

Sustentabilidade na última milha do transporte urbano de carga: o papel da eficiência energética do veículo

Sustainability in the last mile of urban freight transport: the role of vehicle energy efficiency

George Vasconcelos Goes^a

Daniel Neves Schmitz^b

Renata Albergaria de Mello Bandeira^c

Cíntia Machado de Oliveira^d

Márcio de Almeida D'Agosto^e

^aUniversidade Federal do Rio de Janeiro/Coppe, Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
End. Eletrônico: ggoes@pet.coppe.ufrj.br

^bUniversidade Federal do Rio de Janeiro/Coppe, Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
End. Eletrônico: danielnsg@pet.coppe.ufrj.br

^cInstituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
End. Eletrônico: re.albergaria@gmail.com

^dCentro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
End. Eletrônico: cintia.machado.oliveira.1@gmail.com

^eUniversidade Federal do Rio de Janeiro/Coppe, Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
End. Eletrônico: dagosto@pet.coppe.ufrj.br

doi:10.18472/SustDeb.v9n2.2018.27418

Recebido em 10.10.2017

Aceito em 23.05.2018

ARTIGO - VARIA

RESUMO

O advento de novas tecnologias nas entregas de última milha está prestes a causar uma ruptura no modelo tradicional de negócios do transporte urbano de carga. Busca-se obter retornos econômicos, não somente por via da otimização de operações tradicionais, mas também com base no tripé da sustentabilidade. Este trabalho tem como objetivo identificar, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, as alternativas propostas pela literatura no âmbito do veículo de carga como meio para melhorar a eficiência energética, transformando a operação de entregas em uma alternativa sustentável. Os resultados indicam uma tendência para a implementação de veículos menores e mais leves para entregas de última milha em áreas urbanas: 95% dos estudos sugerem, entre alternativas, o uso de bicicletas/triciclos e comerciais leves. Outra tendência observada nesse tipo de distribuição, indicada em 77,3% dos estudos, é a mudança de combustíveis convencionais (combustíveis fósseis) para fontes alternativas de energia (eletricidade).

Palavras-chave: Revisão Bibliográfica Sistemática; Transporte Urbano de Carga; Última Milha; Eficiência energética.

ABSTRACT

The advent of new technologies in last mile deliveries is about to cause a disruption in the traditional business model applied in urban cargo transportation. Along these lines, transport operators try to obtain economic returns, not only by optimizing traditional strategies, but also by seeking to establish strategies based on the bottom-line of sustainability. This paper aims to identify studies that proposes alternative vehicles that could be used in the last mile of urban freight transport to reduce the energy efficiency while improve its efficiency. To state the literature gap, we conduct a systematic literature review on energy efficiency in urban freight transportation, converting the last mile deliveries into a sustainable operation. Results indicate a trend towards the implementation of smaller and lighter vehicles for last mile deliveries in urban areas: 95% of studies suggest, among other alternatives, the use of bicycles and tricycles; while 53% of articles support the use of light commercial vehicles. Another trend observed in this type of distribution, indicated in 77.3% of the studies, is the shift from conventional fuels (fossil fuels) to alternative sources of energy (electricity).

Keywords: Systematic Literature Review; Urban Freight Transport; Last mile; Energy Efficiency

1 INTRODUÇÃO

O crescente nível de urbanização observado mundialmente leva a níveis mais altos de atividade de transporte relacionados à distribuição de carga e prestação de serviços. Esse fenômeno gera impactos sociais, ambientais e econômicos, principalmente relacionados ao congestionamento de tráfego e emissões de ruído, poluentes e gases de efeito estufa (GEE) (MCKINNON et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2015). Conseqüentemente, os agentes que atuam em um sistema de transporte devem ser tratados como elementos de mitigação de tais impactos. Diante disso, as empresas têm avançado em suas transformações e permitido o advento de formas inovadoras de operação do Transporte Urbano de Carga (TUC), sobretudo no que diz respeito ao desenvolvimento de novas tecnologias (BJORKLUND; GUSTAFSSON, 2015).

As conseqüências do aumento da intensidade de uso de veículos de carga na última milha têm sido intensamente estudadas, visto ser nesse estágio que a maior parcela do custo logístico é evidenciada (ROUMBOUTSOS et al., 2014). De acordo com Joerss et al. (2017), o custo da entrega na última milha chegou a 70 bilhões de euros por ano no mundo e em 2015 aumentou a uma taxa de crescimento de 10%. Portanto, operadores e partes interessadas são encorajados a minimizar seus custos de transporte, enquanto tentam reduzir o impacto social, ambiental e econômico de suas operações. Esses agentes buscam soluções por meio de uma maior cooperação e integração de suas atividades, utilizando novas tecnologias e demais recursos de forma eficiente (STEADIESEIFI et al., 2014).

