

Utilização de veículos elétricos no transporte de carga e os desafios para implementação no Brasil

Affonso Celso Aldeia Caiazzo da Silva ^I
Nélio Domingues Pizzolato ^{II}

Resumo: Esta pesquisa discute as principais políticas públicas internacionais bem sucedidas voltadas para a expansão da frota de veículos elétricos para o transporte rodoviário de carga, e como tais políticas poderiam ser adaptadas ao mercado brasileiro. Análises sobre as principais políticas públicas em mercados estrangeiros que resultaram em incentivos fiscais, expansão da infraestrutura existente e fomento de novos negócios na transição da frota de veículos convencionais para veículos elétricos, além de estudo sobre as possíveis adaptações que a legislação brasileira permite para que essas políticas possam ser adaptadas ao mercado nacional são os principais desafios para o setor. Entretanto, embora a eletrificação surja como a principal alternativa para melhorar a eficiência energética, muitos países ainda não implementaram políticas públicas para dinamizar a transição de suas frotas. Os resultados da pesquisa podem contribuir com futuros estudos sobre adequação de políticas públicas bem sucedidas e possíveis adaptações ao modelo de negócio brasileiro.

^I PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

^{II} PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Palavras-chave: Veículos elétricos, Transporte de carga, Políticas públicas, Mobilidade sustentável, Eficiência energética.

São Paulo. Vol. 25, 2022

Artigo Original

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210128r1vu2022L3AO>

Introdução

Vaz et al. (2015) informam que, no que se refere ao transporte rodoviário de cargas, com a urbanização cada vez mais crescente, seus respectivos valores de demanda tendem naturalmente a sofrer uma conseqüente expansão, acarretando em preocupações referentes às fontes de energia utilizadas pelos veículos que, por sua vez, ao longo dos anos, contribuíram para a poluição do meio ambiente e para o agravamento do efeito estufa.

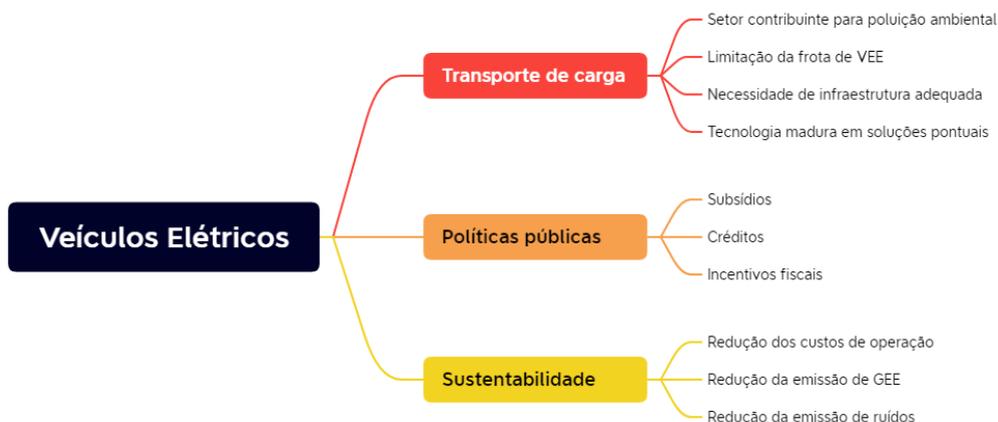
Talebian et al. (2018) afirmam que a eletrificação vem surgindo como a principal alternativa para melhorar a eficiência energética e reduzir a emissão de poluentes atmosféricos e de GEE (Gases de Efeito Estufa), além da poluição sonora. Dentro do referido cenário, Talebian et al. (2018) ressaltam ainda que o estudo da eletrificação do frete urbano ficou, por sua vez, em segundo plano em uma análise comparativa com os veículos elétricos destinados ao transporte de passageiros e, principalmente em comparação com os veículos particulares que, por sua vez, já apresentam impacto relativamente significativo no planejamento urbano de transportes e formulação de políticas públicas.

Nesse contexto, os veículos elétricos surgem como alternativa para um frete urbano sustentável, especialmente para transportes de mercadoria nas cidades, mas apesar de seus inúmeros benefícios, ainda enfrentam diversas barreiras que impedem sua respectiva expansão como, por exemplo, barreiras econômicas, tecnológicas, sociais, culturais e de infraestrutura. Vaz et al. (2015) afirmam que, atualmente, a média percentual nos mercados onde a transição da frota de veículos movidos a combustão para veículos elétricos vem ocorrendo com sucesso, é de cerca de 35% na utilização de caminhões elétricos para transporte rodoviário de carga, especialmente em países como Suécia, Noruega, Alemanha, Suíça, França e Holanda.

Assim sendo, o referido tema possui bastante relevância na área de sustentabilidade do setor de transportes, representando oportunidades reais de implementação com sucesso no modelo de mercado brasileiro, através da importação de exemplos de mercados internacionais bem sucedidos no âmbito das políticas públicas que foram fundamentais para que a transição da frota de veículos movidos a combustão para veículos elétricos pudesse ter início nesses mercados, sendo essa a grande motivação desse estudo e que, conseqüentemente, por questões de sustentabilidade e preservação ambiental, também demonstra a grande relevância desse tema na atualidade.

A Figura 1 ilustra as principais variáveis da problemática envolvida no âmbito do cenário em questão, evidenciando as respectivas ligações entre elas e, além disso, como alguns fatores secundários são capazes de estarem conectados com as principais variáveis do problema.

Figura 1 - Mapa conceitual



Fonte: O autor, 2021.

O aumento ou a redução da aquisição de novos veículos elétricos para o transporte de carga no Brasil é a variável central da problemática e, por extensão, trata-se de uma variável de natureza independente, não sendo influenciada de forma direta por eventuais alterações nas diretrizes de compras de novos veículos para transporte de carga por parte das empresas que tenham interesse em fazer a transição de sua frota convencional de veículos e, além disso, por novas políticas públicas de incentivo do governo brasileiro que não caminham paralelamente com a expansão da venda de novos veículos elétricos.

No caso brasileiro, há fatores de distintas origens que representam obstáculos para que essa transição de frota de veículos convencionais para veículos elétricos seja mais eficaz. Dentre eles, os fatores econômicos, relacionados com os custos iniciais de investimento e de propriedade dos veículos para as empresas relacionadas. Há também os fatores sociais, relacionados com as doenças ocupacionais, como no caso dos trabalhadores das empresas de coleta de lixo e também riscos de acidentes devido à natureza silenciosa dos veículos elétricos que, em alguns casos, pode impedir até mesmo os pedestres de ouvirem sua aproximação.

Além disso, há também os fatores ambientais que estão diretamente ligados à produção e linha de montagem dos veículos elétricos que ainda é responsável no Brasil por grande emissão de gases GEE, especialmente na confecção das baterias que, além disso, ainda contam com um mercado ineficiente de reciclagem no país, fazendo com que, muitas vezes, seja necessária uma nova linhagem de produção quando ainda seria possível reaproveitar alguns veículos e seus componentes.

