



ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA VEÍCULOS UTILIZADOS NA ÚLTIMA MILHA DO TRANSPORTE URBANO DE CARGA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

<http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018181-205>

Cíntia Machado de Oliveira¹

Renata Albergaria de Mello Bandeira²

George Vasconcelos Goes³

Daniel Neves Schmitz¹¹

Márcio de Almeida D'Agosto¹²

RESUMO

Objetivou-se com este estudo, determinar, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, o estado da arte da literatura científica sobre as novas formas de operações e tecnologias na distribuição da última milha em áreas urbanas, buscando identificar os principais tipos de veículos que, segundo a literatura, podem ser adotados para aumentar a sustentabilidade deste tipo de operação. Identificou-se uma tendência de adoção de veículos de menor porte para realização do transporte urbano de carga na última milha, tendo em vista 47% dos estudos propõem, entre outras alternativas, o abastecimento por meio de bicicletas/triciclos. A adoção de veículos do tipo comerciais leves, para este fim, foi proposta por 53% dos artigos. Também foi evidenciada a migração da fonte de energia convencional (combustíveis fósseis) para alternativa (energia elétrica), conforme apontado por 64% dos estudos. Portanto, conclui-se que há uma tendência para a adoção de medidas baseadas na sustentabilidade socioambiental das operações de transporte de carga. Contudo, ainda existem barreiras culturais e relacionadas a oferta de infraestrutura para a adoção plena desses veículos.

Palavras Chave: Última milha. Transporte urbano de carga. Veículo. Logística urbana.

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica(CEFET/RJ)(COOPE). E-mail: cintia.machado.oliveira.1@gmail.com

² Instituto Militar de Engenharia-IME. E-mail: re.albergaria@gmail.com

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: ggoes@pet.coppe.ufrj.br

¹¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: daniel.schmitz.jf@gmail.com

¹² Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail dagosto@pet.coppe.ufrj.br

1 INTRODUÇÃO

O aumento da atividade de transporte para a distribuição de bens e serviços em áreas urbanas é responsável por gerar impactos no âmbito social, ambiental e econômico. Os problemas se destacam, sobretudo, no tocante à intensificação dos congestionamentos nas redes viárias, emissão de ruídos, emissão de poluentes atmosféricos e de gases do efeito estufa (GEE), bem como a redução da segurança da população, em função do aumento do número de acidentes envolvendo veículos (Mckinnon *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2015). Conseqüentemente, os agentes que atuam em um sistema de transportes (como o poder público, iniciativa privada e usuários) anseiam por práticas que mitiguem tais impactos. Para isso, as cidades precisam avançar em suas transformações e permitir a exploração inovadora de formas de operação do Transporte Urbano de Carga (TUC), sobretudo no que diz respeito ao desenvolvimento de novas tecnologias (Bjorklund e Gustafsson, 2015).

Os efeitos dessa problemática são potencializados nas operações que envolvem a última milha (*last mile*) e, ainda, é nesta fase em que se evidencia a maior participação dos custos de uma cadeia logística (Roumboutsos *et al.*, 2014). Última milha se refere à etapa final da entrega de uma mercadoria, ou seja, os quilômetros finais do transporte até o cliente final. De acordo com (Joerss *et al.*, 2017) os custos logísticos na última milha da distribuição física atingiram 70 bilhões de euros ao ano, sendo que em 2015 a taxa de crescimento chegou a 10% ao ano. Logo, os operadores logísticos e demais membros da cadeia são instigados a minimizar o custo operacional, mantendo o nível de serviço, à medida que tentam reduzir os impactos sociais, ambientais e econômicos de suas operações. Esses agentes, portanto, 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).

De acordo com o relatório *Urban Freight Research Roadmap* (ALICE / ERTRAC Urban mobility WG, 2015), o futuro do transporte urbano de carga será influenciado pelo advento de novas tecnologias. (Joerss *et al.*, 2017) também reforçam que o modelo atual de negócios aplicado na última milha tende a se romper devido às novas tecnologias que provavelmente chegarão ao mercado nos

próximos dez anos. Para os autores, a entrega tradicional com veículos a diesel representará apenas 20% das entregas de última milha em áreas urbanas, sendo substituída por veículos autônomos e entregas por bicicletas. Nessa linha, (Winkenbach et al., 2016) destaca que estamos no auge dos progressos substanciais das entregas da última milha, com o surgimento de modelos inovadores, como o uso de veículos elétricos e *crowdsourcing*.

Assim, há potencial para novas tecnologias melhorarem as entregas em última milha, o que pode levar a uma nova infraestrutura de transporte e modelos de entregas (LEE et al., 2016). No entanto, a rentabilidade de algumas dessas novas tecnologias pode ainda ser questionável devido aos altos investimentos necessários na sua implementação. Portanto, a adoção dessas novas tecnologias pode se concentrar, inicialmente, em países desenvolvidos devido ao alto custo de implantação.

Neste contexto, é essencial o desenvolvimento de estudos que permitam uma melhor compreensão sobre o processo de implementação dessas novas tecnologias na distribuição de última milha. Existem inúmeras oportunidades de pesquisa neste campo do conhecimento, que devam englobar desde a previsão do advento das novas tecnologias até a compreensão acerca dos cenários em que possam ser aplicadas, identificando as diferenças na aceitação social dessas tecnologias, o impacto sob o tripé da sustentabilidade (econômica, social e ambiental) bem como as restrições e motivações associadas à sua adoção. No entanto, o primeiro passo é identificar os novos modelos de operação e veículos que podem ser aplicados nas entregas de última milha.

Portanto, este artigo visa determinar, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, o estado da arte da literatura científica sobre as novas formas de operações e tecnologias na distribuição da última milha em áreas urbanas, buscando identificar os principais tipos de veículos que, segundo a literatura, podem ser adotados para aumentar a sustentabilidade deste tipo de operação. Como objetivos secundários, pretende-se identificar as principais características dos veículos utilizados na distribuição, as barreiras, oportunidades e benefícios (econômicos, ambientais e sociais) relacionados à sua utilização, bem como a abrangência das distribuições.