Joerss et al. (2017) também reforçam que o modelo de negócio convencionalmente aplicado à última milha deverá ser substituído em virtude das novas tecnologias que chegam ao mercado. Para esses autores, o modelo tradicional que utiliza veículos leves a diesel será responsável por apenas 20% das entregas na última milha em áreas urbanas, sendo progressivamente substituído por veículos autônomos e serviços de entregas por bicicletas, energeticamente mais eficientes (BARAN et al., 2011). Evidencia-se um potencial para novas tecnologias transformarem as entregas em última milha, o que pode levar a uma nova infraestrutura de transporte e modelos de entregas (LEE et al., 2016).

Torna-se essencial desenvolver iniciativas estratégicas que permitam um melhor entendimento sobre a implementação dessas novas tecnologias em entregas de última milha. Pesquisas apontam que o caminho é a adoção de veículos menores e movidos à eletricidade (OLIVEIRA et al., 2018), no entanto, ainda há ausência de estudos que identifiquem o papel do veículo como elemento indutor da eficiência energética para operações de última milha e, com isso, tendo um efeito na sustentabilidade do transporte urbano de carga.

Posto isso, este trabalho tem como objetivo identificar, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, os veículos alternativos que melhoram a eficiência energética de uma operação de distribuição de última milha, transformando a forma de tratar distribuição urbana de mercadorias por via do conceito de sustentabilidade.

Para abordar essa problemática de pesquisa, conduziu-se uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) para identificar artigos anteriores que propõem a utilização de veículos energeticamente eficientes (ou cuja operação reduza o consumo energético) no TUC, e se eles quantificaram a redução do consumo energético.

Ademais, trata-se de uma ampliação do estudo de Oliveira et al. (2018), em que se buscou identificar os veículos que constam na literatura especializada como alternativas para o modo convencional de entregas. Neste trabalho, busca-se ir além, tratando a eficiência energética como principal categoria analisada, à luz do estado da arte em sustentabilidade do TUC.

2 PROTOCOLO DE PESQUISA

Como método, adotaram-se os mesmos procedimentos utilizados no estudo de Oliveira et al. (2018). Optou-se por uma RBS, uma vez que se busca o aprimoramento do estado da arte de uma determinada área do conhecimento (ROWLEY; SLACK, 2004), desenvolvendo uma conceituação holística e síntese de um tópico emergente (SEURING; GOLD, 2012).

O aumento da confiabilidade dos resultados e a possibilidade de redução de erros passam pela utilização de procedimentos sistemáticos (COOK et al., 1997; BERETON et al., 2007), que seguem a elaboração de protocolos bem definidos para localizar estudos existentes, selecionar e avaliar as contribuições, analisar e sintetizar dados e relatar a evidência, permitindo conclusões claras e objetivas sobre “o que é” e “o que não é conhecido” em determinada área de pesquisa (DENYER; TRANFIELD, 2009; COOK et al., 1997). Portanto, as etapas metodológicas são ilustradas na Figura 1.