Entretanto, a variável representada pelo transporte de cargas é uma variável de natureza dependente, uma vez que o aumento da frota de veículos elétricos para o transporte de carga afeta substancialmente a qualidade da frota de veículos utilizados no transporte e, além disso, contribui para aprimorar a sustentabilidade (variável dependente) com serviços centrados na preservação do meio ambiente e altamente benéficos para a

sociedade brasileira do ponto de vista econômico, social e ambiental.

No âmbito do contexto referente ao transporte de carga e às políticas públicas que, por sua vez, representam uma variável interveniente nesta problemática, tem-se que este setor é responsável por grande poluição no Brasil, segundo informam Vaz et al(2015), ficando atrás apenas do setor industrial no quesito de emissão de gases poluentes para a atmosfera. Desta forma, entende-se que a transição do tipo de frota atual é importante e necessária para um futuro mais sustentável. Porém, essa frota é bastante limitada especialmente no quesito de caminhões e vans, enquanto os veículos elétricos de uso particular já se encontram em um estágio mais maduro em termos de tecnologia.

Sendo assim, há a necessidade de desenvolvimento da indústria de recarga e de infraestrutura, que está diretamente relacionada com os incentivos fiscais e investimentos por parte de políticas públicas para que as empresas tenham mais interesse em investir na transição de suas respectivas frotas de veículos de transporte de carga. Além disso, essa tecnologia está em estágios de maturação bem distintos em vários setores e, em alguns casos, representa soluções pontuais para os consumidores. Logo, é necessário que as empresas vislumbrem uma infraestrutura por parte do poder público que seja capaz de motivá-las a fazerem um investimento mais grandioso nestes veículos, mas com as condições necessárias para que possam aperfeiçoar suas atividades e torná-las mais sustentáveis no dia a dia.

Objetivo geral e objetivos específicos

O objetivo geral do presente trabalho é entender o potencial dos veículos elétricos e, com isso, estabelecer condições que viabilizem o seu uso no transporte rodoviário de carga no mercado brasileiro.

Para atingir tal objetivo é necessária uma abordagem sistêmica que, por sua vez, é distinta de outros estudos já realizados nessa área e, por isso, trata-se de uma inovação no âmbito da eletrificação da frota no transporte de carga, pois estudos anteriormente realizados foram direcionados para temas específicos e componentes dos veículos elétricos, não necessariamente tendo como objetivos principais evidenciar propostas que pudessem contribuir para a gradual transição de frota no Brasil. Tal abordagem, que é particular do presente estudo, envolve diversos fatores do sistema dos veículos elétricos, como fontes de energia, tipos dos VEs (Veículos Elétricos), baterias, porte dos veículos, operações do transporte de cargas, formas de recarga, entre outros. Por extensão, é fundamental estudar diretrizes bem sucedidas em outros mercados internacionais como, por exemplo, incentivos financeiros já testados em alguns países na forma de subsídios, créditos, incentivos fiscais e isenções de taxas e impostos; e na área da infraestrutura, com projetos de recarga e áreas destinadas a testes.

Além disso, como objetivos específicos, este estudo visa propor soluções para que os principais desafios existentes para a que a transição gradual da frota de veículos convencionais para uma nova frota de veículos elétricos ocorra como, por exemplo, o desconhecimento dos usuários, os altos custos de aquisição, a baixa autonomia dos veículos

elétricos, o alto tempo de recarga, a auto descarga ou resistência interna da bateria em temperaturas extremas e os baixos níveis de mercado de segunda mão para as baterias.

Metodologia de pesquisa

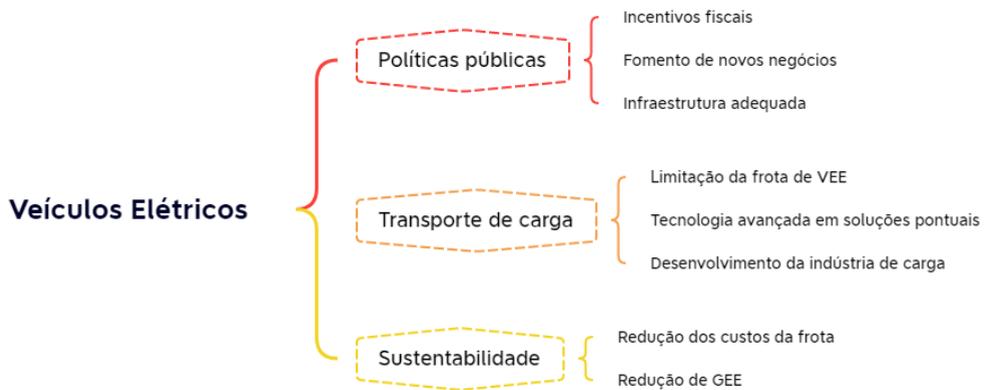
Com o objetivo de responder à questão central desta pesquisa, serão executados os seguintes procedimentos que configuram a metodologia desta pesquisa: Serão pesquisados artigos, teses e dissertações que apresentam ligações com o tema proposto, que serão selecionados inicialmente a partir do título e resumo de cada um deles. Após essa seleção, será realizada a leitura destes e serão escolhidos aqueles trabalhos que apresentem uma maior gama de informações a respeito do assunto proposto, em uma análise qualitativa.

Os artigos foram pesquisados juntos às bases de dados *Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*, os quais são avaliados criteriosamente, garantindo a qualidade daqueles selecionados como base para o desenvolvimento deste trabalho. A princípio, foram escolhidas quatro palavras-chave: veículos elétricos, transporte de carga, políticas públicas e mobilidade sustentável. Como a palavra-chave veículos elétricos é a que mais apresentou resultados quando colocado o operador booleano “or” com todas as palavras-chave juntas e é a mais importante no contexto de desenvolvimento deste trabalho, foram usadas combinações suas com o operador booleano “and” com todas as demais. Foram buscados trabalhos no período de 2010 a 2020, devido a apresentarem o que há de mais recente sobre o tema proposto, sem delimitação espacial.

Além disso, também será realizada a pesquisa documental sobre políticas públicas originais bem sucedidas em outros mercados internacionais, a fim de explicitar com riqueza de detalhes as relações destas em termos de incentivos fiscais, medidas de infraestrutura e fomento de novos negócios com a expansão da frota de veículos elétricos para transporte rodoviário de carga.

A Figura 2 ilustra as principais variáveis da problemática envolvida no âmbito do cenário em questão, evidenciando o roteiro do plano de pesquisa que será desenvolvido a fim de responder à questão central desta problemática.

Figura 2 – Plano de pesquisa



Fonte: O autor, 2021.

Veículos elétricos e políticas públicas no cenário mundial

Lebkowski (2017) informa que o surgimento dos veículos elétricos ocorreu em 1832, quando o empresário escocês Robert Anderson inventou o primeiro carro elétrico. Porém, os veículos elétricos só vieram a experimentar um desenvolvimento contínuo no final do século XIX, devido à criação das baterias de chumbo e ácido. Essa bateria alimentou os carros elétricos surgidos na década de 1880 nos EUA, Reino Unido e França. Ainda nessa época, foram realizados estudos quanto à tecnologia da frenagem regenerativa que, por sua vez, transforma energia cinética do automóvel em movimento em energia elétrica que é restaurada na bateria para uso futuro e, além disso, também foram realizados estudos relativos ao sistema híbrido, composto por eletricidade e gasolina.

