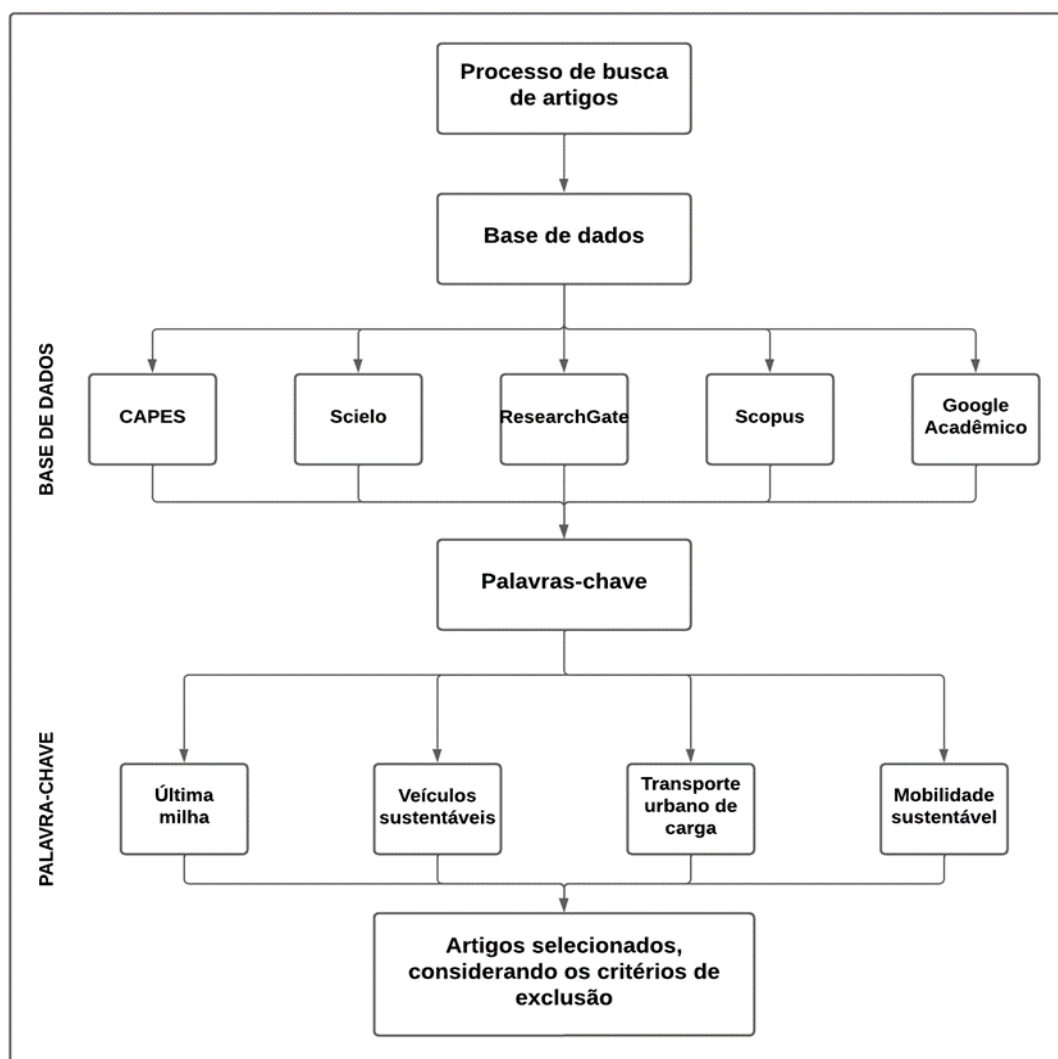


Figura 1: Fluxograma para realizar a seleção dos artigos dessa pesquisa

Fonte: Autores (2024)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

3. RESULTADOS

A "última milha" no contexto de transporte urbano de cargas refere-se à etapa final da cadeia de distribuição, na qual os bens são entregues a partir do ponto de distribuição (armazém, centro de distribuição) até o destino final do consumidor. Essa fase é crucial, pois impacta diretamente na experiência do cliente e representa uma variedade de desafios relacionados a essa etapa. Em resumo, a "última milha" torna-se um desafio logístico crítico, onde a eficiência e a inovação desempenham papéis essenciais para atender às crescentes demandas dos consumidores de forma a manter um nível de operações sustentáveis.

Diante disso, o transporte na última milha engloba uma gama enorme de fatores a serem levados em consideração nessa cadeia logística de entregas. Baseando-se no conhecimento geral e nas tendências observadas na literatura, tais fatores envolvem alguns pontos-chaves quando se refere a esse tipo de transporte, implicando diretamente no tipo de deslocamento e nas tecnologias a serem utilizadas.

A proximidade ao consumidor, em primeiro momento, visto que essa etapa da cadeia logística se dá próximo às áreas urbanas, implica em desafios específicos no tráfego, nas restrições de espaço e na infraestrutura. Para Goes *et al.* (2018), as características geográficas específicas das cidades geram impedâncias para o uso de veículos ainda menores, como triciclos, bicicletas e motocicletas. A diversidade nas entregas, relacionadas ao tipo de produto transportado e a capacidade de suporte à carga também mostram a complexidade na escolha ideal do tipo de veículo que será utilizado em determinada entrega.

O fator tempo caracteriza-se como sendo um dos principais pontos de medição do grau de satisfação do cliente devido às expectativas cada vez mais altas em relação à rapidez das entregas criadas pelos consumidores, visto que segundo Delage (2021), as reclamações aumentaram expressivamente por conta de atrasos na entrega do produto, aumentando a pressão sobre as operações logísticas, principalmente nessa última fase da cadeia.

Os custos logísticos na última milha frequentemente representam uma parte significativa dos custos totais de transporte, onde, de acordo com Joerss *et al.* (2016), o custo da entrega nessa etapa da cadeia chegou a 70 bilhões de euros por ano no mundo, muito por conta da complexidade das entregas em áreas urbanas, o que inclui congestionamentos, contribuindo diretamente com o tempo de entrega, estacionamento, além da necessidade de veículos especializados.

A questão da sustentabilidade é um dos parâmetros de extrema importância em todos os setores de nossa sociedade, não sendo diferente no transporte urbano de cargas na última milha. A busca pelas cidades sustentáveis começa nos transportes, já que esse setor é o maior responsável pelas emissões de CO₂ no Brasil (EPE, 2023). Com isso, buscam-se alternativas sustentáveis, como tecnologia de veículos sustentáveis e estratégias de entrega mais eficientes por parte das empresas do ramo.

Portanto, essa série de fatores tendem a corroborar com o tipo de tecnologia empregada no transporte urbano de cargas na última milha e se tornam parâmetros de escolha dos veículos que serão



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

utilizados nesse processo.

Diante disso, na sequência serão abordadas as principais tecnologias dos tipos de veículos utilizados no transporte urbano da última milha, avaliando suas principais características, levando em consideração os aspectos econômicos, ambientais e sociais de cada tecnologia.