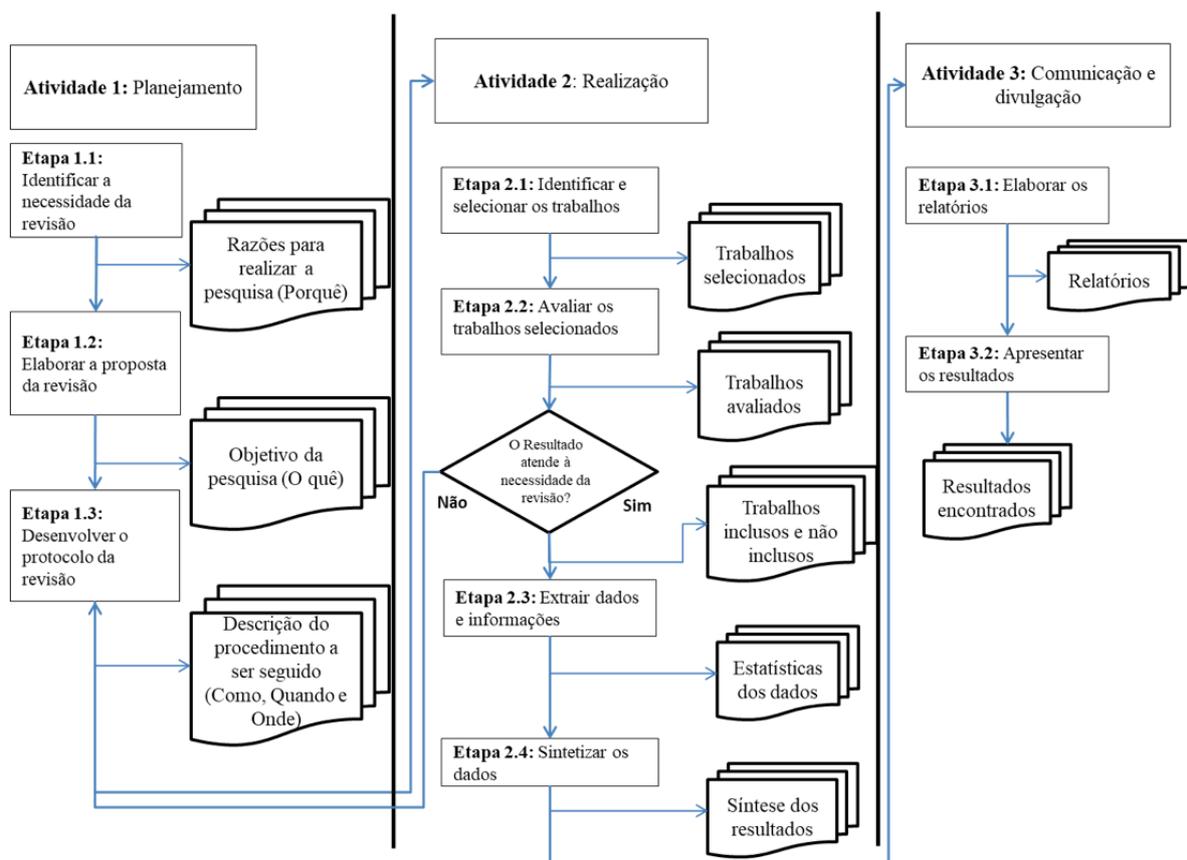


Figura 1 – Procedimento de revisão bibliográfica sistemática adotada neste artigo.

Fonte: Oliveira et al. (2015, 2018).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Nesta seção, apresentamos as etapas da RBS desenvolvida e os principais resultados obtidos.

Para o desenvolvimento do protocolo de revisão, a atividade de identificação utilizou o banco de dados *Science Direct*. Optou-se pela combinação de palavras-chave (“*last mile*” and “*delivery*” and “*vehicle*” and “*energy efficiency*”) para identificar pesquisas que proponham diferentes tecnologias a serem adotadas em entregas urbanas de última milha. Essa escolha foi baseada em um levantamento preliminar das palavras-chave de seis artigos relacionados ao escopo do presente estudo.

A busca das palavras-chave foi direcionada ao título, resumo e palavras-chave dos artigos. Como a prática da logística urbana envolve o uso de tecnologias que evoluem continuamente, os últimos dez anos foram considerados como o período de publicação (2008 a 2018). Entende-se que o tema é importante para a economia de todos os países e, conseqüentemente, não foi aplicada uma delimitação específica na abrangência geográfica.

Inicialmente, foram identificados 87 artigos cujos resumos foram lidos por pelo menos três autores, conforme recomendado por Thomé et al. (2016). Os critérios de inclusão e exclusão dos artigos foram baseados na análise do conteúdo. Os artigos cujo conteúdo estava relacionado à distribuição da última milha e ao TUC, mas não se concentravam especificamente no tipo de veículo e em eficiência energética, não foram considerados. As informações obtidas foram registradas em um banco de dados, a fim de facilitar a classificação, investigação e avaliação dos estudos. O processo de seleção foi iterativo, buscando concordância entre os pesquisadores. Culminou-se com a seleção de 37 artigos para leitura completa, sendo eliminados 15 trabalhos por não se adequarem aos critérios de inclusão previamente estipulados. Dessa maneira, 22 estudos foram incluídos para o desenvolvimento da RBS.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos artigos avaliados pelas revistas científicas em que foram publicados. Nota-se maior concentração nas revistas *Transportation Research Procedia* e *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, ratificando a proximidade com o escopo da sustentabilidade no transporte.

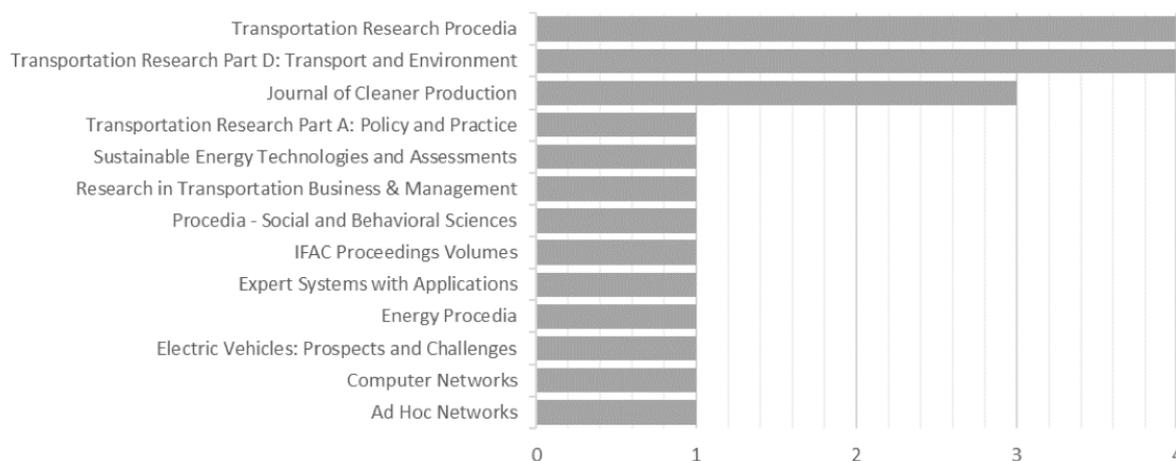


Figura 2 – Distribuição dos artigos selecionados por periódico.