Porchera et al. (2016) afirmam que no início do século XX, foi produzido um modelo híbrido parecido com os atuais: o motor de combustão interna era utilizado para fornecer tração e carregar a bateria, o motor elétrico fornecia potência extra ao motor a combustão e a parte elétrica funcionava sozinha em trânsito lento. Estes modelos foram criados para compensar a baixa eficiência das baterias utilizadas nos veículos puramente elétricos e a precária estrutura de distribuição de energia elétrica da época. Vaz et al. (2015) afirmam que as áreas rurais não tinham acesso à eletricidade e as áreas urbanas, por sua vez, tinham sérias limitações. Nas vias públicas havia pouca iluminação e nas residências, por sua vez, apenas os mais ricos tinham acesso. Nesse momento, início do século XX, havia mais veículos elétricos do que a combustão interna circulando nas ruas.

Vaz et al. (2015) informam que o domínio dos veículos a combustão interna só foi ameaçado na crise do petróleo dos anos 1970. O embargo dos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) resultou na escassez do fornecimento de petróleo e aumento considerável do preço do barril, o que impactou diretamente a gasolina e gerou uma crise de relevância mundial. Antes, menos dispendiosos e abundantes, a crise levou diversos países a repensarem suas políticas em relação aos combustíveis fósseis. Havia

claramente a necessidade de maior independência do fornecimento desses insumos e do desenvolvimento de tecnologias alternativas de propulsão, dentre essas, a elétrica.

Vaz et al. (2015) afirmam que a introdução de veículos elétricos para o transporte de carga é uma questão de sustentabilidade que será capaz de trazer inúmeros benefícios para a economia do Brasil. Porém, os obstáculos para que essa transição seja feita com relação aos veículos tradicionais estão representados por fatores de natureza econômica, política e ambiental. Kampker et al. (2018) informam que os veículos leves até os médios têm sido o foco principal de projetos de pesquisa e desenvolvimento por dois motivos: a pressão regulatória global para reduzir o tráfego pesado e as emissões em áreas urbanas e, além disso, porque os veículos com estes tamanhos se assemelham com os veículos particulares e de passageiros no setor dos veículos elétricos que estão, por sua vez, muito mais amadurecidos tecnologicamente.

Infelizmente, no caso brasileiro, as políticas públicas de incentivo não caminham lado a lado com o desejo de expansão da frota de veículos elétricos por parte das empresas. Por isso, tal transição é cada vez mais lenta, uma vez que as empresas não encontram no governo o respaldo necessário para investir na modernização da frota e, desta forma, colaborarem com o aumento da sustentabilidade na realização de suas tarefas diárias. Assim, isenções de taxas de impostos, créditos e incentivos fiscais e a elaboração de uma infraestrutura organizada para que as empresas efetuem o investimento na modernização de sua frota deveriam ser cada vez mais importantes para o governo brasileiro.

Entretanto, uma série de embargos contribuem para que estes veículos ainda sejam pouco aproveitados no Brasil. Vaz et al. (2015) afirmam que, além dos incentivos nas áreas financeiras e de infraestrutura, outras práticas, como gratuidade em estacionamentos públicos, uso de faixas exclusivas, restrições ao acesso de veículos a combustão interna em determinados períodos em certas localidades, nas chamadas Zonas de Baixa Emissão (LEZ), incluindo políticas de taxaço de congestionamento para reduzir a presença desses veículos, sobretudo os pesados, serão capazes de reduzirem os congestionamentos e cumprirem a pressão regulatória global de redução de veículos pesados no transporte rodoviário de cargas.

Chaud et al. (2012) informam que em Londres, a taxaço de congestionamento é gerida por uma empresa privada sob fiscalização do governo e as receitas obtidas são investidas em melhorias do sistema de transporte. A prática já levou à diminuição do volume de tráfego e, conseqüentemente, à redução dos congestionamentos e dos tempos de viagem. Os mesmos autores também indicam que em São Paulo, caminhões médios e grandes não podem circular em algumas das principais vias de 5 às 21 horas nos dias úteis e de 10 às 14 horas aos sábados, exceto feriados, com os objetivos de reduzirem as emissões, os congestionamentos e os acidentes, principalmente no horário de pico, na chamada Zona de Máxima Restrição de Circulação.

Como a predominância rodoviária no setor do transporte de cargas não se modificará de forma rápida e boa parte dos países está em contexto similar ao contexto americano, uma forma de atenuar a poluição causada é a introdução de veículos elétricos no ramo e, apesar das inúmeras vantagens que essa introdução apresenta, ela também possui bar-

reiras ao seu respectivo desenvolvimento, sendo as principais representadas pela falta de informações da população e das empresas sobre este tipo de força motriz e seus benefícios ambientais, o que gera a desconfiança de muitos e faz com que seu potencial não seja explorado ao máximo, pelos altos custos de aquisição, impulsionados principalmente pelos custos de pesquisa, desenvolvimento e confecção das baterias, por sua baixa autonomia, o que pode exigir recargas frequentes, inclusive entre clientes de uma mesma distribuição ou coleta, já que reduzir o número de entregas não é uma opção lucrativa e, finalmente, pela necessidade de aumento da capacidade da bateria que, por sua vez, também apresenta um peso excessivo, podendo chegar a 450 kg.

Wang e Thoben (2017) concluíram que o objetivo dos pesquisadores é desenvolver uma bateria leve, pequena e de alta capacidade, aumentando assim, a proporção do alcance sobre o tamanho da bateria e reduzindo o peso e dimensões dos veículos elétricos, mas os custos totais ainda limitam o desenvolvimento e emprego destas inovações. Outro entrave é que a indústria e a infraestrutura de recarga necessária aos veículos elétricos ainda estão em estado bastante inicial, o que leva à descrença de muitos usuários em suas respectivas efetividades. É necessário solucionar estes entraves e, dessa forma, possibilitar a viabilização plena do uso dos veículos elétricos no transporte de carga.

O Brasil ocupa uma posição privilegiada mundialmente no setor energético pelo seu alto índice de produção e consumo de energias renováveis, porém o setor de transporte nacional apresenta baixa eficiência tendo em vista a predominância do modo rodoviário, responsável por 90% das emissões de gases poluentes e de CO₂ (PESSANHA et al., 2011). Esses autores citaram também que problemas que ainda impedem uma expansão do mercado de veículos elétricos no Brasil são os elevados preços e um mercado bem desenvolvido de combustíveis derivados da cana de açúcar.