3.1 Tecnologias de veículos de uso de combustíveis fósseis

Os veículos de uso de combustíveis fósseis são aqueles que utilizam derivados do petróleo (como: gasolina, óleo diesel e Gás Natural Veicular - GNV), como fonte de energia para se deslocarem, também chamados de automóveis ou automotores movidos à combustão interna. Esses veículos têm sido dominantes ao longo do século XX e início do século XXI, desempenhando um papel importante no transporte individual de passageiros e de cargas em todo o mundo. Os veículos movidos a combustíveis fósseis, como carros, motocicletas, caminhões, VUC's (Veículo Urbano de Carga) e vans, têm sido os principais meios de transporte de carga na última milha ao redor do mundo. Fatores como disponibilidade, preço de mercado, infraestrutura de abastecimento e facilidade de uso contribuíram para sua popularidade. A figura 2 mostra um exemplo da van, movida a gasolina, utilizada pela empresa Correios, da cidade de São Paulo, para realizarem as entregas na última milha.



Figura 2: Van, movida a gasolina, utilizada pelos Correios da cidade de São Paulo
Fonte: Fonseca (2023)

O uso extensivo de veículos com combustíveis fósseis apresenta preocupações ambientais significativas. A queima de gasolina e óleo diesel em motores de combustão interna libera CO_2 e outros poluentes atmosféricos nocivos à saúde humana, contribuindo para agravamento de questões de saúde pública e ambientais, como o aquecimento global e a poluição do ar. O GNV também é bastante investigado e empregado como combustível veicular em muitos países.

Devido à crescente conscientização por parte das empresas e sociedade em geral sobre os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo uso de combustíveis fósseis, começam a se levantar esforços para o desenvolvimento de novas tecnologias mais limpas, principalmente no atendimento ao transporte urbano de carga na última milha da cadeia logística. As ações na ilha de Fernando de Noronha surgem como exemplo dessa conscientização: a ilha está se propondo a ser o



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

primeiro território brasileiro a proibir a circulação de carros movidos a combustão, ou seja, permitindo apenas a circulação de veículos que sejam elétricos na ilha (Oliveira *et al.*, 2022). Diante disso, a introdução de veículos híbridos, elétricos e movidos a biocombustíveis surge como alternativa e possível solução mais sustentável.

Em resumo, a era dos veículos com combustíveis fósseis está passando por uma transformação significativa devido às crescentes preocupações ambientais, avanços tecnológicos e mudanças nas políticas globais. A transição para alternativas mais sustentáveis é vista como fundamental para mitigar os impactos negativos associados aos combustíveis fósseis.

3.2 Tecnologias de veículos de transporte ativo

O termo "transporte ativo" refere-se a todo método de deslocamento que envolve a participação física ativa individual, como caminhar, andar de bicicleta, patinar ou correr. No âmbito dos transportes, os veículos de transporte ativo são aqueles meios de locomoção que exigem a participação física direta do usuário para se deslocar, em contraste com modos passivos existentes, como o uso de veículos motorizados à combustão interna e elétricos, respectivamente. Bicicletas, triciclos e quadriciclos movidos à propulsão humana se tornam alguns exemplos de veículos usados no transporte urbano de carga na última milha, sendo que a variedade de veículos de transporte ativo continua a crescer à medida que a tecnologia e a inovação se desenvolvem. A figura 3 mostra exemplos de bicicletas e triciclos de carga na cidade do Rio de Janeiro.



Figura 3: Bicicleta de carga e triciclo de carga
Fonte: Zé Lobo (2018)

Segundo Senne e Lima (2021a), existe a preferência pela escolha de veículos de transportes mais sustentáveis, como bicicletas e triciclos, para realizar o último trecho da entrega. O uso de bicicletas de carga na logística urbana, principalmente na última milha, aparece como uma solução promissora para o congestionamento e a poluição nos centros urbanos (Binetti *et al.*, 2019). Machado *et al.* (2019) afirmam que esses veículos são alternativas de menor custo em aquisição e manutenção comparada a outros meios, além de proverem maior agilidade nos deslocamentos e se comportarem



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

como uma alternativa sustentável.

A escolha do veículo muitas vezes depende do tipo de produto carregado, do ambiente em que será utilizado e das necessidades específicas do usuário. Um estudo de caso feito por Gonzalez-Calderon *et al.* (2022), em Medellín, na Colômbia, retrata uma cidade latino-americana em desenvolvimento que apresenta grandes declives em suas estradas devido à topografia montanhosa presente na região, condição que impacta diretamente no transporte de cargas por bicicleta.

Segundo Oliveira *et al.* (2018a), em busca de contornar os efeitos dos congestionamentos do tráfego, das restrições de circulação impostas pelas autoridades nas cidades, empresas vêm adotando práticas sustentáveis do ponto de vista socioambiental, garantindo a manutenção e o aprimoramento do nível de serviço oferecido. Tal prática também vem sendo aplicada em países em desenvolvimento, como por exemplo no Brasil, onde verificou-se a utilização de triciclos por empresas, como Coca-Cola (Fernandes *et al.*, 2015) e Correios (Oliveira *et al.*, 2018b).

As bicicletas de carga representam uma alternativa para distritos urbanos, em pequenas distâncias, não substituindo os meios convencionais de transporte de longa distância (Oliveira *et al.*, 2023).

3.3 Tecnologias de veículos de uso de biocombustível

Outra alternativa sustentável e ambientalmente aceitável em comparação aos veículos tradicionais movidos a combustíveis fósseis são os veículos movidos a biocombustíveis. Os biocombustíveis são fontes de energia derivados de matéria orgânica, como plantas, resíduos agrícolas ou animais, e possuem um potencial de redução nas emissões de GEE e a dependência de recursos não renováveis.

Com a evidência de seu uso, têm-se diferentes tipos de biocombustíveis, sendo o etanol e o biodiesel os mais comuns, respectivamente. O etanol é produzido a partir de culturas como a cana-de-açúcar, milho ou beterraba, enquanto o biodiesel é obtido através da extração de óleos vegetais, gorduras animais ou resíduos de óleo de cozinha.

Segundo Aragão (2022), para uma efetiva redução das emissões de GEE pelo setor de transportes, tendo como foco a última milha, é necessário aliar a implementação dos biocombustíveis a tecnologias como a dos veículos elétricos e outras tecnologias, como métodos de sequestro de carbono. Nos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) ocorre um declínio da demanda por combustíveis fósseis para o setor de transportes, ligado, principalmente, ao aumento da eficiência energética dos motores dos veículos movidos a biocombustíveis. Diante disso, o uso do etanol como combustível têm sido largamente empregado no Brasil.