Fonte: autores.

A Figura 3 ilustra o ano de publicação de todos os artigos incluídos nesta RBS. Em relação ao intervalo de tempo, houve uma concentração de publicações em 2016 (9) e 2017 (5). Note-se que o número de publicações em 2018 considera apenas artigos publicados até o mês de maio (data da pesquisa). Essa observação pode justificar o menor número de artigos publicados (2) naquele ano.

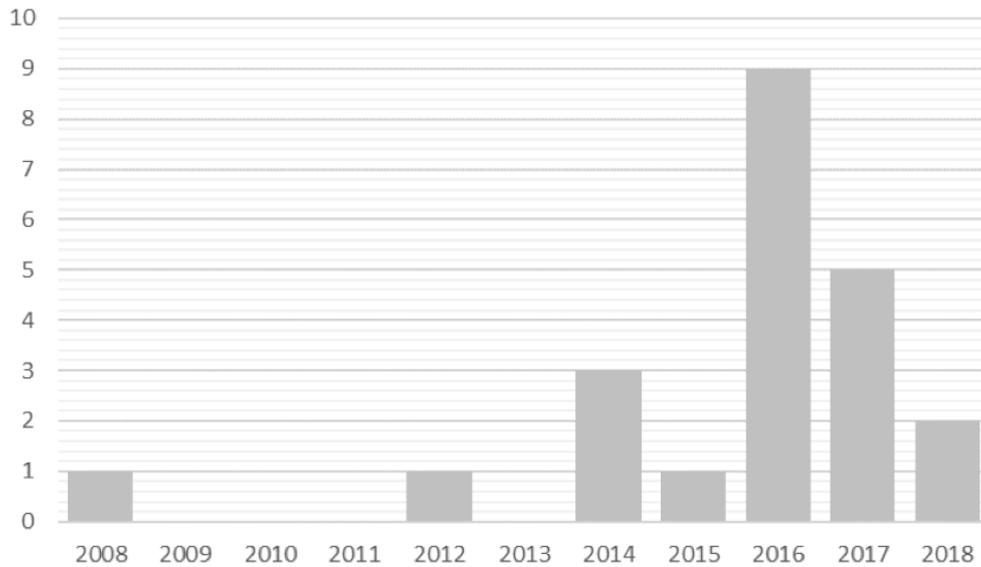


Figura 3 – Distribuição de artigos com base na data de publicação.

Fonte: autores.

É importante ressaltar que entre 2008 e 2013 apenas dois artigos foram inclusos. Esse resultado corrobora a premissa adotada neste trabalho de que o estudo das tecnologias relacionadas à eficiência energética na última milha em áreas urbanas é uma abordagem recente. A Figura 4 mostra a distribuição geográfica dos artigos inclusos. A concentração de artigos está nos Estados Unidos (4 artigos), seguida da Itália (3 artigos) e Reino Unido (2 artigos). Os demais países contribuíram com 1 artigo cada.

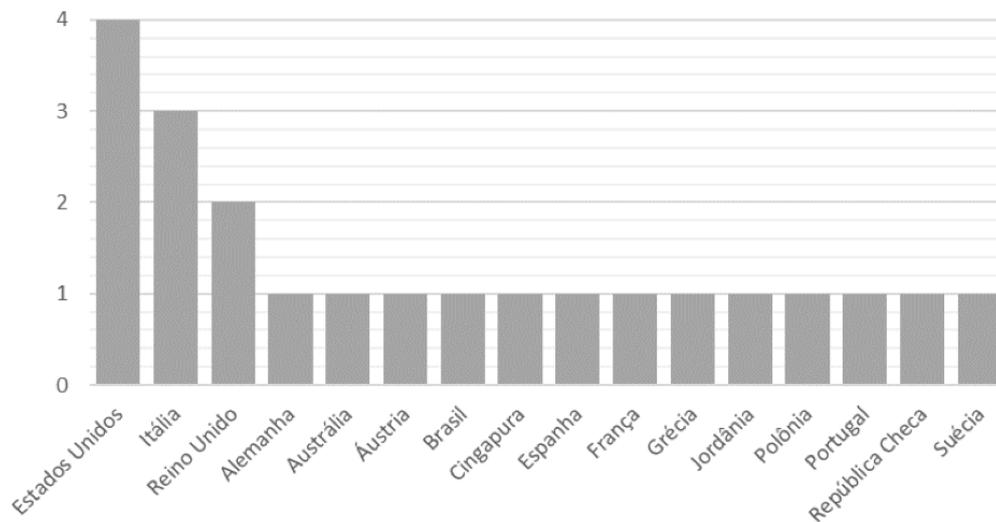


Figura 4 – Distribuição de artigos com base na origem.

Fonte: autores.