As fontes renováveis seguem se inserindo a passos largos na geração de energia elétrica no Brasil, com a região Nordeste já possuindo 37,2% de sua energia elétrica proveniente de parques eólicos e a geração por fonte solar obteve nos anos de 2016 e 2017 um aumento de 300%, mesmo com a crise enfrentada pelo país (GOMES et al., 2018). A alta produção afasta o risco existente de desequilíbrio das redes elétricas por serem energias intermitentes e também pode ser bastante útil para as temperaturas extremas registradas no país, como o forte calor registrado nos estados do Nordeste e o intenso frio da região Sul, já que nessas condições haverá maior oferta de energia limpa para recarregar os veículos, que apresentarão uma demanda de energia extra devido às maiores perdas que ocorrerão durante a recarga, que levará um tempo maior para ser concluída. As variações regionais e estaduais das emissões de GEE no país provenientes da geração de eletricidade estão de acordo com o mix das fontes que deram origem à energia. O mix com variadas energias renováveis é ainda mais necessário para manter a taxa de emissões zero durante o período noturno, quando não é possível utilizar a energia solar, a não ser que haja um gerador com banco de baterias conectado ao sistema fotovoltaico para armazenar a energia e utilizá-la à noite (BLUESOL ENERGIA SOLAR, 2017). A Tabela 1 mostra os estados brasileiros que possuem maior capacidade de potência instalada das fontes eólica e solar de geração de energia.

Tabela 1 - Estados brasileiros com maior capacidade instalada das energias eólica e solar (2019)

Estado	Capacidade Instalada (MW)		Fonte Solar
	Fonte Eólica		
RN	4159,5	MG	426,5
BA	4074,4	RS	299,6
CE	2045,5	SP	268,0
RS	1831,9	PR	210,1
PI	1638,1	MT	143,5

Fonte: Adaptado de ABEEólica (2019) e Absolar (2020).

A região Nordeste é responsável por aproximadamente 86,4% dos 15,4 GW da capacidade de energia eólica no Brasil, sendo que dos seus nove estados, apenas Alagoas não possui parques eólicos. A região Sul vem em segundo lugar, com 95 parques instalados, estando a grande maioria localizada no Rio Grande do Sul, que possui 80 em seu território. O único parque não localizado nestas duas regiões encontra-se no Sudeste, mais precisamente no Estado do Rio de Janeiro (ABEEÓLICA, 2019).

Outro fator que ajuda o país é a sua produção de eletricidade majoritariamente por hidráulicas, com 61,1% do total (ABSOLAR, 2020). Essas tendências também são observadas em outros países da América Latina, o que evita a emissão de CO₂ em uma abordagem WTW (*Well-to-wheel*), na qual as emissões são computadas desde a produção da energia elétrica até o seu consumo final. Na região, o setor de transportes é responsável por 19% das emissões de CO₂.

Entretanto, vale ressaltar que atualmente o Brasil enfrenta uma crise no setor de energia elétrica, fenômeno este que tende a ser passageiro, mas que naturalmente pode inibir a curto prazo não somente as empresas interessadas em iniciar a transição de suas respectivas frotas de veículos convencionais para veículos elétricos, como também os governos municipais, estaduais e, principalmente, o governo federal no quesito referente à concessão de incentivos fiscais e investimentos para pesquisa, desenvolvimento e montagem da infraestrutura adequada para a operação da frota eletrificada, além da aplicação de políticas públicas benéficas às empresas do setor que iniciem suas operações com os novos veículos no transporte rodoviário de carga.

A utilização destas fontes de produção de energia é fundamental, pois além de serem limpas, suprirão a demanda e o consumo extras que serão verificados com a expansão dos veículos elétricos no mercado, o que levará a impactos técnicos, econômicos e operacionais no sistema elétrico e à necessidade de investimentos em projetos de modernização e ampliação das distribuidoras de energia elétrica para garantir a segurança energética dos países. Além disso, se a região conseguir simultaneamente explorar sua crescente matriz de energia renovável e seu sistema de distribuição de energia elétrica que, além de apresentar alta confiabilidade, possui custos menores comparados ao de combustíveis

líquidos, os veículos elétricos poderão, segundo estimativas do presente estudo, penetrar em cerca de duas décadas, em todos os segmentos da maioria dos países.

Aplicação de “VES” por tipo de serviço

Os diferentes tipos de serviço têm lógicas distintas no uso dos veículos elétricos quanto à capacidade de carga e infraestrutura de recarga. Como o presente manuscrito tem seu respectivo enfoque no transporte rodoviário de cargas, serão explicitados detalhes de entregas urbanas, entregas a domicílio e de alguns serviços auxiliares já adotados de forma discreta em algumas regiões do Brasil como, por exemplo, o serviço de coleta de lixo e de entrega de correspondências. Há ainda o serviço de transporte de cargas a longa distância em alguns mercados europeus como Suécia, Holanda e Dinamarca, mas no caso brasileiro, até pela própria geografia do país e por se tratar do início da transição de frota e da ausência de infraestrutura adequada para serviços de transporte a longas distâncias, o ideal seria que as mudanças tivessem início primeiramente em serviços de entregas urbanas com trajetos menores, entregas a domicílios e serviços auxiliares. Naturalmente, isso serviria para educar o povo brasileiro e ambientá-lo ao novo sistema.

As entregas urbanas consistem naquelas localizadas dentro dos limites de uma cidade, onde os veículos transportam as mercadorias dos centros urbanos de consolidação para lojas individuais ou dos centros de distribuição urbanos como, por exemplo, supermercados para lojas de conveniência urbanas, em caminhões semileves ou leves. Centros urbanos de consolidação são locais onde ocorre o transbordo de diferentes carregamentos na plataforma logística e após isto, são reunidos em um único carregamento a ser transportado por somente um caminhão, proporcionando maior ocupação do veículo, menores custos, consumo de energia e extração de matérias-primas, redução dos congestionamentos, das viagens, das distâncias percorridas, das emissões de poluentes atmosféricos, gases do efeito estufa e ruídos, podendo realizar entregas de diferentes fornecedores na mesma área, processo chamado consolidação da demanda. Os centros de distribuição urbana são vistos como uma solução para otimizar a sustentabilidade da logística das localidades onde estão, buscando as melhores soluções para o conjunto transportadoras, motoristas, fornecedores, autoridades e clientes; também atuam como suporte na coleta e distribuição de mercadorias na última milha da área urbana que servem e na cooperação entre operadores de logística de médias e grandes distâncias e capacidades de carga útil e os demais agentes do serviço.

As jornadas desse tipo de serviço são em sua maioria curtas, ocorrem principalmente nas principais vias urbanas e em suas operações por veículos elétricos, têm suas baterias recarregadas em pontos de recarga sem fio nos momentos de carregamento das mercadorias, de descarregamento, quando houver instalações de recarga no estabelecimento, ou nos intervalos entre os turnos, o que aumenta a praticidade e possibilita o uso de baterias de menor capacidade. A instalação de equipamentos de recarga na área de descarregamento das mercadorias pode ser uma forma de abatimento no preço pago pelos clientes para receber o produto, devido ao serviço de recarga fornecido à transportadora. Também

há a possibilidade dos veículos serem recarregados durante o percurso, o que aceleraria a operação, reduzindo o tempo de recarga no carregamento e descarregamento de mercadorias ou intervalos, aproveitando-se do fato de percorrerem rotas pré-determinadas onde há o sistema CoM (*Charge-on-the-move*).