A partir desta introdução, este estudo divide-se em quatro seções. A Seção dois

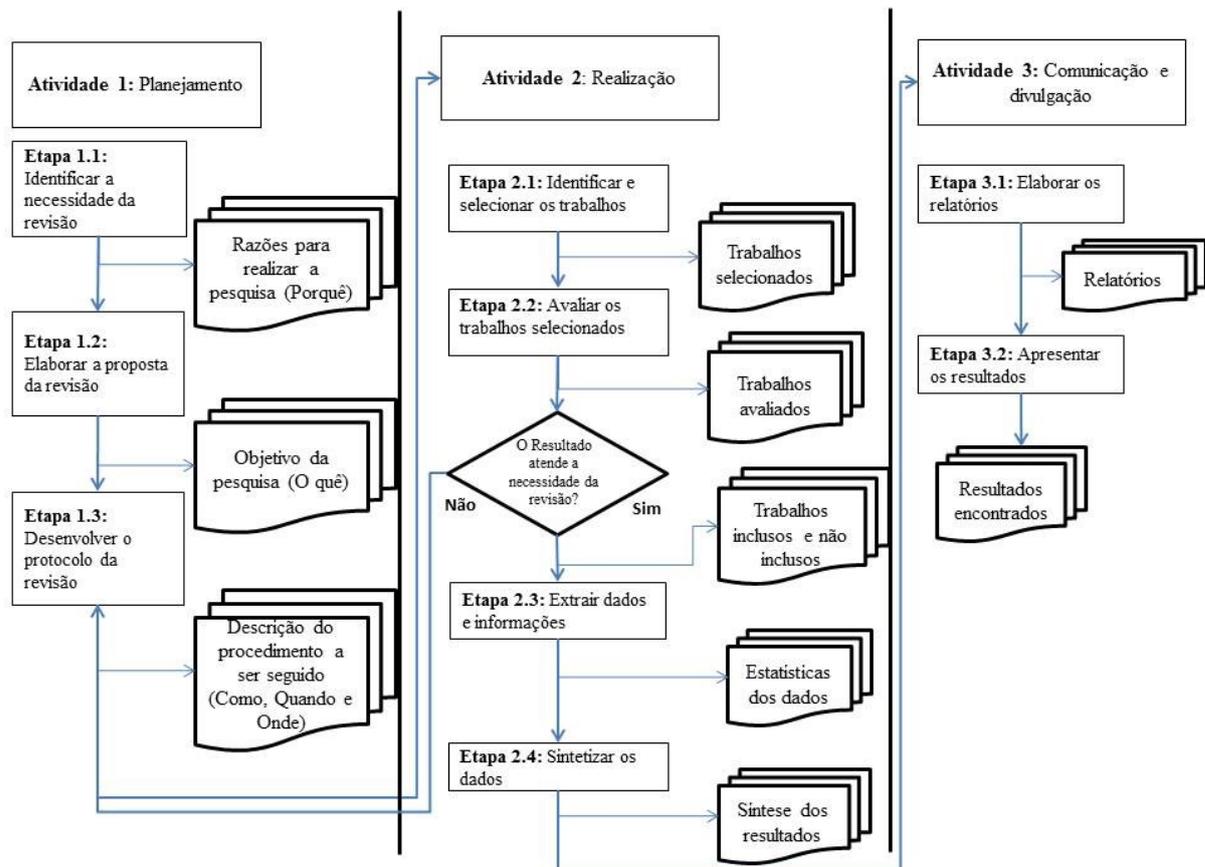
detalha o procedimento abordado, bem como a estrutura do trabalho. A Seção três apresenta a aplicação do procedimento e os resultados obtidos, com ênfase nas fases de planejamento, execução e divulgação. Na Seção quatro têm-se as análises dos resultados encontrados. Por fim, a Seção cinco traz as considerações finais, as limitações do escopo da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2 PROCEDIMENTO E ESTRUTURA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS)

A RBS busca o aprimoramento do estado da arte de uma determinada área do conhecimento (Rowley e Slack, 2004). Nesse contexto, 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 não conhecido” em determinada área de pesquisa (Denyer e Tranfield 2009; Cook, Mulrow, e Haynes, 1997). Thomé *et al.* (2016) destacam que a RBS é um importante esforço de investigação por si só, e não apenas uma revisão de publicações anteriores.

Para o alcance dos resultados preconizados, Tranfield, Denyer e Smart (2003) apontam uma divisão da RBS em três etapas: (1) Planejamento da revisão; (2) Realização da revisão e (3) Comunicação e divulgação da revisão. Segundo Oliveira *et al.* (2015a), a atividade de Planejamento consiste em: (i) identificar a necessidade da revisão; (ii) elaborar a proposta da revisão e (iii) desenvolver o protocolo da revisão. A atividade de realização deve se dividir em quatro etapas: (i) identificar e selecionar os trabalhos; (ii) avaliar os trabalhos selecionados; (iii) extrair os dados e informações e (iv) sintetizar os dados. Por fim, a atividade de comunicação e divulgação se subdivide em: (i) elaborar os relatórios e (ii) apresentar os resultados (Oliveira *et al.*, 2015a). Nesta pesquisa, adota-se o procedimento para a RBS proposto por Oliveira *et al.* (2015a), sintetizado na Figura 1.

Figura 1: Procedimento de revisão bibliográfica sistemática adotada neste artigo



Fonte: Oliveira *et al.* (2015a)

3 APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO E RESULTADOS ENCONTRADOS

A seguir passa-se a aplicação do procedimento e a apresentação dos resultados encontrados.

3.1 Atividade 1 – Planejamento

Nesta seção, descreve-se o planejamento da RBS, primeira atividade estabelecida pelo procedimento. O crescimento dos centros urbanos é um fenômeno manifestado em regiões de todos os continentes. Tal fato gera maiores pólos de demanda por mercadorias em um espaço geográfico cada vez menor, tornando a disputa por espaço nas vias um fator determinante de problemas como: congestionamento do tráfego, emissões de poluentes, ruídos e, portanto, diminuição gradual da qualidade de vida da população local (Oliveira *et al.*, 2015a). Nesse contexto, o segmento de última milha para o TUC tem sido discutido pela literatura R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. - , jan./mar. 2018.

especializada como importante base para: (1) redução de custos operacionais na cadeia de suprimento, (2) melhoramento da sustentabilidade socioambiental de suas operações e (3) aumento da competitividade das empresas. Sendo assim, identificar formas alternativas para realização do TUC, em última milha se faz necessário.

A identificação dos artigos foi realizada em duas bases de indexações (*Web of Science* e SCOPUS) e em cinco bases de dados (EBSCO, *Science Direct*, DOAJ, Springer Link e Compendex) de modo atender à recomendação de Thomé *et al.* (2006) de se utilizar mais de duas bases de dados para garantir a identificação de uma maior diversidade de trabalhos.

Na tentativa de se identificar pesquisas de diferentes tecnologias adotadas em entregas urbanas em última milha, escolheu-se a seguinte combinação de palavras chaves: *last mile* e (*urban freight* ou *urban freight distribution* ou *urban freight transportation* ou *city logistics*) e *vehicles* (última milha e (carga urbana ou distribuição de carga urbana ou transporte urbano de carga) e veículos). Tal escolha foi fundamentada na verificação das palavras chave de seis artigos, identificados por meio de um levantamento preliminar a realização deste estudo. A combinação dos termos (*last mile* e (*urban freight* ou *urban freight distribution* ou *urban freight transportation* ou *city logistics*)) permite identificar qualquer estudo que trate sobre última milha no transporte urbano de carga ou em logística urbana. A complementação do operador lógico “e” ao termo “vehicles” tem como objetivo restringir a busca aos artigos que de fato abordem a questão dos veículos adotados neste tipo de operação.

A busca realizada das palavras-chave escolhidas nas bases de indexações e de dados foi direcionada ao título, resumo e palavras-chave dos artigos. Tendo em vista que a prática da logística urbana envolve o uso de tecnologia que evolui continuamente, consideraram-se os últimos cinco anos como o período para realização da pesquisa (2012 a 2016). Por se entender que o tema é importante para a economia de qualquer país, não foi adotada uma delimitação específica em termos geográficos. Inicialmente, a busca (identificação dos artigos) foi restrita a artigos publicados em periódicos internacionais indexados e revisados por pares, tal como recomendado por Nord *et al.* (1995), Ngai e Wat (2002) e Oliveira *et al.* (2015a) para garantir a qualidade dos estudos. O critério para seleção dos estudos identificados baseou-se exclusivamente na língua em que o artigo foi escrito (Inglês).