O uso do etanol voltou a crescer e a ser explorado como combustível alternativo aos derivados de petróleo, sobretudo a gasolina, principalmente pelo Brasil e pelos Estados Unidos, sendo os maiores produtores mundiais desse biocombustível atualmente. Segundo a *International Energy Agency* (IEA, 2021), o etanol é o biocombustível mais utilizado do mundo, representando cerca de 70% dentre os



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

biocombustíveis, com produção anual total de aproximadamente 110 bilhões de litros. A figura 4 mostra os veículos movidos a biocombustíveis da empresa DHL - grande empresa multinacional da área de transporte de cargas - implantados no Brasil.



Figura 4: Veículos movidos a biocombustíveis da empresa DHL implantados no Brasil
Fonte: Agência Transporta Brasil (2023)

É comum no Brasil, por lei, a adição de uma porcentagem de biocombustíveis combinado com combustíveis fósseis para deixar o combustível “mais limpo”. Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural, Derivados e Biocombustíveis (ANP, 2024), o uso do biodiesel adicionado ao diesel, por exemplo, pode trazer diversas vantagens como a redução da importação de diesel (impacto econômica), a fixação do homem no campo (impacto social) e, principalmente, a redução da emissão de poluentes (impacto ambiental). Dentro dessa esfera ambiental, comparando as emissões de motores de ciclo diesel e biodiesel, em geral, o uso do biodiesel emite menos monóxido de carbono - CO (60%) que o óleo diesel, aumentando o potencial de formação de ozônio (Aragão, 2022).

Em resumo, os veículos movidos a biocombustíveis na última milha da cadeia logística podem representar uma opção viável para a transição do uso de combustíveis fósseis para uma matriz energética mais sustentável, porém, sendo crucial abordar os desafios associados à produção, impactos sociais e ambientais para garantir benefícios a longo prazo.

3.4 Tecnologias de veículos de uso com eletricidade

Uma das tecnologias mais utilizada atualmente são os veículos de uso com eletricidade, que representam uma categoria crescente dentre os meios de transportes, em oposição aos tradicionais veículos com motores a combustão interna, que começam a sofrer com esse crescimento. Essa mudança é impulsionada principalmente pela preocupação ambiental existente em toda sociedade, pelos avanços na tecnologia de baterias e a busca por alternativas de transportes mais sustentáveis. Para Miguel (2022), a tendência pela substituição da frota para um transporte mais verde, não baseado em combustíveis fósseis, é cada vez maior.

Os Veículos Elétricos (VEs) caracterizam-se como sendo aqueles movidos por um ou mais motores elétricos alimentados por baterias recarregáveis, onde não dependem de combustíveis fósseis e não emitem poluentes diretamente durante as suas operações. Para Shibao e dos Santos (2021),
RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

outras características que chamam a atenção nesses veículos são: a) a baixa emissão de gases, b) não necessita de aquecimento prévio, c) seu desempenho é superior aos veículos de combustão interna.

Carros, vans, motocicletas e bicicletas movidas a eletricidade tornam-se exemplos desses tipos de veículos. Existem três categorias principais de VEs, divididos em: Veículos Puramente Elétricos (VPEs), que possuem apenas baterias; Veículos Híbridos do tipo Plug-in (PHEVs); veículos com a possibilidade de recarga diretamente da rede elétrica; e Veículos Híbridos (VHs), contendo bateria, por sua vez, carregada por um motor de combustão interna (Vaz *et al.*, 2015).

Muito se fala das inúmeras vantagens do automóvel elétrico sobre o automóvel com motor a combustão interna. Para Oliveira *et al.*, (2022), além da redução na emissão de poluentes no meio ambiente, a eficiência energética é um dos pontos favoráveis, são altamente silenciosos, os gastos com manutenção ficam em torno de 20% a 30% mais baixos do que de um veículo convencional, além do custo por quilômetro rodado ser menor, devido à energia elétrica ser mais barata que os combustíveis fósseis. Sendo assim, fatores como esses favorecem o uso e o aumento da frota dos veículos elétricos no transporte urbano de cargas na última milha.

Na logística de última milha, existem algumas soluções que atendem a esses requisitos. Uma delas é o veículo elétrico, utilizado na etapa do transporte do pacote, caracterizado por ser um deslocamento com zero emissões atmosféricas (Verma, 2018). Para Oliveira *et al.* (2018, a), a tendência de eletrificação e a preocupação das empresas em promover a sustentabilidade socioambiental em suas operações só mostra a importância e o foco para o desenvolvimento sustentável do setor nessa etapa da cadeia logística.

Diante disso, grandes empresas vêm realizando a escolha por veículos elétricos na etapa logística da última milha, como um fator de redução de custo e como uma exigência do mercado que vem se criando em encontrar parceiros sustentáveis. Nos últimos anos, os veículos elétricos estão em destaque no mercado e se tornaram estratégicos para empresas como Mercado Livre, FedEx, General Electric e Coca-Cola (Rezgui *et al.*, 2019) e (Verma, 2018).

Segundo Oliveira *et al.* (2022), a empresa DHL utiliza o VE's para entregas na Grande São Paulo e na região de Campinas. O modelo BYD T3 possui uma capacidade de carga de 750 kg ou 3.330 litros, suportando até dois ocupantes, a autonomia do veículo com cerca de 250 km, com uma bateria de 48 kWh e um tempo de recarga de 2 horas. Além disso, a empresa Correios concluiu os testes com duas bicicletas e um triciclo elétricos em Brasília (DF), através de uma parceria feita com a empresa EcoStart, onde o modelo BYD T3 possui uma capacidade de carga de 800 kg, suportando até dois ocupantes. A figura 5 exemplifica esse modelo elétrico utilizado pela empresa Correios na logística de entrega de cargas em Brasília.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos



Figura 5: Furgão T3, movido a eletricidade, utilizado pelos Correios de Brasília
Fonte: Oliveira *et al.* (2022)

Oliveira *et al.* (2022) também dá o exemplo da moto elétrica da empresa iFood que tem como objetivo trazer mais economia no dia a dia dos entregadores e na redução em até 70% dos custos com combustível e manutenção se comparados a uma moto a combustão. Além disso, a iniciativa foi desenvolvida reforçando o compromisso ambiental da empresa, trazendo soluções de impacto positivo ao ambiente e à sociedade.

Por fim, essa transição para os veículos elétricos está moldando a paisagem do transporte, impulsionando inovações tecnológicas e transformando as expectativas do consumidor em relação à mobilidade sustentável. Essa mudança, tanto das empresas quanto da própria sociedade, representa um esforço significativo para enfrentar os desafios ambientais associados ao transporte convencional movido a combustíveis fósseis e aderir às “fontes verdes” de deslocamento na última milha.

3.5 Tecnologias de veículos híbridos

Como já abordado anteriormente, os VHS são aqueles que combinam um motor a combustão interna com um ou mais motores elétricos para propulsão. Essa tecnologia visa o aproveitamento de ambos os sistemas, proporcionando uma maior eficiência energética e a redução de emissões de gases poluentes.