A distribuição geográfica dos artigos também mostra um predomínio de publicações originárias de países desenvolvidos (19 artigos), enquanto que há três artigos oriundos de países em desenvolvimento: Brasil (1), Jordânia (1) e Polônia (1) respectivamente. A partir da leitura completa dos artigos, estabeleceu-se as seguintes categorias de busca: Tipo de veículo ou equipamento utilizado; Tipo de energia; Barreiras; Benefícios/Oportunidades (econômicos, ambientais e sociais).

A Tabela 1 sintetiza todos os artigos identificados, cujas propostas se concentram em alternativas para incrementar a eficiência energética na última milha da distribuição de carga urbana. Considerou-se qualquer fonte energética de veículos e porte, desde que reduza o consumo energético, sem comprometer os três aspectos da sustentabilidade.

Tabela 1 – Síntese dos resultados da RBS.

Autor	Tipo de veículo ou equipamento utilizado	Tipo de energia	Barreiras	Benefícios/Oportunidades		
				Econômicos	Ambientais	Sociais
Marujo et al., 2018	Bicicleta / Triciclo	Gasolina	-	Consumo de energia	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	Geração de empregos
Dispenza et al., 2018	Comercial leve	Elétrica e hidrogênio	-	Tempo de entrega	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	-
Farahani et al., 2018	Comercial leve	Diversos	-	Custo operacional	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	Melhor qualidade de vida
Yavuz et al., 2018	Comercial leve	Diversos	-	Custo operacional	-	-
Zia, 2017	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	Centro de consolidação de carga; Infraestrutura viária e para recarga	-	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	-
Mohanty e Kotak, 2017	Comercial leve	Elétrica	Custo de aquisição do veículo	-	Redução da emissão de CO ₂	-
Pålsson et al., 2017	Comercial leve	Elétrica	-	-	-	-
Figliozzi et al., 2017	Drone	Elétrica	Legislação	Consumo de energia; tempo de entrega; congestionamento de tráfego	Redução de emissão de CO ₂ , poluentes atmosféricos e ruído	-
Navarro et al., 2016	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	Localização da instalação; lucratividade	Tempo de entrega; congestionamento de tráfego	Redução de emissão de CO ₂ , poluentes atmosféricos e ruído	Geração de empregos
Velázquez-Martínez et al., 2016	Comercial leve	Elétrica; diesel	-	Congestionamento de tráfego	Redução de emissão de CO ₂	-
Althunibat et al., 2016	Diversos	Elétrica; diesel	Localização da instalação	Congestionamento de tráfego	Redução de emissão de CO ₂ , poluentes atmosféricos	-
Cossu, 2016	Comercial leve	Elétrica	Custo de aquisição do veículo; Capacidade (peso e dimensões)	Custo operacional; Consumo de energia	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	-
Teoh et al., 2016	Comercial leve	Elétrica	Custo de aquisição do veículo; tempo de recarga da	-	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	-

Autor	Tipo de veículo ou equipamento utilizado	Tipo de energia	Barreiras	Benefícios/Oportunidades		
				Econômicos	Ambientais	Sociais
			bateria; estacionamento			
Margaritis et al., 2016	Comercial leve	Elétrica	Infraestrutura para recarga e de telecomunicação	Congestionamento de tráfego	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	-
Bresciani et al., 2016	Comercial leve	Diversos	-	Consumo de energia	-	-
Seebaue r et al., 2016	Comercial leve	Diversos	Centro de desconsolidação de carga	Consumo de energia; tempo de entrega	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	Geração de empregos
Duarte et al., 2016	Comercial leve	Elétrica	Infraestrutura para recarga	Consumo de energia	Redução de emissão de CO ₂ , poluentes atmosféricos e ruído	-
Kijewska et al., 2014	Comercial leve	Elétrica	Custo de aquisição do veículo; tempo de recarga da bateria	-	Redução da emissão de CO ₂ e poluentes atmosféricos	-
Law et al., 2014	Comercial leve	Elétrica	-	-	-	-
Dvořák et al., 2014	Comercial leve	Diversos	-	Consumo de energia	-	-
Rizet et al., 2012	Comercial leve	Diesel	-	Custo operacional	Redução da emissão de CO ₂	-
Baumgartner et al., 2008	Caminhões	Diesel	Custo da tecnologia	Custo operacional; tempo de entrega; consumo de energia	Redução da emissão de CO ₂	-

Fonte: autores.

4 DISCUSSÃO

A Figura 5 representa a distribuição dos papéis de acordo com o tipo de veículo e a fonte de energia adotada para o transporte de carga urbana de última milha.