Há veículos que se alimentam diretamente pela rede elétrica pelo sistema de catenária, fazendo com que o veículo se mantenha ligado a ela em movimento, com a ausência de estoque de energia em quantidade suficiente em acumuladores internos nos veículos como as baterias e podem ser denominados RPEV (*Road Powered Electric Vehicle*). Os exemplos mais conhecidos são dos trens e dos antigos bondes. No meio rodoviário, o exemplo mais conhecido são os caminhões *trolley* que foram introduzidos no transporte de carga em 2016, na Suécia (Plötz et al., 2019). Por capacidade de carga, consistem em caminhões médios, semipesados e pesados e suas primeiras aplicações foram para atividades de mineração e próximas a portos. É necessária uma altura mínima do veículo para que este sistema seja utilizado, o que os torna inadequados para carros e por isso, os custos operacionais e de infraestrutura teriam que ser suportados apenas pelo setor de frete. Outros desafios inerentes a estes veículos são que os fios de alta tensão acima da pista podem representar uma ameaça significativa à segurança, sendo que no caso de uma colisão entre um veículo e um poste de apoio na estrada, realizar seu reparo exigiria grande esforço, e por serem uma carga inflexível, seu impacto no sistema de energia é de grande relevância. A Figura 3 ilustra um exemplo caminhão *trolley*.

Figura 3 – Exemplo de caminhão *trolley*



Fonte: Plötz et al., 2019.

No que se refere às entregas a domicílio, estas consistem no transporte de mercadorias dos centros de distribuição locais e supermercados para os consumidores e são realizadas por veículos comerciais leves. Devido à maioria de suas viagens serem realizadas em curtas distâncias, com frequentes paradas e à possibilidade já existente da substituição de todos os veículos convencionais de capacidade até 3,5t por elétricos, é o serviço mais adequado para a utilização dos VEs, os quais os utilizados são aqueles com bateria com faixa elétrica disponível para o percurso solicitado.

O número de entregas a domicílio vem aumentando e, por consequência, o número de veículos comerciais leves nas cidades também está crescendo, o que coloca uma pressão crescente sobre a habitabilidade das cidades. Veículos compactos utilitários com mecanismo de acionamento ou auxílio elétrico e ciclomotores podem oferecer uma solução, pois ocupam menos espaço no trânsito e no momento de descarregamento das mercadorias; são mais simples de conduzir; podem manobrar com facilidade; os desempenhos de suas baterias, de menores capacidades, são melhor aproveitados; costumam ser projetados para fins específicos; e são uma alternativa à escassez de motoristas nas grandes cidades.

Outro exemplo no âmbito do cenário em questão são as bicicletas, que além da propulsão humana, que ajuda na recarga das baterias, vêm experimentando desenvolvimentos para a utilização no transporte de cargas, como maior leveza dos materiais de fabricação, criação de áreas para o carregamento e descarregamento das mercadorias e a implantação de motores elétricos que auxiliam o ciclista, principalmente, nas viagens em subidas, e reduzem sua fadiga pela condução mais confortável, sendo assim um sistema híbrido. Entretanto, em virtude do clima tropical do Brasil, as bicicletas acabam não sendo tão favorecidas como meios de transporte para desempenhar as referidas tarefas como em outros mercados, especialmente na Europa, mas poderiam perfeitamente ser testadas em território nacional em diversos serviços de entrega, preferencialmente dentro dos limites das cidades.

Tais veículos são denominados de veículos leves de carga elétrica (VLCE) e são uma subdivisão dos veículos comerciais leves e sua utilização vem se expandindo entre prestadores de serviços logísticos nas cidades europeias, principalmente nas áreas centrais. Seu crescimento está diretamente atrelado ao aumento do número de trabalhadores autônomos; à possibilidade de pessoas de baixa renda entrarem no mercado de trabalho; às novas e crescentes tendências de entregas de supermercados, restaurantes, mercearias, lanchonetes *fast food*, farmácias, livrarias, lojas de roupas, e outras, após pedidos realizados pelos clientes em aplicativos de celular; à entrega de materiais de construção e a serviços de coleta de lixo.

Os veículos de coleta de lixo são um caso diferente dos demais, pois além das jornadas, necessitam de energia também para os bin-levantadores, compactação do lixo, iluminação de segurança e outros sistemas. Possuem um ciclo de condução com muitas acelerações e desacelerações em curtos intervalos de tempo, beneficiados pela frenagem regenerativa. Um problema que enfrentam é que as estações de recarga podem ser afetadas por ambientes muitas vezes hostis das coletas de lixo e para isso, poder-se-ia utilizar a tecnologia CoS (*Charge-on-the-stop*) em locais-chave ao longo da rota, mantendo o

veículo parado por um determinado tempo durante os processos de levantamento e compactação. O processo de compactação é fundamental, pois aumenta a capacidade de lixo transportado devido à diminuição do volume, porém origina ruídos muito altos prejudiciais à audição dos trabalhadores da coleta de lixo e é o serviço de maior consumo de energia dos caminhões.

A atividade de entrega de correspondências, antes de ser propriamente realizada, passa pelas etapas de recebimento, classificação e postagem. Após sair do centro de distribuição, os carteiros realizam suas rotas planejadas de entrega caminhando, caso os destinos finais das correspondências sejam próximos ao CD, ou embarcam em um ônibus até o local de entrega, cada um com suas devidas bolsas de correspondências a serem entregues, ainda vazias.

VLCEs do tipo BEV já vêm sendo testados pelas empresas para proporcionar maior sustentabilidade em níveis econômico, social e ambiental, como por exemplo, na estratégia que vem sendo experimentada da utilização de triciclos elétricos, na qual os carteiros poderiam entregar a totalidade das correspondências por rota em uma única viagem, sem a necessidade de repor as cartas nas bolsas, portanto dispensando a utilização dos veículos utilizados na forma anterior e do DM. Os carteiros já saem do centro de distribuição dirigindo os triciclos e apenas desembarcam deles para realizarem a entrega das correspondências aos destinatários. A Figura 4 a seguir demonstra como são os triciclos.

Figura 4 – Triciclos elétricos dos Correios



Fonte: Correios, 2014.

Nos testes já realizados, percebeu-se uma redução das emissões de poluentes atmosféricos e de GEE desde a saída das correspondências do CD até as rotas de entrega, considerando tanto o uso final quanto o ciclo de vida das emissões. Porém, algumas desvantagens também foram percebidas como, por exemplo, o maior custo por entrega,

devido ao maior valor de aquisição dos VLCEs do primeiro caso, o que não ocorreu com os triciclos, que apresentaram custo inferior por entrega e maior produtividade em comparação com os veículos a combustão. Quak et al. (2016) citaram como benefício social proveniente dos triciclos melhorias para a saúde dos funcionários, como a diminuição da frequência de seus batimentos cardíacos, que se apresentavam mais acelerados. Entretanto, os referidos autores também ressaltam que no Brasil, até o presente momento, não há nenhuma progressiva implantação de sistemas elétricos deste tipo como ocorre, por exemplo, na linha 562 do sistema francês, onde o SEDEX opera com veículos elétricos desde 2014 aproximadamente.

Propostas para viabilizar a introdução de “VES” no transporte rodoviário de carga brasileiro

A seguir, são evidenciadas as soluções propostas para resolver cada desafio ainda enfrentado pelos veículos elétricos descritos ao longo deste estudo. As soluções propostas são aquelas que atualmente apresentam benefícios técnicos e/ou financeiros que podem ajudar na resolução do tema proposto.