Outro tipo de VHS são os Veículos Híbridos do tipo Plug-in (PHEVs), que permitem a recarga externa da bateria, proporcionando uma maior autonomia se comparado com os híbridos convencionais. Ao comparar com os veículos puramente elétricos, e por comportar os dois tipos de motores, os propulsores elétricos dos VHS têm menor porte que nas configurações “normais” (Vaz *et al.*, 2015).

Segundo Vaz *et al.* (2015), ao contrário do que acontece nos PHEVs, os HVs, contudo, não possuem uma estrutura, cabo ou conector, para o carregamento da bateria diretamente à rede elétrica. A recarga da bateria acontece no funcionamento do próprio motor a combustão e de mecanismos



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

disponíveis no veículo, como a frenagem regenerativa.

Esses veículos desempenham um papel significativo na transição para as formas mais sustentáveis de transporte na última fase da cadeia logística, podendo se tornar uma opção viável para as empresas preocupadas com a eficiência energética das entregas e na diminuição das emissões de poluentes. Para Vonbun (2015), os veículos podem servir de ponte entre os veículos convencionais e os elétricos, quando os desenvolvimentos tecnológicos, relacionados ao custo e à eficiência das baterias, permitirem a adoção total por veículos elétricos.

Visando atingir o mercado de transporte urbano de carga na última milha, a empresa SCANIA iniciou, em 2018, a fabricação de caminhões híbridos versáteis para aplicações urbanas, visualizado na figura 6, que podem utilizar o biocombustível de HVO (óleo vegetal tratado com hidrocarbonetos), ou o combustível fóssil de óleo diesel, trabalhando em paralelo com a máquina elétrica, gerando 130kW (177hp) de potência. A janela de energia da bateria recarregável de lítio está definida para 7,4kWh, garantindo uma longa duração. Os caminhões podem ser dirigidos no modo totalmente elétrico, sem qualquer suporte do motor a combustão, graças aos auxiliares elétricos para direção e suprimento de ar de freio (Portal Lubes, 2018).



Figura 6: Caminhão híbrido versátil para aplicações urbanas fabricado pela empresa SCANIA
Fonte: Portal Lubes (2018)

3.6 Tecnologias de entrega por uso de drones

O uso de drones para entrega de cargas nessa fase final da última milha representa uma inovação tecnológica significativa no setor logístico e de transporte de cargas. Esse tipo de tecnologia empregada na última milha promete inovar a maneira como as mercadorias são entregues, oferecendo eficiência, velocidade e, em alguns casos, redução de custos. Segundo Merriam-Webster (2023), a palavra drone define-se como uma embarcação ou aeronave não tripulada, também chamada de veículo aéreo não tripulado (VANT), controlado por um computador embarcado ou por controle remoto.

Para Krause (2022), os drones são uma das tecnologias mais estudadas em logística



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

atualmente. Por eles se caracterizarem como sendo veículos elétricos, são considerados um meio de transporte ecologicamente correto. Através de seus recursos, combinam as necessidades das empresas com as da sociedade: autonomia, flexibilidade e agilidade. Seguindo essa mesma linha, Ranieri *et al.* (2016) e Heutger e Kuckelhaus (2017) reforçaram que a agilidade na entrega seria a principal vantagem observada nessa prática, porém apontam o congestionamento aéreo e a limitação do tamanho da carga transportada como as principais barreiras para o emprego desse tipo de transporte.

Zeng *et al.* (2019) também citam que os drones possuem boa capacidade de se adaptar em cenários logísticos complexos e sua aplicação na distribuição à logística urbana tem amplas perspectivas, podendo lidar efetivamente com o problema das entregas na última milha. Um exemplo de sua aplicação, segundo Joerss *et al.* (2016), seria o uso desses dispositivos para entrega diária em áreas com densidade baixa ou média. De acordo com Francisco e Bonette (2021), o uso de drones está ligado também à resolução de problemas e à redução de custos e desempenho em tempo real, impactando diretamente nos indicadores logísticos relacionados à produtividade.

Roecker (2023) afirma que o uso de drones na última milha continua a evoluir, e as empresas estão explorando formas inovadoras de implementar essa tecnologia. As primeiras entregas com drones tiveram início em 2013. A figura 7 exemplifica o uso do drone pela empresa *Amazon* na entrega de carga na última milha. Seguindo isso, segundo Kirschstein (2020), algumas empresas, como a *Amazon*, estão atentas a essas exigências do consumidor e adotam as entregas por drones com o intuito de reduzir o custo total e aumentar a satisfação do cliente quanto a rapidez das entregas. O *Walmart* é outra companhia que aderiu ao uso de drones da *DroneUp* para realizar entregas de última milha, realizando entregas em um raio de distância máxima de 2,4 quilômetros (Freight Waves, 2022).



Figura 7: Drone da Amazon realizando entrega de mercadoria
Fonte: Di Lorenzo (2023)

3.7 Outros tipos de tecnologias inovadoras de entrega na última milha

A busca por soluções tecnológicas inovadoras na última milha é contínua, e as empresas estão explorando cada vez mais maneiras criativas para melhor atender o consumidor. À medida que essas

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

tecnologias evoluem e se tornam mais aceitas, a entrega na última milha tende a ficar mais eficiente, rápida e adaptada às expectativas de quem consome.

Oliveira *et al.*, (2018a) consideraram como uma alternativa de tecnologia de entrega inovadora o uso de um veículo do tipo comercial leve, não tripulado, ou seja, veículo autônomo, movido à energia elétrica para a entrega de mercadorias na última milha. Seguindo nessa mesma linha, a *Amazon* começou, ainda em 2019, a utilizar seu robô, chamado de *Scout*, um Dispositivos de Entrega Pessoal - PDDs, para realizar algumas entregas nos Estados Unidos. Levados por um caminhão, o robô desce do veículo e segue em direção ao endereço do comprador. No final, o usuário retira o produto de dentro de sua estrutura e ele retorna para realizar a próxima entrega. Empresas como *Starship* e *Fedex* fazem entregas com dispositivos parecidos com esse robô (Oliveira *et al.*, 2021). A figura 8 exemplifica o uso do robô pela *Fedex* para realizar entregas na última etapa da cadeia logística.



Figura 8: Robô entregador da Fedex
Fonte: Oliveira (2021)

Outra modalidade de entrega inovadora é o *crowdsourcing*, ou também conhecido como *crowd logistics*, que consiste no sistema de entrega de mercadorias realizado por cidadãos comuns, utilizando espaço de seus próprios meios de transporte para fazer as entregas, podendo ser uma possível alternativa sustentável e econômica para as entregas na última milha de mercadorias em centros urbanos (Buldeo Rai *et al.*, 2019) e (Gatta *et al.*, 2021). Segundo Giret *et al.* (2018), esse tipo de entrega já apresenta diversas vantagens de sustentabilidade, sendo elas a redução de congestionamentos (aspecto social), de ruídos e de emissões de poluentes (aspectos ambientais). Empresas, como a *Amazon Flex* e a *UberEATS*, já começaram a experimentar esse modelo logístico (Krause, 2022).