Quanto aos critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos selecionados, levou-se em consideração o conteúdo do estudo. Foram excluídos trabalhos duplicados e artigos que se tratavam do última milha no TUC, mas sem ser especificamente sobre a questão do tipo de veículo adotado. Finalmente, o registro das informações levantadas foi realizado por meio de um banco de dados, a fim de facilitar a classificação, averiguação e avaliação dos estudos empregados nesta pesquisa.

3.2 Atividade 2 – Realização

Nesta seção, detalham-se as etapas que consistem na atividade de realização da RBS.

A identificação, seleção e inclusão dos estudos seguiram os critérios apresentados no subitem 3.1.3 Inicialmente, foram identificados 157 artigos, que, após a eliminação de artigos duplicados (uma vez que a busca foi realizada em mais de uma base de indexação), resultou em uma lista de 125 publicações, cuja leitura dos resumos foi realizada por pelo menos dois autores, conforme recomendado por Thomé *et al.* (2016). O processo de seleção foi iterativo, de modo a buscar a concordância entre os pesquisadores, sendo selecionados 46 artigos para a leitura completa. Dentre esses, 26 estudos foram inclusos para o desenvolvimento da RBS. Os resultados desta etapa estão apresentados na Tabela 1.

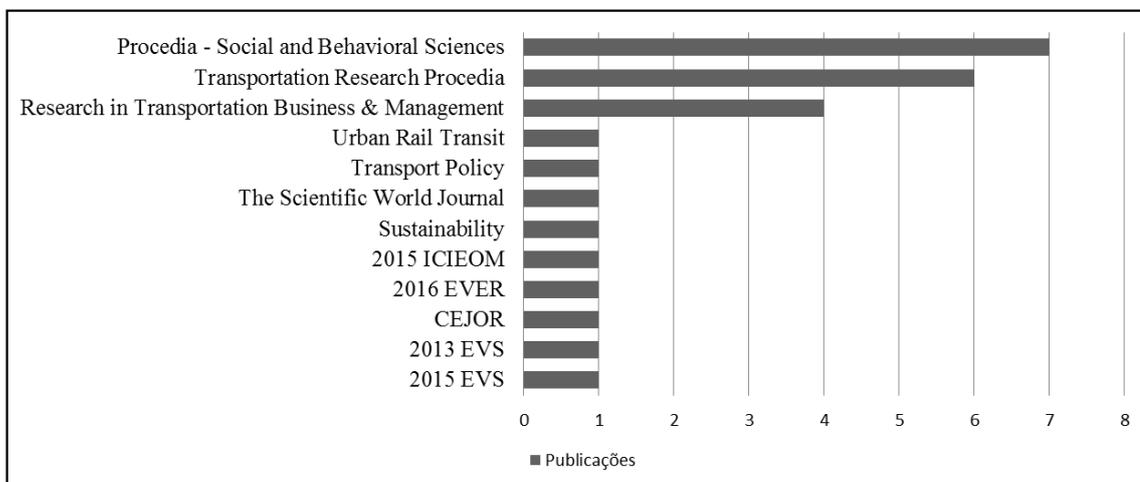
Tabela 1: Síntese dos resultados da etapa de identificação e seleção de trabalhos.

Base de dados	Trabalhos Identificados	Após Exclusão de Duplicados	Trabalhos Selecionados	Trabalhos Inclusos
Science Direct	96	96	17	17
Web of Science	12	6	6	2
EBSCO	2	1	1	0
DOAJ	7	6	6	0
Scopus	5	4	4	3
Springer Link	22	0	0	2
Compendex	13	12	12	2
Total	157	125	46	26

Os artigos inclusos estão distribuídos por doze periódicos científicos (Figura 2), com maior concentração em: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (7 artigos),

Transportation Research Procedia (6 artigos) e *Research in Transportation Business & Management*.

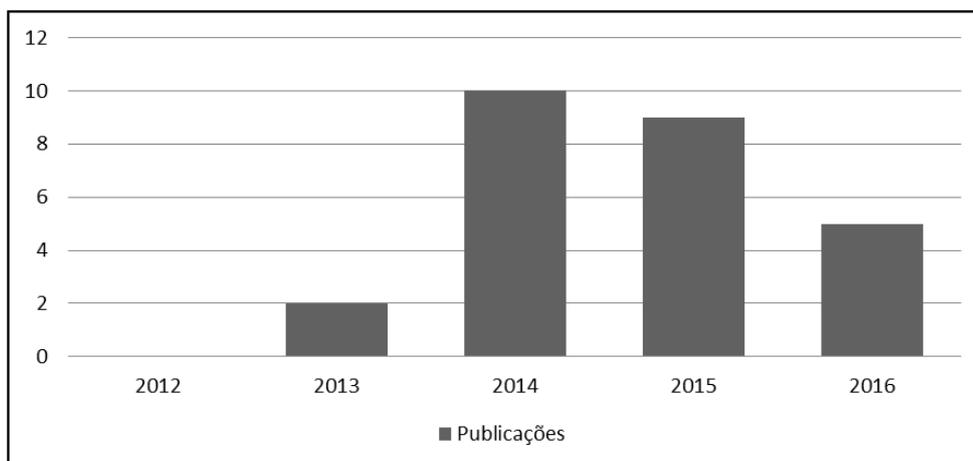
Figura 2: Distribuição dos artigos selecionados por periódicos.



Fonte: Elaboração própria

A Figura 3 apresenta a distribuição ao longo do tempo dos 26 artigos inclusos nesta RBS. Em relação à abrangência temporal, verificou-se aumento do número de publicações em 2014 (10) e 2015 (9). Destaca-se que o número de publicações em 2016 considera apenas os artigos publicados até o mês de julho, quando a pesquisa foi realizada, o que justifica apenas cinco artigos sobre o tema publicados neste ano. Não foram inclusos artigos nos anos de 2011 e 2012. Esse resultado corrobora com a premissa adotada de este estudo trata de uma temática de pesquisa recente, o que ratifica a restrição da busca aos últimos cinco anos.

Figura 3: Distribuição dos artigos com base na abrangência temporal.