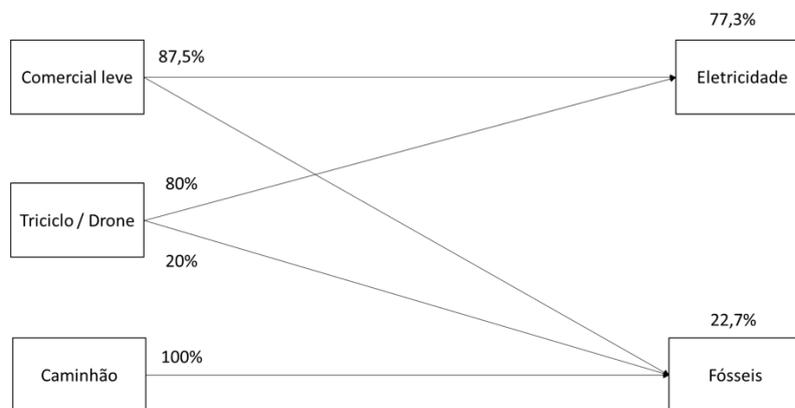


Figura 5 – Distribuição de artigos com base na fonte energética.

Fonte: autores.

Os artigos estudados propuseram as seguintes alternativas que melhoram a eficiência energética da operação: bicicleta/triciclo; caminhão e comercial leve. Destes, 77,3% dos artigos avaliaram a eletricidade como melhor fonte de energia para o veículo (contra 22,7% para combustíveis fósseis).

Os veículos do tipo comercial leve¹ elétricos foram indicados em 87,5% dos artigos que sugeriram essa alternativa. Mesmo caminho seguido pelos triciclos, em que 80% das propostas sugeriram a adoção da eletricidade. A exceção é do trabalho de Baumgartner et al. (2008), em que sugerem a otimização da operação com caminhões para melhoria da eficiência energética (ou diminuição da intensidade energética). Vale ressaltar que Figliozzi et al. (2017) consideraram o uso de um drone movido à eletricidade como veículo para entregas de última milha, evidenciando uma nova fronteira para o uso intensivo de Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) em áreas urbanas.

Além disso, 95% dos estudos sugeriram a adoção de veículos de pequeno porte, resultado também observado no estudo de Oliveira et al. (2018). Segundo Schoemaker et al. (2017), o número de veículos comerciais leves na Europa aumentou 15% entre 1990 e 2003, enquanto o número de veículos com peso bruto (PBT) superior a 3,5 toneladas aumentou 6,6% durante o mesmo período, o que ratifica a tendência de diminuição do tamanho dos veículos utilizados na última milha. Fatores como o congestionamento do tráfego e as características geográficas específicas das cidades (relevo da superfície do solo, presença de um centro histórico e densidade populacional) geraram impedâncias que levaram ao uso gradual de veículos ainda menores, como triciclos, bicicletas e motocicletas, como evidenciado nas referências identificadas neste estudo.

Obviamente essa característica vem associada a altos índices de ocupação do veículo para que seja compensada a redução da capacidade em relação a veículos de maiores portes. Ainda segundo Schoemaker et al. (2017), em Londres, a taxa de ocupação de veículos pesados variou entre 40% e 60% em 2006, o que reforça que é possível adotar veículos menores sem comprometer significativamente a capacidade de entrega por ciclo.

Como dito anteriormente, a literatura especializada sugere, além da redução do tamanho dos veículos utilizados na última milha como forma de reduzir o consumo de energia, a eletrificação da frota. Isso traz algumas barreiras quanto à necessidade de recarga dos veículos, estacionamento apropriado, custo de aquisição e infraestrutura adequada para recarga (subestações, etc.), conforme apontado por Zia (2017); Kijewska et al. (2014); Duarte et al. (2016); Cossu (2016) Teoh et al. (2016) e Margaritis et al. (2016). Figliozzi et al. (2017) citam a legislação como barreira para a utilização ampla de drones em espaço aéreo urbano. Essas experiências sustentam que é necessário não só atentar para a redução do custo de aquisição do veículo e a operação em si, mas também buscar um marco regulatório nos países que possibilitem a ampla diversificação de frotas elétricas no abastecimento de produtos.

Outra barreira apontada ao diminuir o tamanho dos veículos com vista à eficiência energética é a necessidade de criação de centros de desconexão de carga (SEEBAUER et al., 2016), uma vez que mais viagens tendem a ser realizadas nos bolsões de entrega. Portanto, aponta-se a necessidade de criação desses centros intermodais para integrar o transporte via ferrovia, hidrovias e/ou veículos pesados com os veículos pequenos, visando aumentar a eficiência da operação.

Com referência ao escopo das aplicações, foi possível obter informações sobre a velocidade média desenvolvida pelos veículos considerados nos estudos e a capacidade de carga, bem como as características das cidades onde os estudos foram aplicados. A velocidade média de uma bicicleta/triciclo variou de 3 a 8 km/h, enquanto a de um veículo comercial leve chegou a 16 km/h (em redes congestionadas). Quanto à capacidade de carga, sugeriu-se uma média de 80 kg por ciclo de entrega.