Segundo Schwerdfeger e Boysen (2020) há também a opção de entrega pelos armários de pacotes, tanto fixos, quanto móveis. Geralmente os armários de pacotes fixos estão localizados permanentemente em áreas bem movimentadas das cidades. Neles ficam armazenadas as mercadorias para serem recolhidas pelos clientes, além de existir também a opção de enviar as



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

encomendas para um determinado local. Essa tecnologia de entrega se assemelha a modalidade de *crowdsourcing*.

Outra prática de logística inovadora, citada por Krause (2022), é a coleta e entrega de mercadorias à noite, também chamada de logística noturna, consistindo na movimentação das mercadorias até o destinatário realizada fora do horário de pico e, mais especificamente, à noite. Segundo Senne e Lima (2021b), a busca pelas entregas fora dos horários em que a capacidade das vias seja restrita, onde a sustentabilidade da logística de última milha é aumentada a depender do tipo de tecnologia empregado para a entrega no destino final, geralmente realizados por veículos convencionais e elétricos, além de transportes ativos, como bicicletas e triciclos. Conforme Bosona (2020), a mudança de horário na entrega tem potencial de reduzir em cerca de 20% o consumo de combustível e as emissões de CO₂.

4. DISCUSSÃO

A avaliação das diferentes tecnologias de veículos de transporte urbano de cargas na última milha e os aspectos da sustentabilidade devem ser realizados conjuntamente, considerando todos os cenários nos âmbitos ambiental, econômico e social, respectivamente. Para isso, o correto entendimento do perfil da matriz energética de transportes é um passo necessário e fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas para o emprego de novas tecnologias nesse setor, principalmente por se tratar de um setor de alta demanda energética, trazendo um grande impacto ambiental e causador de diversas externalidades positivas e negativas ao meio, como também sendo a etapa mais cara e menos eficiente do ciclo logístico (Manerba *et al.*, 2018).

Krause (2022) mostra que em um relatório produzido pelo Fórum Econômico Mundial, em 2020, é previsto o crescimento de 36% no número de veículos de entrega até 2030, e, conseqüentemente, o aumento de 32% na emissão de carbono despejado no meio ambiente (DHL, 2020). Villa e Monzón (2021) relatam que, diante disso, visto o aumento do número de veículos de transporte nas cidades, reflete-se diretamente no maior número de congestionamentos e de acidentes de trânsito (aspectos sociais), no aumento da poluição do ar e do ruído (aspectos ambientais), e, conseqüentemente, em maiores custos logísticos na última milha (aspectos econômicos).

Assim, a preocupação com o crescimento do setor de transporte na última milha está alinhada com os seus impactos nas diferentes esferas na sociedade, ressaltando a necessidade de identificar alternativas sustentáveis e políticas eficientes para lidar com esses desafios. A análise das diferentes tecnologias utilizadas como meio de transporte na última etapa da logística pode facilmente demonstrar essa necessidade.

É importante notar que, à medida que as preocupações ambientais aumentam e as regulamentações sobre emissões se tornam mais rigorosas, as empresas de entrega e logística estão explorando alternativas mais sustentáveis, incluindo veículos elétricos, bicicletas e outros modos de transportes mais ecológicos para a última milha. O equilíbrio entre eficiência operacional e sustentabilidade é um desafio em constante evolução nesse setor. Dito isso, Oliveira *et al.* (2018, a)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

apontam uma tendência na literatura pela redução do tamanho dos veículos utilizados para entregas urbanas de última milha, onde apresenta diversos benefícios nas diferentes esferas, seja na ambiental (como a redução da emissão de CO₂, de poluentes atmosféricos e da poluição sonora), na econômica (na redução do tempo de entrega), e no âmbito social (redução dos congestionamentos, geração de empregos e na melhoria na qualidade de vida das pessoas).

Segundo Schliwa *et al.* (2015), para as tecnologias de veículos de transporte ativo, principalmente as bicicletas, existe uma barreira cultural relacionada à aceitabilidade dos clientes em firmar contratos com empresas que se utilizam desse meio em seus serviços de entrega. Porém, Muller *et al.*, (2015) mostram que os benefícios ligados a esse tipo de transporte são inúmeros, dentre eles proporcionar um aumento na atividade física e na interação social, conseqüentemente, reduzindo os riscos de doenças como diabetes, hipertensão e obesidade. Em suma, o transporte ativo não é apenas um meio de reduzir a poluição do ar e as mudanças climáticas em médio e longo prazos, como também uma forma de melhorar a saúde de milhões de pessoas em curto prazo (Fajersztajn *et al.*, 2016).

É importante observar que, embora os veículos movidos a combustíveis fósseis sejam predominantes, há um crescente interesse na adoção de tecnologias mais limpas e sustentáveis, como veículos elétricos e híbridos, como parte dos esforços para reduzir as emissões de GEE e a dependência de combustíveis não renováveis. A adoção de veículos elétricos torna-se uma das principais opções para suprir essas necessidades. Além disso, Oliveira *et al.* (2018, a) constataram também em seu estudo, uma melhoria quanto ao nível de serviço após o uso de veículos elétricos na entrega na última milha, tendo em vista a redução de tempo de entrega alcançado e o aumento do número de clientes atendidos. Entretanto, para Goes *et al.* (2018) existem barreiras quanto à eletrificação da frota na última milha. Fatores como a necessidade de recarga dos veículos, estacionamentos apropriados, custo de aquisição dos veículos e infraestrutura adequada para recarga se tornam empecilhos para seu emprego. Segundo Díaz-Ramírez *et al.* (2023), outras limitações surgem para seu uso, ligados principalmente ao tamanho da zona de entrega das mercadorias, a extensão da rota, a densidade de demanda, além da topografia das cidades e as políticas de restrição de cada local. Por fim, Oliveira *et al.* (2022) confirmam a ideia de que o preço alto de aquisição dos VEs configura-se como sendo a maior barreira para a sua popularização e que por meio de políticas públicas e parcerias com a iniciativa privada estimula-se o uso de fontes renováveis de energia para carga e recargas das baterias de forma a ampliar as rotas em termos de distância atendida nas entregas.