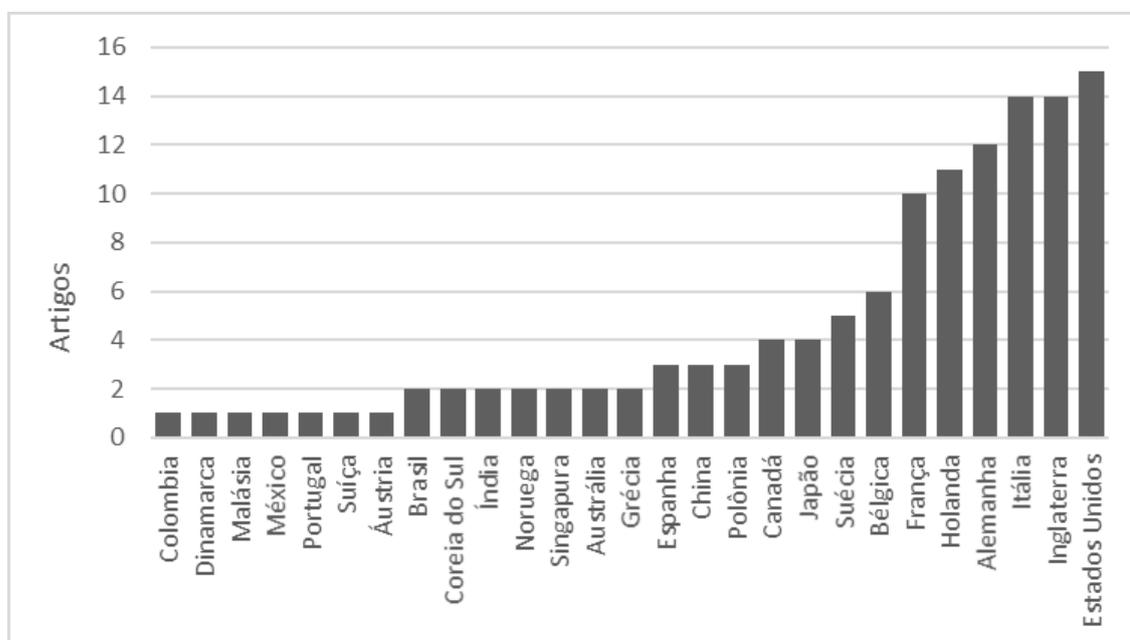


Fonte: Elaboração própria

A Figura 4 apresenta a distribuição geográfica dos artigos identificados após a exclusão dos duplicados (46 artigos no total), enquanto a Figura 5 apresenta a distribuição dos artigos inclusos (26 artigos no total) entre os países que mais publicaram sobre o tema no período em estudo. Nota-se que, para os artigos identificados, a maior frequência provém dos Estados Unidos e Inglaterra. Entretanto, após a execução da Etapa 2.1 do procedimento, houve uma alteração na dispersão geográfica das publicações inclusas. Assim, observa-se maior concentração dos trabalhos no continente europeu (20), seguido da Ásia com quatro artigos.

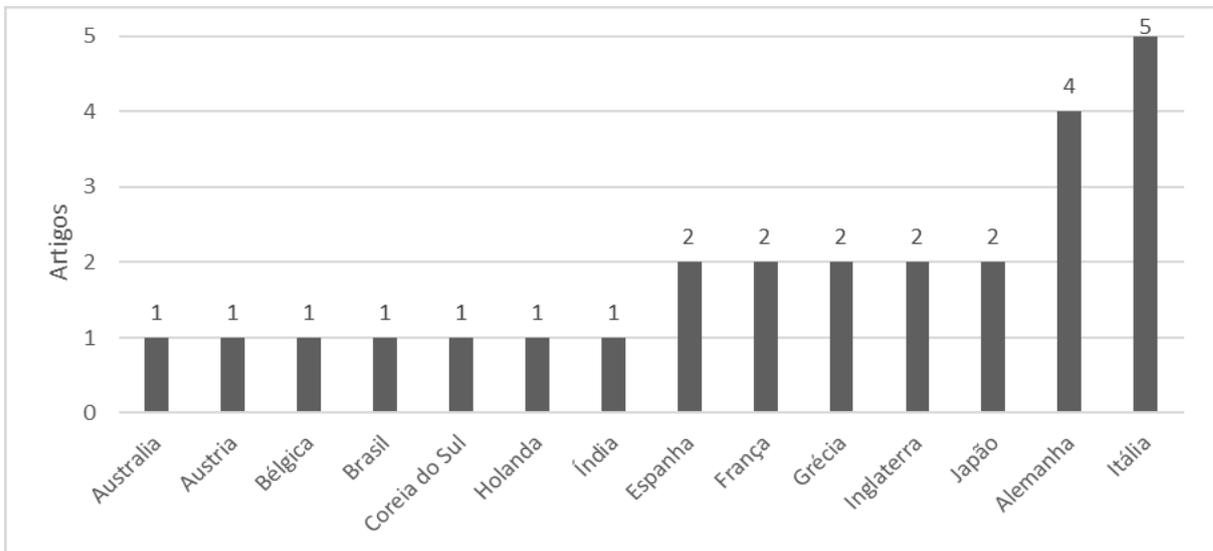
A América do Sul e Oceania contribuem com apenas um artigo cada (Figura 5). A estratificação das publicações por país de origem também demonstra um predomínio acentuado de publicações originárias de países desenvolvidos. Considerando a classificação do Fundo Monetário Internacional (FMI) para o grau de desenvolvimento dos países (Nielsen, 2011), verifica-se que não houve publicações por países subdesenvolvidos e que apenas dois artigos são oriundos de países em desenvolvimento (Brasil e Índia).

Figura 4: Distribuição geográfica de artigos identificados, não duplicados



Fonte: Elaboração própria

Figura 5: Distribuição dos artigos inclusos com base na abrangência geográfica



Fonte: Elaboração própria

A Etapa 2.4 trata da síntese dos dados, portanto, elaborou-se a Tabela 2 contendo a relação de todos os tipos de veículos identificados que estão sendo discutidos na literatura como alternativa ao caminhão para distribuição de carga em última milha, do mesmo modo que apresenta as barreiras, oportunidades e benefícios (econômicos, ambientais e sociais) relacionados à sua utilização.

Tabela 2: Síntese dos resultados da revisão bibliográfica sistemática.

Autor	Tipo de veículo ou equipamento utilizado	Tipo de energia	Barreiras	Benefícios/Oportunidades		
				Econômicos	Ambientais	Sociais
Tozzi <i>et al.</i> (2013)	Comercial leve	Diesel e Metano (dedicado)	-	-	-	-
Lebeau <i>et al.</i> (2013)	Comercial leve	Elétrica	Custo de aquisição do veículo; Capacidade (peso e dimensões)	-	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Sarma <i>et al.</i> (2014)	Bicicleta ^[1] / Triciclo ^[2]	Humana	Barreira cultural	Consumo de energia; tempo de entrega; congestionamento de tráfego	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	Geração de empregos / Problemas de saúde
Visser <i>et al.</i> (2014) **	Comercial leve ^[3]	Diesel e Biodiesel	-	-	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	Melhor qualidade de vida
Gruber <i>et al.</i> (2014) **	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	Infraestrutura viária e para recarga; Barreira cultural	Custo operacional; Consumo de energia;	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Roumboutsos <i>et al.</i> (2014)	Comercial leve	Elétrica	Custo operacional; Infraestrutura para recarga	-	Redução da emissão de CO ₂ , redução de poluentes atmosféricos e redução de ruído	-
Foltyński (2014)	Carrinho ^[4] / Bicicleta / Triciclo, Comercial	Elétrica	-	Congestionamento de tráfego	-	-

¹ Veículo de duas rodas presas a um quadro, movido por tração humana através de pedais. Também pode ser eletro-assistida progressiva que, através de sensores, sustenta o esforço do ciclista somente quando este esteja pedalando ou totalmente elétricas.