- Desconhecimento dos usuários:
 - a) Transição através dos veículos híbridos: Benefício técnico representado pela combinação do motor a combustão interna com um ou mais motores elétricos, fazendo com que os veículos híbridos sejam mais amadurecidos tecnologicamente que os veículos elétricos. Já o benefício econômico é representado pelo custo de aquisição inferior aos veículos puramente elétricos. Juan et al. (2016) afirmam que, nos países onde essa transição ocorreu, a mudança de frota foi beneficiada em cerca de 30%;
 - b) Treinamento dos condutores: Benefício técnico representado pela permissão que esta ação irá oferecer aos condutores de se adaptarem às peculiaridades técnicas e operacionais dos veículos elétricos. Já o benefício econômico é representado pela condição financeira que muitas empresas já possuem atualmente para investir em treinamentos para seus condutores. Juan et al. (2016) afirmam que, nos países onde houve esse treinamento, a transição de frota foi beneficiada em mais de 60% nas empresas responsáveis.
- Altos custos de aquisição:
 - a) Pesquisas para a produção de baterias mais baratas: O benefício econômico dessas pesquisas será grandioso, já que as baterias são o elemento mais caro dos veículos elétricos e, conseqüentemente, a redução de seus respectivos preços acarretaria na redução do preço total dos veículos elétricos. Nicolaides et al. (2018b) afirmam que, nos principais países da Europa, essas pesquisas promoveram um expressivo aumento de cerca

de 60% dos investimentos em transição de frota por parte das empresas responsáveis, por otimizarem as perspectivas de maior autonomia para o frete rodoviário sustentável.

- Baixa autonomia:
 - a) Testes e demonstrações: O benefício técnico consequente é representado pela descoberta dos segmentos de carga e operações logísticas mais adequados aos veículos elétricos. Nicolaides et al. (2018b) afirmam que, em alguns países da Europa, como Inglaterra e Suécia, os testes e demonstrações representam cerca de 20% dos investimentos no setor de transporte rodoviário e, por não ser um investimento tão grandioso, o retorno é de cerca de 45% para as empresas em novos benefícios e contratos privilegiados por parte do governo, caso novos projetos de pesquisa sejam desenvolvidos para facilitar a transição de frota por parte das empresas envolvidas;
 - b) Roteirização: O benefício técnico é representado pela existência de sistemas inteligentes de planejamento de rotas capazes de realizarem esta atividade, uma vez que a maioria das distâncias já é de conhecimento prévio das empresas responsáveis que atuam no setor. Nicolaides et al. (2018b) afirmam que a otimização de rota com serviços de inteligência e logística cada vez mais sofisticados é capaz de dar um retorno expressivo de cerca de 70% para as empresas do setor de transporte rodoviário, proporcionando ganhos em autonomia e na realização de mais atividades sustentáveis no dia a dia.
- Alto tempo de recarga:
 - a) Estações de recarga rápida: O benefício técnico está representado pela possibilidade de fornecimento de uma recarga de 80% e de cerca de 100 a 160 quilômetros de alcance em torno de 20 minutos de recarga. Já o benefício econômico é refletido no fato de que os custos para a implantação de estações de recarga rápida são relativamente equiparados com outros empreendimentos de infraestrutura urbana. Nicolaides et al. (2018a) afirmam que os países que adotaram esse tipo de empreendimento aceleraram a transição de frota em cerca de 55%;
 - b) Implantação do sistema de recarga subterrânea: O benefício técnico é representado pela manutenção do estado de carga em níveis elevados, reduzindo o tempo ocioso para paradas de recarga. Já os benefícios econômicos são, por sua vez, representados, por exemplo, pela redução dos custos de recarga, já que nesta condição, seria um serviço gratuito e pelo aumento da carga útil dos veículos e, consequentemente, a capacidade e o lucro das entregas realizadas também seriam expandidos;

- c) Implantação de estações de troca de bateria: O benefício técnico ocorre, pois estas estações são capazes de realizarem trocas de baterias em menos de 10 minutos e, caso sejam automatizadas, em cerca de apenas 5 minutos. Já o benefício econômico é representado pelo fato de os custos destas estações serem inferiores quando comparados com as estações de recarga rápida. Nicolaidis et al. (2018a) afirmam que, embora não sejam a principal solução no âmbito do cenário em questão, as estações de troca de bateria oferecem um suporte à economia circular dos países onde foram implementadas, contribuindo para um crescimento de cerca de 15% na transição de frota, desde que esses países já possuam boa infraestrutura de estações de recarga rápida.
- Auto descarga ou resistência interna da bateria em temperaturas extremas:
 - a) Condicionamento térmico prévio da cabine dos veículos: O benefício técnico é representado pelo aumento do alcance em relação às perdas de eficiência da bateria. Steward et al. (2019) afirmam que as montadoras que adotaram esse condicionamento como item prioritário no desenvolvimento de seus novos caminhões elétricos em alguns países da Europa, obtiveram cerca de 45% de ganho de autonomia de bateria, aumentando a confiabilidade de seus veículos no mercado;
 - b) Painel de informações nos veículos: O benefício técnico é representado pela indicação da faixa restante, do consumo de energia em tempo real e do estado de carga.
 - Baixos níveis de mercado de segunda mão para as baterias:
 - a) Remanufatura das baterias: O benefício técnico é representado pela redução do consumo de energia e das emissões do ciclo de vida. Já o benefício econômico é representado pela maximização do valor das baterias e pela economia de mais de 70% do respectivo custo para substituí-las;
 - b) Reaproveitamento das baterias: O benefício técnico é representado pela extensão da vida útil da bateria, além de sua respectiva primeira utilização. Já o benefício econômico é representado pela maior extração de maior valor do uso das baterias. Steward et al. (2019) afirmam que alguns países da Europa que adotaram o procedimento de reaproveitamento a fim de privilegiar a economia circular do setor, obtiveram um ganho de cerca de 30% na transição de frota;
 - c) Reciclagem das baterias: O benefício técnico é representado pela capacidade de acomodar os mais diversos modelos de baterias com distintas capacidades nominais que, dessa forma, passam a fazer parte da economia circular do setor.

Outras propostas sugeridas foram a isenção de pedágios em rodovias e de taxas de

circulação em centros urbanos; vagas cativas em estacionamentos, descontos no seguro do veículo e dispensa de inspeções vêm sendo implementados por todo o mundo para concretizar o objetivo de introduzir os veículos elétricos no mercado, inclusive as bicicletas elétricas. Rizet et al. (2016) sugeriram como políticas: a prioridade ou obrigação das entregas em determinadas áreas serem realizadas por veículos elétricos; a autorização para que os VEs realizem entregas durante todo o dia, enquanto os demais têm restrições de horário; e o aluguel de veículos movidos à bateria. Quak et al. (2016) sugeriram iniciativas de acesso prioritário, como acesso a faixas para veículos de alta ocupação, janela de tempo de atendimento aos clientes estendida e isenção de restrição de peso máximo.