Considerando o uso de energia, constatou-se uma tendência de eletrificação e preocupação das empresas em promover a sustentabilidade socioambiental em suas operações, tendo em vista que a utilização da energia elétrica como fonte de energia para o transporte é pertinente por reduzir consideravelmente as emissões de GEE, sobretudo na emissão de CO₂, principal responsável pelo aquecimento global. Os principais benefícios econômicos apontados pela literatura são:

- Diminuição do consumo de energia (consequentemente do custo operacional com combustíveis) (MARUJO et al., 2018; FIGLIOZZI et al., 2017; COSSU, 2016; BRESCIANI et al., 2016; DUARTE et al., 2016; DVOŘÁK et al., 2014);
- Diminuição do tempo de entrega (para bicicletas, triciclos e drones) (FIGLIOZZI et al., 2017; NAVARRO et al., 2016);
- Redução do congestionamento de tráfego (FIGLIOZZI et al., 2017; NAVARRO et al., 2016; VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ et al., 2016; ALTHUNIBAT et al., 2016; MARGARITIS et al., 2016).

Logo, nota-se que a diminuição do consumo energético por esses veículos traz outras externalidades positivas associadas ao desempenho econômico da operação. Por exemplo, aponta-se que os triciclos podem usufruir da rede de ciclovias de uma cidade, diminuindo o carregamento das vias convencionais e, com isso, o congestionamento da cidade.

Aliado a essa questão, os artigos apontam que a redução da intensidade energética e melhoramento da eficiência energética melhoram os aspectos sociais e ambientais de forma substancial (visto que a eletricidade apresenta menores perdas de energia ao mover o veículo, por exemplo, sob forma de calor). Assim, aponta-se a redução de emissão de CO₂, de poluentes atmosféricos e de ruído como importantes ganhos ambientais com o uso das alternativas propostas. No aspecto social, cita-se a melhoria da qualidade de vida e geração de empregos (devido à necessidade de contratação de mais entregadores no caso dos triciclos), apontados por Farahani et al. (2018), Navarro et al. (2016) e Seebauer et al. (2016).

5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo identificar, por meio de uma RBS, as alternativas propostas pela literatura no âmbito do veículo de carga como meio para reduzir a intensidade energética, transformando a operação de entregas em uma alternativa sustentável.

Optou-se por utilizar a revisão sistemática da literatura como estratégia de pesquisa neste trabalho, pois ao reportar sistematicamente procedimentos e métodos de busca de artigos, melhora-se a acurácia dos resultados e também se permite a reprodução da pesquisa pela comunidade científica. Como resultado, o artigo apresenta uma síntese e uma análise do estado da arte da literatura acadêmica no campo do transporte urbano de cargas, em relação aos tipos de veículos que podem melhorar a eficiência energética na última milha do TUC.

A literatura científica indica a redução de tamanho dos veículos (e também da capacidade) utilizada para entregas de última milha em áreas urbanas como uma alternativa mais sustentável e eficiente para esse tipo de operação. Vale ressaltar que as pressões impostas ao tráfego, devido a aspectos relacionados ao uso do solo, como restrições à movimentação de caminhões, tornaram a operação das entregas de última milha, tradicionalmente feita por caminhões, um desafio.

Por essa razão, a frequência observada de referências sugere que as entregas devam ser feitas por bicicletas/triciclos ou veículos comerciais leves (95%). No entanto, essas alternativas implicam em outros questionamentos que requerem mais estudos, como as consequências para o nível de serviço da operação ao aumentar o número de viagens feitas por veículos menores; para adaptar a rede viária para integrar os veículos elétricos; e a ausência de regulação para o uso de drones em espaço aéreo urbano.

Os resultados da RBS também demonstram o uso potencial de veículos elétricos no transporte urbano de carga, especialmente na distribuição de última milha, como uma alternativa com potenciais benefícios em termos de sustentabilidade e eficiência energética. Essa mudança na fonte de propulsão de veículos de combustíveis fósseis para energia elétrica foi indicada em 77,3% dos estudos. Esses dados mostram uma preocupação não apenas em evitar os efeitos adversos de uma rede rodoviária congestionada, mas também em tomar medidas baseadas na sustentabilidade social e ambiental do transporte urbano de cargas. Aponta-se, com isso, ganhos ambientais oriundos da redução das emissões de GEE, poluentes atmosféricos e ruído; e sociais, oriundos da geração de emprego e melhoria da qualidade de vida nas regiões de entrega.

Por fim, pode-se concluir que existem inúmeras oportunidades de pesquisa nessa área do conhecimento, desde a previsão do advento das novas tecnologias até a compreensão em que contextos elas poderiam ser aplicadas e explicação das diferenças na aceitação social dessas tecnologias, bem como restrições e motivações associadas à sua adoção (por exemplo, necessidade de centros intermodais de desconsolidação).

NOTA

1 Veículos com um peso bruto do veículo (PBT) não superior a 3,5 toneladas.

REFERÊNCIAS

ALTHUNIBAT, S.; WANG, Q.; GRANELLI, F. **Flexible channel selection mechanism for cognitive radio based last mile smart grid communications**. Ad Hoc Networks, n. 41, p. 47-56, 2016.

BARAN, R.; LEGEY, L.; LOUREIRO, F. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207-224, 2011.

BAUMGARTNER, M.; LÉONARDI, J.; KRUSCH, O. **Improving computerized routing and scheduling and vehicle telematics: a qualitative survey**. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 13, n. 6, p. 377-382, 2008.