² Veículo de três rodas que por ser motorizado (com duas rodas na frente ou duas atrás, com ou sem cabine) ou por tração humana (como bicicleta de três rodas).

³ Veículo leve comercial: veículo automotor não derivado de veículo leve de passageiros com massa total máxima autorizada até 3500 kg e massa do veículo em ordem de marcha até 2720 kg, projetado para o transporte de carga ou misto ou seus derivados (CONAMA).

Autor	Tipo de veículo ou equipamento utilizado	Tipo de energia	Barreiras	Benefícios/Oportunidades		
				Econômicos	Ambientais	Sociais
	leve e Motocicleta ⁶					
Taniguchia <i>et al.</i> (2014)	Comercial leve	Diesel	Centro de consolidação de carga	-	Redução da emissão de CO ₂ , redução de poluentes atmosféricos e redução de ruído	-
Oliveira <i>et al.</i> (2014) **	Bicicleta / Triciclo	Humana	-	Tempo de entrega	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Montwi (2014)	Comercial leve	Elétrica	-	-	-	-
Diziaina <i>et al.</i> (2014)	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	Centro de consolidação de carga; Infraestrutura viária e para recarga	-	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Thompson e Hassall (2014)	Comercial leve	Diesel	-	-	-	-
Alessandrini <i>et al.</i> (2015)	Comercial leve (Autônomo)	Elétrica	Infraestrutura para recarga e de telecomunicação	-	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Navarro <i>et al.</i> (2015) **	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	Centro de consolidação de carga; Infraestrutura viária e de recarga (elétrico); Capacidade do veículo (peso e dimensões)	-	Redução da emissão de CO ₂ , redução de poluentes atmosféricos e redução de ruído	-
Schliwa <i>et al.</i> (2015)	Bicicleta / Triciclo	Humana	Barreira cultural; Centro de consolidação de carga; Capacidade do veículo (peso e dimensões)	Consumo de energia; tempo de entrega	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	Geração de empregos
Rizet <i>et al.</i> (2015) **	Comercial leve	Elétrica	Infraestrutura para recarga (elétrico)	Congestionamento de tráfego	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes	-

⁴ Carrinho de mão pequeno usado para transportar pesos que pode ser movido a energia humana ou elétrica.

⁵ Veículo de duas rodas com motor de combustão interna e tração traseira. Também pode possuir um motor elétrico.

Autor	Tipo de veículo ou equipamento utilizado	Tipo de energia	Barreiras	Benefícios/Oportunidades		
				Econômicos	Ambientais	Sociais
					atmosféricos	
Faccio e Gamberi (2015)	Comercial leve	Elétrica	-	Custo operacional	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	Melhor qualidade de vida
Lebeau <i>et al.</i> (2015)	Comercial leve	Elétrica	Custo de aquisição do veículo	-	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Andaloro <i>et al.</i> (2015)	Comercial leve	Elétrica	Custo de aquisição do veículo; Capacidade (peso e dimensões)	-	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Dampier e Marinov (2015)	Bicicleta / Triciclo	Humana	Centro de consolidação de carga	Tempo de entrega; Congestionamento de tráfego	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Schau <i>et al.</i> (2015)	Comercial leve	Elétrica	Centro de consolidação de carga; Infraestrutura viária e para recarga; Capacidade (peso e dimensões); Tempo de recarga dos veículos	-	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Margaritis <i>et al.</i> (2016)	Comercial leve	Elétrica	-	-	-	-
Gruber e Kihm (2016)	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	-	-	-	-
Heitz e Beziat (2016)	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	Centro de consolidação de carga;	Custo operacional	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes atmosféricos	-
Anderluh <i>et al.</i> (2016)	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	-	Congestionamento de tráfego	Redução da emissão de CO ₂ , redução de poluentes atmosféricos e redução de ruído	-
Schier (2016)	Bicicleta / Triciclo	Elétrica	-	-	Redução da emissão de CO ₂ e redução de poluentes	Melhor qualidade de

Autor	Tipo de veículo ou equipamento utilizado	Tipo de energia	Barreiras	Benefícios/Oportunidades		
				Econômicos	Ambientais atmosféricos	Sociais vida

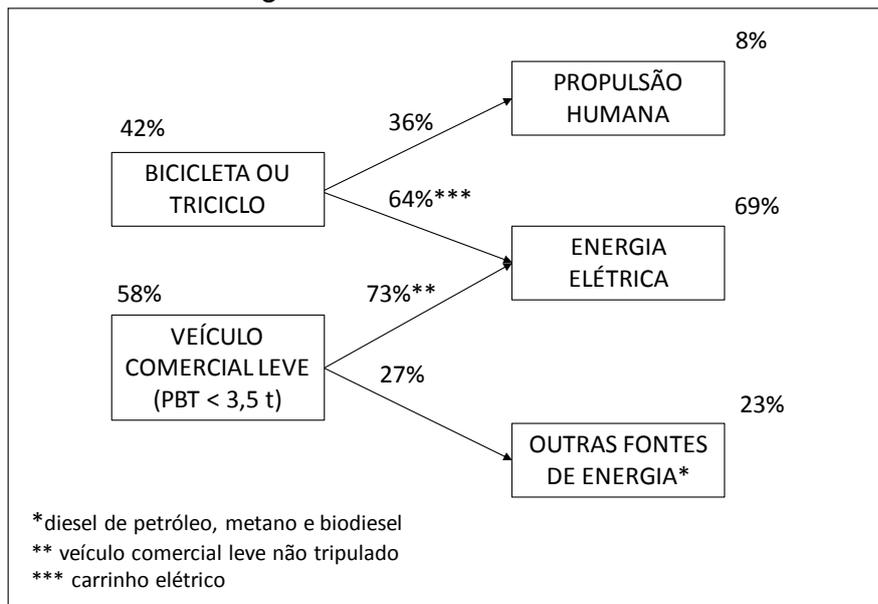
Nota: (""): Artigos que nortearam a escolha das palavras utilizadas para identificação dos estudos desta RBS.

Fonte: Elaboração própria

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS

A Figura 6 apresenta a distribuição dos artigos com relação ao tipo de veículo e a fonte de energia convertida pelo motor.

Figura 6: Distribuição dos artigos inclusos quanto ao tipo de veículo e a energia utilizada



Fonte: Elaboração própria

Dos trabalhos inclusos na RBS, 42% apontaram a utilização de bicicleta/triciclo como melhor alternativa para entregas urbanas de última milha. Destes, no que diz respeito à energia utilizada, 64% apontaram a energia elétrica e 36% a propulsão humana. Na outra vertente, os veículos do tipo comerciais leves, que se tratam dos veículos com peso bruto total (PBT) inferior a 3,5 toneladas, foram considerados em 58% dos estudos, dentre os quais, no que diz respeito à fonte de energia utilizada, 73% apontou a energia elétrica e 33% apontou outras fontes de energia (diesel de petróleo, metano e biodiesel).