Ehrler et al. (2020) falaram que, outra parceria que tem como objetivo identificar os segmentos do transporte de carga mais adequados a uma mudança rápida para os VEs e promover seu desenvolvimento é, entre as montadoras de equipamentos originais (OEM) e o governo, que financia instituições de pesquisa e, em conjunto, obtêm as respostas desejadas através de projetos-piloto e avaliam o desenvolvimento do tema através de curvas de aprendizagem. Com isso, os custos, riscos e lucros da abertura do mercado aos VEs serão repartidos entre os vários atores do negócio e todos serão beneficiados com sua expansão, com suas imagens sendo associadas à sustentabilidade e, se posicionando, assim na vanguarda desta inovação.

Iwan et al. (2019) afirmaram que as autoridades públicas são o principal agente influenciador da aceitação dos veículos elétricos de frete urbano através de apoios monetário e não monetário. Naumanen et al. (2019) concluíram que, sem rigorosas regulamentações de emissões para as montadoras e frotas privadas, é improvável que aconteça uma transição significativa para a mobilidade elétrica. Mirhedayatian e Yan (2018) explicaram que há dois tipos principais de impostos para os veículos: o de registro e o de circulação, o segundo pago para usar o veículo na estrada. Sugeriram duas possibilidades: que os VEs sejam isentos de ao menos um desses impostos ou que com uma taxa de desconto apropriada, esses dois impostos funcionem da mesma forma.

Uma política pública ainda muito incipiente no Brasil, mas já em avançado estágio de desenvolvimento em países como Alemanha e Japão é a chamada *Feed in Tariff* (FIT), que visa incentivar a adoção de fontes de energia renováveis. Consiste no pagamento de tarifas para as geradoras que produzirem energia por meios alternativos, como o uso de painéis fotovoltaicos nos telhados das casas, nos prédios comerciais e industriais para abastecer tanto sistemas isolados quanto redes de alimentação de energia elétrica. O principal objetivo é viabilizar a implementação de centrais produtoras, cujas despesas para gerar energia são relativamente altas (SOLARVOLT, 2015).

Quak et al. (2016) afirmam que nos mercados onde a transição da frota de veículos já ocorre de forma gradual e bem sucedida, as diversas políticas públicas citadas no decorrer deste estudo tiveram um papel fundamental nos incentivos de desenvolvimento a pesquisas, intensificação da produção de novos veículos para a realização das tarefas de transporte rodoviário de carga e, por extensão, os governos desses países tiveram papel de extrema relevância na delimitação das políticas de âmbito municipal, estadual e nacional para otimizar a transição de frota, além do fornecimento dos incentivos necessários para

a construção da infraestrutura adequada para as tarefas de transporte de acordo com as políticas públicas estabelecidas em cada região.

Limitações do estudo

Como limitações desse estudo, devido ao fato dos VEs no transporte de carga estarem ainda em estágio bastante inicial no Brasil, não foi possível obter dados como, por exemplo, total de eletropostos públicos já existentes no país e VEs destinados ao transporte de cargas comprados nos anos mais recentes. Esses dados ajudariam a explicar de maneira mais precisa a situação atual do Brasil no âmbito do cenário em questão.

Outra limitação foi na análise de VEs atualmente utilizados no transporte de carga, pois para alguns deles não foram obtidas todas as informações técnicas desejadas.

Por fim, não foi possível realizar um estudo econômico comparativo entre um caminhão convencional e outro elétrico para comprovar matematicamente a maior viabilidade financeira dos VEs devido a seus menores custos de energia e manutenção, apesar de apresentarem maior custo de aquisição.

Conclusões e implicações das políticas públicas

No que se refere à respectiva introdução dos veículos elétricos no setor de transporte rodoviário de cargas, tem-se que a referida introdução já teve início em alguns mercados, porém de maneira lenta e gradual. Dessa forma, é primordial ter o conhecimento dos respectivos segmentos de carga e operações de logística que são mais adequados para permitir a transição da frota de veículos tradicionais movidos a combustão para uma nova frota de veículos elétricos.

Porém, por se tratar de uma tecnologia ainda em estágio de maturação, os veículos elétricos apresentam desafios relacionados à sua respectiva introdução no setor de transporte de cargas como, por exemplo, a existência de uma infraestrutura necessária para seu funcionamento, os altos custos de aquisição, a baixa autonomia, o elevado tempo de recarga, além do mercado de segunda mão ainda incipiente para as baterias e seus demais componentes. Tais desafios podem representar um obstáculo ainda considerável para que a população e as empresas não optem por investirem nos veículos elétricos, mesmo com seus inúmeros benefícios do ponto de vista ambiental e de sustentabilidade.

A partir dos resultados obtidos através da metodologia proposta para o presente estudo, verifica-se o excelente potencial que o veículo elétrico possui e, em função disso, é possível ressaltar a relevância do tema e as respectivas justificativas apresentadas para incentivar o processo de transição da frota de veículos tradicionais para novas frotas de veículos elétricos no setor de transporte rodoviário de carga.

As políticas de redução de impostos como, por exemplo, o IPI (Imposto sobre

produtos industrializados) e o ICMS (Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços) e o projeto de lei que pretende zerar os impostos sobre importações e vendas de carros elétricos são os primeiros passos para realizar o objetivo de efetivamente acelerar a transição de frota. O Brasil também deve, assim como outros países e blocos econômicos fizeram, estipular até um determinado ano uma meta de redução da quantidade de GEE e poluentes atmosféricos, visando cada vez mais introduzir os veículos elétricos no transporte rodoviário de carga nacional.

É recomendado para trabalhos futuros, estudos mais específicos direcionados a realização de demonstrativos numéricos dos benefícios que os VEs trouxeram para os países nos quais essa tecnologia já está mais avançada quanto à redução das emissões de poluentes atmosféricos e GEE. Por extensão, estudos sobre a legislação brasileira e, conseqüentemente, propostas de metodologias capazes de permitir a respectiva importação e posterior adaptação das políticas públicas internacionais bem sucedidas ao modelo de negócio brasileiro, visando expandir os incentivos fiscais e investimentos em infraestrutura para colaborar com a transição gradual da frota de veículos também são recomendados.

Além disso, novas pesquisas na área de reciclagem de baterias e de outros componentes constituintes dos veículos elétricos também são indicadas, visando possibilitar o aprimoramento e, até mesmo, a criação de novas metodologias no ainda incipiente mercado de segunda mão do setor.

Dessa forma, as empresas que estiverem passando por transição de frota poderão negociar subsídios de forma direta com o governo, pautando suas requisições no tipo de serviço de transporte rodoviário de carga que pretendem desempenhar, incluindo serviços auxiliares e, por extensão, tais subsídios serão direcionados também para a montagem da infraestrutura adequada para atender essas atividades nos mais diversos âmbitos de transporte que podem ser desempenhadas em território nacional, uma vez que nos mercados onde essa mudança foi bem sucedida, as empresas pioneiras na transição de frota tiveram grande respaldo de seus respectivos governos recebendo os principais incentivos necessários em todas as áreas que envolvem pesquisa, desenvolvimento, montagem e infraestrutura necessárias para que a eletrificação da frota pudesse ocorrer.

Referências

- [1] ABEEÓLICA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **InfoVento** nº 14, 2019. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/02/Infovento-14_PT.pdf>. Acesso em: 21/03/2020.
- [2] ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Infográfico Absolar**, 2020. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>>. Acesso em: 21/03/2020.
- [3] BLUESOL ENERGIA SOLAR. **A energia solar funciona à noite? [Veja se você acertou]**, 2017. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-funciona-a-noite/>>. Acesso

em: 31/07/2020.