Quanto aos veículos híbridos, Vonbun (2015) afirma que esse tipo de tecnologia ainda tem de superar barreiras tecnológicas e culturais, porém, podem apresentar um grande potencial de elevar a eficiência energética do setor de transporte, como também contribuir para aumentar a eficiência e reduzir os custos relacionados à produção de energia elétrica. Para Vaz *et al.* (2015), alguns países adotam políticas públicas de incentivo a utilização de veículos elétricos e híbridos por parte das empresas. Os incentivos são diversos e podem ser de natureza financeira, fiscal ou até mesmo não monetária. Segundo os autores, nos Estados Unidos, por exemplo, é concedido um crédito ao preço de venda do veículo, de acordo com o tamanho da bateria. Na Noruega, há isenção de imposto de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

venda (IVA) e taxas de licenciamento. No Reino Unido há um programa de apoio à instalação de infraestrutura de recarga para esses tipos de veículos. Além desses incentivos, há também os benefícios não monetários, como liberação de tráfego por faixas exclusivas, estacionamento diferenciado e isenção de pedágio. Há poucos incentivos no Brasil para os veículos elétricos e híbridos, em comparação a outros países, alguns incentivos tributários, mas que exercem pouca influência sobre o preço do veículo. Barreiras essas que devem ser quebradas para facilitar a compra e a adoção dessa tecnologia por parte das empresas logísticas na última milha.

Conforme destacado por Vaz *et al.* (2015), a implementação de veículos que utilizam biocombustíveis na última etapa de entrega apresenta tanto oportunidades quanto desafios específicos. Para integrar de maneira eficaz veículos movidos a biocombustíveis, como carros, VUCs, vans e motocicletas, na última etapa de distribuição, é essencial adotar uma abordagem abrangente, levando em consideração aspectos econômicos, ambientais e sociais. Vale ressaltar que, no caso de automóveis movidos a etanol, há também emissões de GEE, mesmo que menor se comparado aos veículos movidos a combustíveis fósseis. Segundo os autores, a adoção de etanol em substituição à gasolina contribui diretamente para a redução da dependência externa de derivados de petróleo, embora seja crucial analisar as emissões com precaução.

O uso de drones na última milha continua a evoluir, e as empresas estão explorando formas inovadoras de implementar essa tecnologia. Superar os desafios associados ao uso de drones requer colaboração entre as autoridades reguladoras, as empresas, as comunidades locais e o público em geral. À medida que essas barreiras são quebradas, a entrega por drones têm o potencial de se tornar uma parte integral e comum da cadeia logística, principalmente nessa etapa. Por sua vez, Ranieri *et al.* (2016) e Heutger e Kuckelhaus (2017) mostram que a falta de legislação apropriada, o alto custo dos equipamentos, além da falta de incentivo por parte de políticas públicas mostram-se como os principais desafios a serem enfrentados para o emprego dessa tecnologia na última milha.

As principais barreiras para seu uso no transporte e logística urbana sustentável estão relacionadas à complexidade dos sistemas de transportes e à conscientização e aceitação da população para mudança de comportamento nessa etapa da cadeia logística (Senne; Lima, 2021a).

Em resumo, a busca pela sustentabilidade no transporte urbano de carga na última milha é essencial para mitigar os impactos ambientais, melhorar a eficiência logística e os impactos sociais. Políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis, investimentos em infraestrutura e regulamentações eficazes são cruciais para acelerar a transição para um transporte na última milha mais sustentável. Por fim, a conscientização dos consumidores sobre a importância da sustentabilidade na última milha é essencial. Requer uma abordagem abrangente, envolvendo inovações tecnológicas, mudanças de comportamento dos consumidores e a cooperação entre diferentes partes interessadas, entre as empresas e o consumidor final, a fim de alcançar resultados significativos e duradouros.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

5. CONSIDERAÇÕES

Este artigo teve como objetivo identificar, por meio de revisão bibliográfica exploratória, as principais tecnologias disponíveis nos diferentes veículos de transporte urbano de carga na última milha. Os resultados incluem uma síntese e avaliação acerca dos veículos identificados na literatura, especialmente aqueles empregados na última etapa da cadeia logística, avaliando os impactos, positivos e negativos, que esses veículos exercem nas três dimensões da sustentabilidade: aspectos econômicos, ambientais e sociais.

No decorrer do estudo, nota-se que à medida que as preocupações ambientais aumentam e as regulamentações sobre emissões se tornam mais rigorosas, a busca por alternativas mais sustentáveis se torna cada vez mais comum. A necessidade de substituição da matriz energética dos veículos de transportes utilizados na última milha por fontes mais limpas, e a busca por tecnologias existentes ou inovadoras que possam substituir a atual frota de veículos movidos a combustíveis fósseis presente nessa etapa, surge como prioridade. Verificou-se que houve a compreensão dos contextos em que cada uma delas pode ser aplicada, e a explicação das diferenças dessas tecnologias, bem como restrições e motivações associadas à sua adoção.

É fundamental salientar que não existe um modelo ou solução universal para o problema da sustentabilidade do transporte urbano de cargas na última milha. A implementação e eficácia alcançadas em uma região não podem ser diretamente comparadas a outras, dado que estas apresentam características econômicas, demográficas, físicas, políticas e culturais distintas. As necessidades locais devem ser abordadas de maneira individual, considerando diversas opções tecnológicas, custos e métodos possíveis. O sistema deve ser adaptado para atender à realidade local, por meio de regulamentações e medidas adequadas, contribuindo assim para a sustentabilidade do desenvolvimento do transporte de cargas em ambientes urbanos.

A escassez de estudos com foco na última milha destaca a necessidade frequente de realizar pesquisas nessa área, visando gerar mais conhecimento e a aplicação de estudos em casos reais. A análise aprofundada, de forma quantitativa, do potencial ganho ambiental, econômico e social nos diferentes tipos de tecnologias citados nesse trabalho, por exemplo, pode ser considerado como uma das limitações deste estudo, mas também uma oportunidade de pesquisas futuras a serem desenvolvidas com foco nesses tópicos, tornando-se essencial para o desenvolvimento do setor e o completo entendimento sobre as tecnologias de entrega empregadas na última milha.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e a Universidade Federal de Goiás - UFG pelo suporte técnico e operacional concedido. O primeiro autor agradece o suporte financeiro recebido para a realização desta pesquisa.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA TRANSPORTA BRASIL. **Dados disponibilizados no site**. [S. l.]: Agência de Transporte Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.transportabrasil.com.br/2011/05/dhl-implementa-no-brasil-frota-de-veiculos-movidos-a-biocombustiveis/>. Acesso em: 01 dez. 2023.

ALICE / ERTRAC URBAN MOBILITY WG. **Urban Freight Research Roadmap. Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe**. [S. l.]: Urban Freight research roadmap, 2015

ANP. **Site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural, Derivados e Biocombustíveis**. Brasília: ANP, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/?id=470>. Acesso em: 06 jan. 2024.

ARAGÃO, L. S. **Análise de biocombustíveis: tecnologias, metas e impactos ambientais e econômicos**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/002a88c6-aa85-4347-ab81-79ae6fba10d9/LUCAS%20SIQUEIRA%20ARAG%C3%83O%20PRO2022.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2024.