Ressalta-se que um dos estudos considerou a utilização de um veículo do tipo comercial leve, não tripulado, ou seja, veículo autônomo, movido à energia elétrica. Outro estudo apontou a utilização de pequenos carros, bicicleta, triciclo e motocicleta em conjunto aos veículos do tipo comercial leve (todos elétricos), como alternativa para entrega de última milha.

Segundo Schoemaker *et al.* (2006), o número de veículos do tipo comercial leve, na Europa, aumentou 15%, entre 1990 e 2003, enquanto o número de veículos com PBT superior a 3,5 toneladas apresentou um aumento de 6.6%, neste mesmo período. Isto reflete a tendência, desde então, do aumento de veículos do tipo comercial leve (em especial vans) no transporte urbano de cargas. Adicionalmente, de acordo com Dablanc (2009) o TUC é ineficiente na maioria das cidades, incluindo aquelas de países desenvolvidos, com baixas taxas de ocupação. Por exemplo, pode-se citar a cidade Londres, onde as taxas de ocupação desses tipos de veículos variavam entre 40 e 60% em 2006 (Schoemaker *et al.*, 2006).

Tal prática também vem sendo aplicada em países em desenvolvimento, como por exemplo o Brasil, onde verificou-se a utilização de triciclos por empresas como Coca-Cola (Fernandes, 2015) e Correios (Oliveira, 2015b), que buscam contornar os efeitos dos congestionamentos do tráfego, das restrições de circulação impostas pelas autoridades nas cidades, empregando práticas sustentáveis do ponto de vista socioambiental que garantam a manutenção ou a melhora do nível de serviço oferecido.

Dessa forma, tais fatos podem justificar a tendência de utilização de veículos ainda menores, tais como triciclos e bicicletas, conforme verificado nesta RBS. Infere-se, portanto que há uma tendência apontada pela literatura especializada na redução do tamanho dos veículos utilizados para entregas urbanas de última milha, com a adoção de bicicletas, triciclos e veículos do tipo comercial leve (Tabela 2).

Entretanto, esta tendência de redução das dimensões dos veículos utilizados na última milha para TUC tem como desafio a sua coordenação com o transporte de cargas para longas distâncias, cuja tendência, visando uma maior sustentabilidade e eficiência, é contrária ao movimento, e conduz a aumentos de escala com a consolidação da carga em veículos maiores e mais pesados (Alice e Ertrac, 2015). Neste contexto, torna-se fundamental o papel de centros para desconsolidação das cargas ao redor das áreas urbanas.

Em referência ao tipo de energia utilizada pelos veículos, considerando todos 26 artigos inclusos na RBS, verificou-se que 69% abordam veículos movidos a energia elétrica, o que demonstra seu potencial de aplicação na atividade do TUC,

sobretudo na distribuição da última milha. Os outros tipos de energia empregados nas aplicações analisadas foram: metano, biodiesel, diesel de petróleo (23%) e propulsão humana (8%).

Verificou-se a existência de uma barreira cultural relacionada à aceitabilidade dos clientes em firmar contratos com empresas que operam com bicicletas (Schliwa *et al.*, 2015). Outra barreira citada refere-se à infraestrutura das cidades quanto ao abastecimento dos veículos elétricos e quanto à necessidade de existência de centros de consolidação de carga, a fim de facilitar a distribuição por meio de veículos elétricos e de menor porte.

Quanto aos benefícios econômicos, os estudos apontaram a redução do consumo de energia, redução no tempo de entrega e redução dos congestionamentos. Os benefícios ambientais concentraram-se na redução da emissão de CO₂, poluentes atmosféricos e poluição sonora. Quanto aos benefícios sociais, pode-se destacar a geração de empregos e melhoria na qualidade de vida das pessoas. É oportuno ressaltar que o estudo de Sarma *et al.* (2014) apontou os problemas de saúde que podem ser acarretados em função da utilização da bicicleta (propulsão humana) e o excesso de peso da carga (195 kg).

No que tange à abrangência de sua aplicação, foi possível levantar informações quanto à velocidade desenvolvida pelos diferentes tipos de veículos considerados nos estudos e quanto as características relacionadas à restrição de peso e a cidade onde de os estudos foram aplicados. Verificou-se que a velocidade média das bicicletas/triciclos variou de 2 a 6 km/h (Sarma *et al.*, 2014), enquanto o veículo comercial leve chegou a 25 km/h (Gruber *et al.*, 2014). Com relação às restrições de peso, Gruber *et al.* (2014) apontam 100 kg para carregamentos em bicicletas elétricas na Alemanha. Já o estudo realizado por Schiliwa *et al.* (2015) aponta que há uma limitação de peso de até 60 kg para carregamentos em bicicletas eletro-assistidas na Inglaterra. No entanto, Schier *et al.* (2016), em sua pesquisa sobre a distribuição urbana da última milha, consideram que bicicletas e triciclos eletro-assistidos podem transportar entre 50 e 250 kg de carga. No caso analisado por Sarma *et al.* (2014), em Nova Déli, são transportados até 195 kg de carregamentos por bicicletas movidas à propulsão humana.

Dentre os artigos selecionados, 81% consideram um estudo de caso ou uma aplicação em uma, ou mais cidades, conforme apresentado na Tabela 3. Berlim, Paris e Tóquio são as cidades mais estudadas. Tóquio se justifica por ser uma megacidade com 13,5 milhões de habitantes, Berlim é a quinta cidade mais populosa da Europa com quatro milhões de habitantes e alta concentração de atividades econômicas (Demographia, 2016) e Paris por sua alta densidade demográfica (21 mil hab/km²) e sua alta concentração e diversidade de atividades econômicas (Heitz e Beziat, 2015). Nota-se que apenas um estudo considerou uma megacidade localizada em um país em desenvolvimento: Nova Déli (Índia) com 23 milhões de habitantes, distribuídos em sua região metropolitana. Apesar de haver um estudo desenvolvido no Brasil, sua análise foi desenvolvida em Belo Horizonte, que não é uma das duas megacidades brasileiras (São Paulo e Rio de Janeiro).

Verificou-se heterogeneidade com relação à população das cidades estudadas, variando de 87 mil a 13 milhões de habitantes. Contudo, observou-se que aproximadamente 70% das cidades apresentam densidades superiores a 1.000 hab/km². Esse resultado era esperado uma vez que a demanda por TUC se concentra em áreas densamente povoadas (Heitz e Beziat, 2015).