[4] CHAUD, C. A. et al. Análise da mobilidade urbana para inclusão de caminhões elétricos visando uma logística sustentável. Rio Grande do Sul: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2012.

[5] CORREIOS. **Correios testa novos veículos para entrega de encomendas em SP e MG**, 2014. Disponível em: <<https://blog.correios.com.br/correios/?p=11262>>. Acesso em: 27/07/2020.

[6] EHRLER, V. C. et al. Why is it not happening yet? Requirements of an innovative and sustainable urban logistics concept. In: URBAN FREIGHT TRANSPORTATION SYSTEMS. **E-vehicles for urban logistics**. New York: UFT, 2020. v.1, p. 223-238.

[7] GOMES, A. C. A. et al. Utilização de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica híbrida (*off grid e on grid*) em caminhões frigoríficos. In: Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado – RS, 2018.

[8] IWAN, S. et al. Status and attempts of improvement. In: TRANSPORTATION RESEARCH PROCEDIA. **Electric mobility in european urban freight and logistics**. London: TRP, 2019. v.39, p. 112-123.

[9] JUAN, A. A. et al. A survey on emerging environmental, strategic, and operational challenges. In: ENERGIES. **Electric vehicles in logistics and transportation**. London: TRP, 2016. v. 9, p. 1-21.

[10] KAMPKER, A. et al. Technological and total cost of ownership analysis of electric powertrain concepts for long-haul transport in comparison to traditional powertrain concepts. In: INTERNATIONAL ELECTRIC DRIVES PRODUCTION CONFERENCE, 8, 2018, Dundee. **Proceedings...**Dundee: EDPC, 2018. p. 110-121

[11] NAUMANEN, M. et al. Comparison between China, EU, Japan and USA. In: RESOURCES, CONSERVATION AND RECYCLING. **Development strategies for heavy duty electric battery vehicles**. Paris: AFTP, 2019. v. 151, p. 364- 413.

[12] NICOLAIDES, D. et al. A case study for Cambridge, UK. In: IEEE SYSTEMS JOURNAL. **An urban charging infrastructure for electric road freight operations**. London: MID, 2018a. v.13, p. 2057-2068.

[13] NICOLAIDES, D. et al. A case study for New York. In: IEEE SYSTEMS JOURNAL. **Prospects for electrification of road freight**. New York: UFT, 2018b. v.12, p. 1838-1849.

[14] PESSANHA, J. F. M. et al. **Cenários para o mercado de veículos elétricos na cidade do Rio de Janeiro**. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, ABEE, Juiz de Fora – MG, 2011.

[15] PLOTZ, P. et al. Overhead lines on the european electricity system and CO2 emissions. In: ENERGY POLICY. **Impact of electric trucks powered by**. Paris: MFT, 2019. v.130, p. 32-40.

- [16] PORCHERA, G. S. O. et al. Vantagens e barreiras à utilização de veículos elétricos. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 13, 2016, Resende. **Anais...** Resende: 2016.
- [17] QUAK, H. et al. City logistics practice. In: TRANSPORTATION RESEARCH PROCEDIA. **Possibilities and barriers for using electric-powered vehicles in.** London: MID, 2016. v.12, p. 157-169.
- [18] RIZET, C. et al. Use of electric vehicles for urban freight in France. In: TRANSPORTATION RESEARCH PROCEDIA. **The constraints of vehicle range and congestion for the.** Paris: MFT, 2016. v. 12, p. 500-507.
- [19] SOLARVOLT. Net metering e Feed In: Saiba o que são e como funcionam, 2015. Disponível em: <<https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/net-metering-e-feed-in-saiba-o-que-sao-e-como-funcionam/>>. Acesso em: 21 set. 2019.
- [20] TALEBIAN, H. et al. Policy implications in British Columbia. In: ENERGY POLICY. **Electrification of road freight transport.** London: MID, 2018. v.115, p.109-118.
- [21] VAZ, L. F. et al. Sugestões de políticas públicas para o segmento. In: BNDES SETORIAL (Coord.). **Veículos híbridos e elétricos.** Rio de Janeiro: 2015, v. 41, p. 295-344.
- [22] WANG, M.; THOBEN, K. Sustainable urban freight transport: analysis of factors affecting the employment of electric commercial vehicles. In: INTERNATIONAL CONFERENCE LDIC, 5, 2017, Bremen. **Proceedings...**Bremen: ZYK, 2017. p. 255-265.

Affonso Celso Aldeia Caiazzo da Silva

✉ caiazzo17@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6763-4014>

Submetido em: 24/05/2021

Aceito em: 14/03/2022

2022;25:e01832

Nélio Domingues Pizzolato

✉ ndp@puc-rio.br

Uso de vehículos eléctricos en el transporte de carga y los retos de implementación en Brasil

Affonso Celso Aldeia Caiazzo da Silva
Nélio Domingues Pizzolato

Resumen: Esta investigación analiza las principales políticas públicas internacionales exitosas destinadas a ampliar la flota de vehículos eléctricos para el transporte de carga por carretera y cómo estas políticas podrían adaptarse al mercado brasileño. Análisis de las principales políticas públicas en los mercados exteriores que resultaron en incentivos fiscales, ampliación de la infraestructura existente y promoción de nuevos negocios en la transición de la flota de vehículos convencionales a vehículos eléctricos, además de un estudio sobre las posibles adaptaciones que el brasileño. La legislación permite que estas políticas puedan adaptarse al mercado nacional son los principales retos del sector. Sin embargo, aunque la electrificación aparece como la principal alternativa para mejorar la eficiencia energética, muchos países aún no han implementado políticas públicas para agilizar la transición de sus flotas. Los resultados de la investigación pueden contribuir a futuros estudios sobre la adecuación de políticas públicas exitosas y posibles adaptaciones al modelo empresarial brasileño.

São Paulo. Vol. 25, 2022

Artículo original

Palabras-clave: Vehículos eléctricos, Transporte de carga por carretera, Políticas públicas, Movilidad sostenible, Eficiencia energética.

Using electric vehicles for freight transport purposes and challenges to do an implementation in Brazil

Affonso Celso Aldeia Caiazzo da Silva
Nélio Domingues Pizzolato

Abstract: This research discusses the main successful international public policies aimed at expanding the fleet of electric vehicles for road cargo transportation, and how these policies could be adapted to the Brazilian market. Analysis of the main public policies in foreign markets that resulted in tax incentives, expansion of the existing infrastructure and promotion of new businesses in the transition from the fleet of conventional vehicles to electric vehicles, in addition to a study on the possible adaptations that the Brazilian legislation allows for these policies can be adapted to the national market are the main challenges for the sector. However, although electrification appears as the main alternative to improve energy efficiency, many countries have not yet implemented public policies to streamline the transition of their fleets. The research results may contribute to future studies on the adequacy of successful public policies and possible adaptations to the Brazilian business model.

São Paulo. Vol. 25, 2022

Original Article

Keywords: Electric vehicles, Cargo transport, Public policies, Sustainable mobility, Energy efficiency.