BRESCIANI, C. et al. **Behavioral Change and Social Innovation Through Reward: an integrated engagement system for personal mobility, urban logistics and housing efficiency**. Transportation Research Procedia, v. 14, p. 353-361, 2016.

COSSU, P. **Clean Last Mile Transport and Logistics Management for Smart and Efficient Local Governments in Europe**. Transportation Research Procedia, v. 14, p. 1523-1532, 2016.

DISPENZA, G. et al. **Development of a multi-purpose infrastructure for sustainable mobility**. A case study in a smart cities application. Energy Procedia, v. 143, p. 39-46, 2017.

DUARTE, G.; ROLIM, C.; BAPTISTA, P. How battery electric vehicles can contribute to sustainable urban logistics: a real-world application in Lisbon, Portugal. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 15, p. 71-78, 2016.

DVOŘÁK, J.; NOVÁK, J.; KOCOUREK, P. **Energy efficient network protocol architecture for narrowband power line communication networks**. Computer Networks, v. 69, p. 35-50, 2014.

FARAHANI, N. Z. et al. A decision support tool for energy efficient synchromodal supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 682-702, 2018.

FIGLIOZZI, M. A. **Lifecycle modeling and assessment of unmanned aerial vehicles (Drones) CO2e emissions**. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 57, p. 251-261, 2017.

JOERSS, M. et al. **McKinsey & Company Parcel delivery: the future of last mile 1–32**. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/travel%20transport%20and%20logistics/our%20insights/how%20customer%20demands%20are%20reshaping%20last%20mile%20delivery/parcel_delivery_the_future_of_last_mile.ashx>. Acesso em: 02 abr. 2018.

KIJEWSKA, K.; JOHANSEN, B. G. **Comparative Analysis of Activities for More Environmental Friendly Urban Freight Transport Systems in Norway and Poland**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 151, p. 142-157, 2014.

LAW, Y. W. et al. **Control and Communication Techniques for the Smart Grid: an energy efficiency perspective**. IFAC Proceedings Volumes, v. 47, n. 3, p. 987-998, 2014.

MARGARITIS, D. et al. **Electric commercial vehicles: practical perspectives and future research directions.** *Research in Transportation Business & Management*, v. 18, p. 4-10, 2016.

MARUJO, L. G. et al. **Assessing the sustainability of mobile depots: the case of urban freight distribution in Rio de Janeiro.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 62, p. 256-267, 2018.

MOHANTY, P.; KOTAK, Y. **Electric vehicles: status and roadmap for India.** *Electric Vehicles: prospects and challenges*, p. 387-414. Elsevier. 2017.

NAVARRO, C. et al. **Designing New Models for Energy Efficiency in Urban Freight Transport for Smart Cities and its Application to the Spanish Case.** *Transportation Research Procedia*, v. 12, p. 314-324, 2016.

OLIVEIRA, C. M. et al. **Identificando os desafios e as boas práticas para o transporte urbano de cargas, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática.** 2015.

OLIVEIRA, C. M. et al. Alternativas sustentáveis para veículos utilizados na última milha do transporte urbano de carga: uma revisão bibliográfica sistemática. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental RGSA**, v. 7, n. 1. 2018.

PÅLSSON, H.; PETTERSSON, F.; WINSLOTT, L. Energy consumption in e-commerce versus conventional trade channels - Insights into packaging, the last mile, unsold products and product returns. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 765-778, 2017.

RIZET, C. et al. **Assessing carbon footprint and energy efficiency in competing supply chains: review – case studies and benchmarking.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 17, n. 4, p. 293-300, 2012.

ROUMBOUTSOS, A.; KAPROS, S.; VANELSLANDER, T. **Green city logistics: systems of innovation to assess the potential of e-vehicles.** *Research in Transportation Business & Management*, v. 11, p. 43-52, 2014.

SCHOEMAKER, J. et al. **Quantification of urban freight transport effects Best Urban Freight Solutions II.** Disponível em: <http://www.bestuufs.net/download/BESTUUF_II/key_issuesII/BESTUF_Quantification_of_effects.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2018.

SEEBAUER, S. et al. Carbon emissions of retail channels: the limits of available policy instruments to achieve absolute reductions. **Journal of Cleaner Production**, v. 132, p. 192-203, 2016.

TEOH, T.; KUNZE, O.; TEO, C. **Methodology to Evaluate the Operational Suitability of Electromobility Systems for Urban Logistics Operations.** *Transportation Research Procedia*, v. 12, p. 288-300, 2016.

VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, J. C. et al. **A new statistical method of assigning vehicles to delivery areas for CO2 emissions reduction.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 43, p. 133-144, 2016.

WADUD, Z. **Fully automated vehicles: a cost of ownership analysis to inform early adoption.** *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 101, p. 163-176, 2017.

YAVUZ, M. et al. Multi-criteria evaluation of alternative-fuel vehicles via a hierarchical hesitant fuzzy linguistic model. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 5, p. 2835-2848, 2015.