Tabela 3. Cidades com trabalhos com aplicação ou estudo de caso

País	Cidade	Número de citações nos artigos	População	Densidade
Alemanha	Berlim	3	4,1 milhões hab.	3848 hab./km ²
Alemanha	Erfurt	1	206 mil hab.	754 hab./km ²
França	Paris	3	2,2 milhões hab.	20.980 hab./km ²
Japão	Tóquio	2	13 milhões hab.	6.354 hab./km ²
Brasil	Belo Horizonte	1	2,5 milhões hab.	7.561 hab./km ²
Espanha	Barcelona	1	1,6 milhões hab.	15.895 hab./km ²
Espanha	Valência	1	792 mil hab.	5.844 hab./km ²
Índia	Nova Déli	1	250 mil hab.	5.720 hab./km ²
Inglaterra	Cambridge	1	123 mil hab.	307 hab./km ²
Inglaterra	Newcastle	1	259 mil hab.	719 hab./km ²
Itália	Pádua	1	210 mil hab.	2.267 hab./km ²
Itália	Luca	1	87 mil hab.	431 hab./km ²
Itália	Parma	1	178 mil hab.	601 hab./km ²
Holanda	Amsterdam	1	779 mil hab.	4.908 hab./km ²
Áustria	Viena	1	1,7 milhões hab.	4.069 hab./km ²
Austrália	Sidney	1	4,7 milhões hab.	391 hab./km ²

Por meio desta RBS, foi possível inferir que há uma tendência de mudança na forma da distribuição em última milha. Tradicionalmente, o abastecimento era realizado por caminhões semileves, leves e médios com auxílio de carrinhos manuais. Porém, devido às restrições de circulação de caminhões em áreas urbanas, devido à suas dimensões, passou-se a utilizar veículos de menor porte, coerente com o resultado deste estudo, onde 58% das referências encontradas consideram veículos comerciais leves (PBT < 3.5 ton.). No entanto, fatores como congestionamento de tráfego e características geográficas específicas das cidades (relevo, presença de centro histórico e adensamento populacional) geraram impedâncias que levaram a utilização gradual de veículos ainda menores, tais como triciclos, bicicletas e motocicletas, haja vista que 42% das referências identificadas neste estudo apontaram a utilização desses tipos de veículos.

Observa-se ainda o aumento do raio de entrega considerado para a distribuição de última milha, pois algumas empresas passaram a adotar a combinação de veículos comerciais leves e triciclos, bicicletas ou motocicletas, nesta fase da cadeia de distribuição. Acerca do raio de influência dos veículos identificados para atender a demanda de última milha, em áreas urbanas, verificou-se uma variação de 10 a 30 km (Tozzi *et al.*, 2013; Navarro *et al.*, 2015).

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 GEE, sobretudo na emissão de CO₂, principal responsável pelo aquecimento global (Fernandes, 2015b).

5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa teve como objetivo identificar, através de uma revisão sistemática bibliográfica, os principais tipos de veículos abordados na literatura que poderiam ser usados na última milha da distribuição urbana de carga para aumentar a sustentabilidade deste tipo de operação. Optou-se por usar uma RBS como estratégia de pesquisa neste artigo porque, ao sistematizar procedimentos e

métodos, melhora a acurácia e também permite a verificação. Como resultado, o artigo apresenta uma síntese e uma análise do estado da arte da literatura acadêmica no campo do transporte urbano de mercadorias, em relação ao tipo de veículos que podem ser usados na última milha dessas operações.

A literatura científica indica a redução de tamanho dos veículos utilizados 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 ao movimento dos caminhões e aspectos geográficos/históricos, fizeram com que a distribuição da última milha, tradicionalmente feitas por caminhões, fosse um desafio.

Por esta razão, os estudos sugerem entregas feitas por bicicletas/triciclos/motocicletas (42%) ou veículos comerciais leves (58%). No entanto, esta alternativa implica outras questões que exigem mais estudos, como as consequências para o nível serviço operacional, ao aumentar o número de viagens realizadas por veículos menores e como adaptar a rede viária para integrar esses tipos de veículos, notadamente bicicletas e triciclos. Outro ponto relevante a ser abordado em estudos futuros são os impactos da adoção de bicicletas e triciclos, especialmente no que se refere à saúde dos trabalhadores e aos problemas que podem ser causados pelo peso excessivo da carga (como mostra a literatura, alguns casos atingiram até 195 kg).

Além disso, os resultados da revisão sistemática da literatura também demonstram o uso potencial de veículos elétricos no transporte urbano de mercadorias, especialmente na distribuição da última milha, como uma alternativa com potenciais benefícios em termos de sustentabilidade e eficiência. Esta mudança na fonte de propulsão do veículo a partir de combustíveis fósseis para energia elétrica foi indicada em 69% dos estudos. Esses dados mostram preocupação não apenas para evitar os efeitos adversos de uma rede rodoviária congestionada, mas também para tomar medidas baseadas na sustentabilidade social e ambiental do transporte urbano de mercadorias. Portanto, é fundamental desenvolver novos estudos que analisem como o crescimento dos veículos elétricos podem ser

integrados na cadeia de suprimentos e como pode ser uma oportunidade de cooperação entre todas as partes interessadas.

Finalmente, pode-se concluir que existem inúmeras oportunidades de pesquisa neste campo do conhecimento, desde a previsão do advento das novas tecnologias, até a compreensão em que contextos podem ser aplicados, explicando as diferenças na aceitação social dessas tecnologias, bem como as restrições e motivações associadas à sua adoção.

Além disso, é importante reforçar que, de acordo com o escopo do trabalho, escolheu-se as palavras-chave para limitar a RBS apenas para estudos que se concentram especificamente no tipo de veículo adotado na última milha de entregas urbanas. Portanto, outras alternativas potenciais para aumentar a sustentabilidade da logística urbana, como o uso de *parcel lockers* ou *crowdsourcing*, não seriam identificadas em nosso artigo, uma vez que não são uma solução baseada em veículos, que é o objeto de estudo neste artigo. As soluções intermodais, como o uso do transporte ferroviário para o transporte urbano de mercadorias com a integração de outro modo rodoviário até a última milha da entrega também não seriam identificadas, pois concentrou-se apenas na "última perna" do transporte urbano de carga. Isso pode ser considerado uma limitação do nosso estudo, mas também uma oportunidade de pesquisa futura, uma vez que novas RBS podem ser desenvolvidas com foco nesses tópicos.

SUSTAINABLE ALTERNATIVES FOR VEHICLES USED IN THE LAST MILE OF URBAN CARGO TRANSPORTATION: A SYSTEMATIC BIBLIOGRAPHIC REVIEW

ABSTRACT

The objective of this research is to identify, through a systematic literature review, the main type of vehicles used for the last mile distribution of urban freight, as well as the main features of these vehicles, the barriers, opportunities and benefits related to their use. It has been observed a trend for the adoption of smaller and lighter vehicles for last mile deliveries in urban areas: 47% of the studies suggest, among

other alternatives, the use of bicycles and tricycles and 53% of the articles support the adoption of light commercial vehicles. Another trend observed in this type of distribution, which has been pointed out by 64% of the studies, is the migration from conventional (fossil fuels) to alternative sources of energy (electricity). These trends evidence a tendency in urban freight distribution to adopt more social and environmental sustainable measures. Nonetheless, there are still cultural barriers by clients in signing contracts with companies that operate with alternative vehicles.

Keywords: Last mile. Urban freight distribution. Vehicle. City logistics.