BINETTI, M.; CAGGIANE, L.; CAMPOREALI, R.; OTTOMANELLI, M. A sustainable crowdsourced delivery system to foster freefloating bike-sharing. **Sustainability** (Switzerland), v. 11, n. 10, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/10/2772>. Acesso em: 01 dez. 2023.

BOSONA, T. Urban Freight Last Mile Logistics - Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. **Sustainability**, v. 12, n. 21, 2020.

BULDEO RAI, H.; VERLINDE, S.; MACHARIS, C. 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, 2019.

DELAGE. **E-commerce: aumento de reclamações mostra que é hora de priorizar a logística**. [S. l.]: Delage, 2021. Disponível em: <https://delage.com.br/blog/reclamacoes-e-commerce-logistica/>. Acesso em: 31 dez. 2023.

DHL. **The logistic trend radar**. 5th Edition, [S. l.]: DHL, 2020. p. 1-84. Disponível em: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-logistics-trend-radar-5thedition.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2024.

DI LORENZO, A. Amazon vai expandir entregas com drones para novos países. **Olhar Digital**, 2023. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2023/10/19/pro/amazon-vai-expandir-entregas-com-drones-para-novos-paises/>. Acesso em: 15 jan. 2024.

DÍAZ-RAMÍREZ, J.; ZAZUETA-NASSIF, S.; GALARZA-TAMEZ, R.; PRATO-SÁNCHEZ, D.; HUERTAS, J. I. Characterization of urban distribution networks with light electric freight vehicles. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v.119, 2023.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Relatório Síntese 2022**. [S. l.]: EPE, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao748/topico681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf. Acesso em: 31 dez. 2023.

FAJERSZTAJN, L.; VERAS, M.; SALDIVA, P. H. N. Como as cidades podem favorecer ou dificultar a promoção da saúde de seus moradores? **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 7–27, 2016.

FDC - Fundação Dom Cabral. **Custos Logísticos no Brasil**. [S. l.]: FDC, 2018. Disponível em <https://nucleos.fdc.org.br/wp-content/uploads/2019/04/Sum%C3%A1rio-Executivo-2018-Final-Funda%C3%A7%C3%A3o-Dom-Cabral.pdf>. Acesso em: 31 dez. 2023.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

FERNANDES, A. F.; D'AGOSTO, M. A.; MARUJO, L. G. The use of tricycles in the physical distribution of beverages in Rio de Janeiro city. A qualitative approach of the operation. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 7, p. 136–151, 2015.

FONSECA, F. L. Liderança: Correios é eleito melhor serviço de encomendas de São Paulo. **Blog Correios**, 2023. Disponível em: <https://blog.correios.com.br/2023/05/03/lideranca-correios-e-eleito-melhor-servico-de-encomendas-de-sao-paulo/>. Acesso em: 07 jan. 2024.

FRANCISCO, L. M. L., BONETTE, L. R. O uso de tecnologias para City Logistics entre 2016 a 2020 / The use of technologies for City Logistics between 2016 to 2020. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p.69221–69237, 2021.

FREIGHT WAVES. **Walmart and Drone Up expanding drone delivery to 6 states, 4 million people**. [S. l.]: Freight Waves, 2022. Disponível em: <https://www.freightwaves.com/news/walmart-droneup-expanding-drone-delivery-to-six-us-states>. Acesso em 07 jan. 2024.

GATTA, V.; MARCUCCI, E.; MALTESI, I.; LANNACONNE, I.; FAN, J. E-Groceries: A Channel Choice Analysis in Shanghai. **Sustainability**, v. 13, n. 7, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/7/3625>. Acesso em: 07 dez. 2023.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIRET, A.; CARRASCOSA, C.; JULIAN, V.; REBOLLO, M.; BOTTI, V. A crowdsourcing approach for sustainable last mile delivery. **Sustainability** (Switzerland), v. 10, n. 12, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4563>. Acesso em: 07 jan. 2024.

GOES, G. V.; SCHMITZ, D. N.; BANDEIRA, R. A. M.; OLIVEIRA, C. M.; D'AGOSTO, M. A. Sustentabilidade na última milha do transporte urbano de carga: o papel da eficiência energética do veículo. **Sustentabilidade em Debate**, v. 9, n. 2, p. 134-144, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/16727/15010>. Acesso em: 07 jan. 2024.

GONZALEZ-CALDERON, C. A.; POSADA-HENAO, J. J.; GRANADA-MUÑOZ, C. A.; MORENO-PALACIO, D. P.; ARCILA-MENA, G. Cargo Bicycles As An Alternative To Make Sustainable Last-Mile Deliveries In Medellin, Colombia. **Case Studies on Transport Policy**, v. 10, Issue 2, p. 1172-1187, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X22000815>. Acesso em: 07 jan. 2024.

HEUTGER, M.; KUCKELHAUS, M. **Unmanned aerial vehicles in logistics: a DHL perspective on implications and use for the logistics industry** Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation. [S. l.]: Workhorse, 2017. Disponível em: <https://workhorse.com/newsroom/2017/02/ups-tests-residential-delivery-drone>. Acesso em: 07 jan. 2024.

IEA. **Bioenergy**. Paris: IEA, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/fuels-andtechnologies/bioenergy>. Acesso em: 06 jan. 2024.

JOERSS, M.; NEUHAUS, F.; SCHRÖDER, J. **How customer demands are reshaping last-mile delivery**. [S. l.]: McKinsey & Company, 2016. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/travel%20logistics%20and%20infrastructure/our%20insights/how%20customer%20demands%20are%20reshaping%20last%20mile%20delivery/how-customer-demands-are-reshaping-last-mile-delivery.pdf>. Acesso em: 31 dez. 2023.

KIRSCHSTEIN, T. Comparison of energy demands of drone-based and ground-based parcel delivery services. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 78, 2020.

KRAUSE, L. M. **Barreiras à implementação de práticas de sustentabilidade ambiental na logística de última milha no E-commerce**. 2022. 74f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2022. Disponível em: **RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia**



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/232608/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Acesso em: 05 dez. 2023.

MACHADO, V. S.; LIMA, K. P.; BUENO, F. J. C. Mobilidade Urbana e Transporte Ativo - Estudo em dois grandes bairros urbanos. In: **X FACTELOG. Logística 4.0 & a Sociedade do Conhecimento**. FATEC Guarulhos – Guarulhos/SP – Brasil, 2019. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2019/MOBILIDADE%20URBANA%20E%20TRANSPORTE%20ATIVO%20ESTUDO%20EM%20DOIS%20GRANDES%20BAIRROS%20URBANOS.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2023.

MANERBA, D.; MANSINI, R.; ZANOTTI, R. Attended Home Delivery: reducing last-mile environmental impact by changing customer habits. **IFAC-Papers On-line**, v. 51, Issue 5, p. 55-60, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318304968>. Acesso em: 05 jan. 2024.