REFERÊNCIAS

- Alessandrini, A.; Campagna, A.; Site, P.D.; Filippi, F.; Persia, L. (2015). Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. *Transportation Research Procedia*, volume 5, p.145 – 160.
- Alice e Ertrac (2015). Urban Freight Research Roadmap. Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe- ALICE / ERTRAC Urban mobility WG (2015). Urban Freight research roadmap. Available at <http://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id36/ERTRAC_Alice_Urban_Freight.pdf> Accessed in September 27, 2016.
- Bereton, P., Kitchenham, B. A., Budgen, D. *et al* “Lessons from Applying the Systematic Literature Review Process within the Software Engineering Domain”, *The Journal of System and Software* v. 80, pp. 571-583, 2007. DOI: 10.1016/j.jss.2006.07.009.
- Bjorklund, M., Gustafsson, S. (2015) Toward sustainability with the coordinated freight distribution of municipal goods. *Journal of Cleaner Production* 98, 194-204.
- CONAMA. (1995) Resolução CONAMA nº 15 de 1995. Controle da Poluição do Ar - Proconve/Promot.
- Cook, D.J.; Mulrow, C.D.; Haynes, R.B. (1997) Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. *Annals of Internal Medicine*, v.126, n.5, pp.376-380.
- R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 1, p. - , jan./mar. 2018.

- Dablanc L. (2009). Freight transport for development toolkit: Urban Freight.
- Demographia. (2016). 12th Annual Demographia International Housing Affordability Survey. <<http://www.demographia.com/dhi.pdf> > Accessed in September 22, 2016.
- Diziain, D.; Taniguchi, E.; Dablanc, L. (2014). Urban Logistics by Rail and Waterways in France and Japan. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 151 (2014) 257 – 265.
- Fernandes, A.F.; D'Agosto, M.A.; Marujo, L.G. (2015 a). 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*, volume 7, p. 136 – 151.
- Fernandes, V.A.; D'Agosto, M.A.; Oliveira, C.M.; Assumpção, F.C.; Deveza, A.C.P (2015b). Eco-driving: uma ferramenta para aprimorar a sustentabilidade do transporte de resíduos urbanos. *Transportes*, volume 23, p. 1-8.
- Foltyński, M. (2014). Electric fleets in urban logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, volume 151, p. 48 – 59.
- Gruber, J.; Kihm, A. (2016). Reject or embrace? Messengers and electric cargo bikes. *Transportation Research Procedia*, volume 12, p. 900 – 910.
- Gruber, J.; Kihm, A; Lenz, B. (2014). A new vehicle for urban freight? An ex-ante evaluation of electric cargo bikes in courier services. *Research in Transportation Business & Management*, volume 11, p. 53–62.
- Heitz, A; Beziat, A. (2016). The parcel industry in the spatial organization of logistics activities in the Paris Region: inherited spatial patterns and innovations in urban logistics systems. *Transportation Research Procedia*, volume 12, p. 812 – 824.
- Margaritis, D.; Anagnostopoulou, A.; Tromaras, A.; Boile, M. (2016). Electric commercial vehicles: Practical perspectives and future research directions. *Research in Transportation Business & Management*.
- Mckinnon, A., Cullinane, S., Browne, M. *et al*, Green logistics: improving the environmental sustainability of logistics. V.1 Londres, Philadelphia, Nova Delhi, Kogan Page, 2010.
- Montwi, A. (2014). The role of seaports as logistics centers in the modelling of the sustainable system for distribution of goods in urban areas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, volume 151, p. 257 – 265.

- Navarro, C.; Roca-Riu, M.; Furió, S.a, Estrada, M. (2015). Designing new models for energy efficiency in urban freight transport for smart cities and its application to the Spanish case. *Transportation Research Procedia*, volume 12, p. 314 – 324.
- Ngai, E. W. T.; Wat, F. K. T. (2002) A literature review and classification of electronic commerce research. *Information & Management*. Volume 39, p. 415- 429.
- Nielson, L. (2011). Classifications of Countries Based on Their Level of Development: How it is Done and How it Could be Done. International Monetary Fund. Available at: <http://www.relooney.fatcow.com/0_NS4053_1504.pdf>. Accessed in November 28, 2013.
- Nord, J. H.; Nord, G. D. (1995) MIS Research: Journal status assessment and analysis. *Information & Management*. Volume 29, p. 29-42.
- Oliveira L.K.; Pinto e Oliveira, B.R.; Correia, V.A. (2014). Simulation of an Urban Logistic Space for the Distribution of Goods in Belo Horizonte, Brazil. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, volume 125, p. 496 – 505.
- Oliveira, C.M.; D’Agosto, M. A.; Mello, A.L.D.; Gonçalves, F.S.; Gonçalves, D.N.S.; Assumpção, F. C. (2015 a). Identificando os desafios e as boas práticas para o transporte urbano de cargas, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática.
- Oliveira, C.M.; D’Agosto, M. A.; Preger, M.F.; Gonçalves, D.N.S.; Gonçalves, F.S.; Assumpção, F. C.; Marujo, L.G. (2015 b). Evaluation of best practices introduction for the managerial improvement in the urban freight transport.
- Rizet, C.; Cruzb, C.; Vromantc, M. (2015). The Constraints of Vehicle Range and Congestion for the Use of Electric Vehicles for Urban Freight in France. *Transportation Research Procedia*, volume 12, p. 500 – 507.
- Roumboutsos, A, Kapros S., Vanelslander, T. (2014). Green city logistics: Systems of Innovation to assess the potential of E-vehicles. *Research in Transportation Business & Management* 11, 43–52.
- Rowley, J.; Slack, F. (2004). Conducting a literature review. *Management Research News*. Volume 27, nº 6, p. 31-39, SarmaSadhu, S.L.N.; Tiwari, G.; Jain, H. (2014). Impact of cycle rickshaw trolley (CRT) as non-motorised freight transport in Delhi. *Transport Policy*, volume 35, p.64–70.

Schliwa, G; Armitage, R. Aziz, S., Evans, J. Rhoades, J. (2015). Sustainable city logistics — Making cargo cycles viable for urban freight transport. *Research in Transportation Business & Management*, volume 15, p. 50–57.

Schoemaker, J., Allen, J., Huschebeck M. e Monigl, J. (2006). Quantification of Urban Freight Transport Effects I. *Best Urban Freight Solutions II*.

SteadieSeifi, N.P. Dellaert, W. Nuijten, T. Van Woensel, R. Raoufi. (2014).

Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research* 233, 1–15.

Taniguchi, E.; Imanishi, Y.; Barber, R.; Jamesd, J.; Debauchee, W. (2014). Public Sector Governance to Implement Freight Vehicle Transport Management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, volume 125, p. 345 – 357.

Thomé, A.M., Scavarda, L. F., Scavarda, A.J. (2016): Conducting systematic literature review in operations management, *Production Planning & Control*, DOI: 10.1080/09537287.2015.1129464

Tozzi, M.; Corazza, M.V.; Musso, A. (2013). Recurring patterns of commercial vehicles movements in urban areas: the Parma case study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, volume 87, p. 306 – 320.

Tranfield, D., Denyer, D. & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14, 207-222.

Visser, J; Nemoto, J.; Browne, M. (2014). Home Delivery and the Impacts on Urban Freight Transport: A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, volume 125, p. 15 – 27.

Vom Brocke, J., A. Simons, B. Niehaves, K. Riemer, R. Plattfaut, and A. Cleven. (2009). “Reconstructing the Giant: On the Importance of Rigour in Documenting the Literature Search Process.” 17th European Conference on Information Systems, Verona, June 8–10.