MEDEIROS, M. A. **Webshoppers 43: Ecommerce** Registra Alta de 41% em 2020. [S. l.]: Ecommerce de Sucesso, 202. Disponível em <https://ecommercedesucesso.com.br/webshoppers-43/>. Acesso em: 31 dez. 2023.

MERRIAM-WEBSTER. **Dictionary**. [S. l.]: Merriam-Webster, 2023. Disponível em: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/drone>. Acesso em: 7 jan. 2024.

MIGUEL, P. L. S. A sustentabilidade na entrega de última milha: Desafios ambientais e sociais na logística urbana. *Revista Mundo Logística*, Edição 88, p. 54-57, 2022. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/c591c41f-dc05-4978-bf66-50d827cea5e9/content>. Acesso em: 05 jan. 2024.

NU - NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. [S. l.]: UM, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 31 dez. 2023.

OLIVEIRA, C. M.; BANDEIRA, R. A. M.; GOES, V. G.; SCHMITZ, D.; D'AGOSTO, M. A. 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, 2018a. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/5990/379. Acesso em: 31 dez. 2023.

OLIVEIRA, C. M.; D'AGOSTO, M. A.; SCHMITZ, D.; BANDEIRA, R. A. M.; GOES, V. G.; MARUJO, L. Evaluation of best practices introduction for the managerial improvement in urban freight transport: A Multi-Country Perspective. **Supply Chain Management and Logistics in Latin America**. p. 77-91, 2018b.

OLIVEIRA, D.; BUCKER, J.; CARNEIRO, L. A. P.; CREMONEZ, R. L.; CHAVES, T. O. **Estudo de caso**: estudo sobre a utilização de veículos elétricos nas operações de last mile para entregas, coletas e substituição de máquinas de cartão de crédito e débito, junto aos comerciantes nas cidades de Brasília e Recife. 2022. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão do Negócio) - Fundação Dom Cabral; Instituto de Transporte e Logística, Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/573/1/Estudo%20de%20caso%20-%20estudo%20sobre%20a%20utiliza%20a%7%20a%3o%20de%20ve%20iculos%20el%20cos%20nas%20opera%20a%7%20b5es%20de%20last%20mile.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2024.

OLIVEIRA, F. Robôs usados para entrega de produtos ganham direitos de pedestres nos EUA. **UOL**, 2021. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2021/03/07/robos-usados-para-entrega-de-produtos-ganham-direitos-de-pedestres-nos-eua.htm>. Acesso em: 07 jan. 2024.

OLIVEIRA, F. S. R.; ANDRADE, C. E. S.; CAMPOS, C. I. Avaliação do ganho ambiental com o uso de bicicleta de carga na última milha - Uma revisão sistemática da literatura. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 4, 2023. Disponível em: **RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia**



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

<https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2978>. Acesso em: 01 dez. 2023.

PEREIRA, A. S.; SHITSUKA, D. M.; PARREIRA, F. J.; SHITSUKA, R. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFMS, 2018. *E-book*. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 01 dez. 2023.

PORTAL LUBES. Caminhões híbridos versáteis para aplicações urbanas. Portal Lubes, 2018. Disponível em: <https://portallubes.com.br/2018/09/caminhoes-hibridos-versateis/>. Acesso em: 01 dez. 2023.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RANIERI, L.; DIGIESI, S.; SILVESTRI, B.; ROCCOTELLI, M. *A review of last mile logistics innovations in an externalities cost reduction vision*. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 782, 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/3/782>. Acesso em: 01 dez. 2023.

REZGUI, D.; SIALA, J. C.; AGGOUNE-MTALAA, W.; BOUZIRI, H. Application of a variable neighborhood search algorithm to a fleet size and mix vehicle routing problem with electric modular vehicles. **Computers & Industrial Engineering**, v. 130, p. 537-550, 2019.

ROECKER, F. G. **Análise da emissão de poluentes em sistemas de entregas de última milha com utilização de drones e furgões**. 2023. TCC (Curso de Engenharia de Transportes e Logística) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/253166/FINAL_FGR_TCC.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 01 dez. 2023.

SCHLIWA, G.; ARMITAGE, R.; AZIZ, S.; EVANS, J.; RHOADES, J. Sustainable city logistics — Making cargo cycles viable for urban freight transport. **Research in Transportation Business & Management**, v. 15, p. 50-57, 2015.

SCHWERDFEGER, S.; BOYSEN, N. Optimizing the changing locations of mobile parcel lockers in last-mile distribution. **European Journal of Operational Research**, v. 285, n. 3, p. 1077-1094, 2020.

SENNE, C. M.; LIMA, J. P. **Índice de sustentabilidade e integração do transporte e logística urbana (ISITransLog)**. [S. l.: s. n.], 2021b. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br>. Acesso em: 05 jan. 2024.

SENNE, C. M.; LIMA, J. P. **Iniciativas para a sustentabilidade do transporte e logística urbana: Uma revisão da literatura**. [S. l.: s. n.], 2021a. Disponível em: <https://pluris2020.faac.unesp.br/Paper792.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2024.

SHIBAO, F. Y.; DOS SANTOS, M. R. Veículos sustentáveis na última milha: transporte de carga urbana. **Brazilian Journal of Business**, v. 3, n. 1, p.606-623, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJB/article/view/24533>. Acesso em: 05 jan. 2024.

UN - UNITED NATIONS. **Nationally determined contributions registry**. New York: UN, 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/NDCREG>. Acesso em: 31 dez. 2023.

VAZ, L. F. H.; BARROS, D. C.; CASTRO, B. H. R. Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 295-344, 2015. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4284/1/BS%2041_Ve%c3%adculos%20h%c3%adbri%20e%20el%c3%a9tricos_P.pdf. Acesso em: 05 jan. 2024.

VERMA, A. Electric vehicle routing problem with time windows, recharging stations and battery swapping stations. **Research Societies (EURO)**, v. 7, 2018. Disponível em:
RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES VEÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO DE CARGA NA ÚLTIMA MILHA,
SOB AS ÓTICAS DA TECNOLOGIA E DA SUSTENTABILIDADE
Pedro Magalhães de Souza, Carlos Eduardo Sanches de Andrade, Cintia Isabel de Campos

https://ideas.repec.org/a/spr/euritl/v7y2018i4d10.1007_s13676-018-0136-9.html. Acesso em: 31 dez. 2023.

VILLA, R., MONZÓN, A. Mobility Restrictions and E-Commerce: Holistic Balance in Madrid Centre during COVID-19 Lockdown. **Economies**, v. 9, n. 2, p. 57, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7099/9/2/57>. Acesso em: 31 dez. 2023.

VONBUN, C. Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos plug-in: Uma revisão da literatura, Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2015. Texto para Discussão, n. 2123). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5328/1/td_2123.pdf. Acesso em: 31 dez. 2023.

ZÉ LOBO. **Em busca de Culturas de Bicicletas de Carga**: Rio e Além. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <http://transporteativo.org.br/ta/?p=12004>. Acesso em: 16 jan. 2024.