



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

INFLUÊNCIAS TECNOLÓGICAS NA ADOÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS PARA O TRANSPORTE DE CARGA EM GRANDES CENTROS URBANOS

LAIRA AUGUSTA FREITAS CASTRO

Universidade Nove de Julho

FÁBIO YTOSHI SHIBAO

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

FABIO EDUARDO HUKAI

UFF - Universidade Federal Fluminense



INFLUENCIAS TECNOLÓGICAS NA ADOÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS PARA O TRANSPORTE DE CARGA EM GRANDES CENTROS URBANOS

Resumo

Devido a grande preocupação com as mudanças climáticas e danos ambientais causados pelo homem, muitas formas de mitigação da poluição têm sido aplicadas porque no contexto urbano, a poluição por emissão de gases proveniente da queima de combustíveis nos veículos automotores é preocupante. Uma forma de mitigar essa poluição é a adoção de veículos elétricos, principalmente para o transporte de cargas, que é importante na manutenção da vida urbana. Entretanto, esta tecnologia conta com diversos entraves, principalmente referentes a própria tecnologia. Este estudo visa identificar os entraves tecnológicos da adoção de veículos elétricos para o transporte de carga urbana por meio de uma pesquisa bibliográfica sobre o estado da arte do assunto. As baterias ainda são um ponto chave para adoção de veículos elétricos já que determinam a autonomia do veículo, porém, em um país como o Brasil, a falta de infraestrutura, as emissões na cadeia de valor da matriz energética e a ausência de *smart grid* também são questões significativas que implicam negativamente na adoção dos veículos elétricos.

Palavras-chave: Veículos Elétricos; Veículos Híbridos; Veículos de célula de Combustível; Barreiras tecnológicas, Brasil.

Abstract

Many forms ways for mitigating pollution have been applied because of the great concern about climate change and environmental damage caused by man, because in an urban context, pollution from the fuel burning in vehicle's engine is concerning. One way to mitigate this pollution is the adoption of electric vehicles, especially for the transportation of cargo, which is important in maintaining urban life. However, this technology has several obstacles, mainly referring to the technology itself. This study aims to identify the technological barriers of the adoption of electric vehicles for urban freight transport by means of a bibliographical research regarding the state of the art of this technology. Batteries are still a key point for adoption of electric vehicles since they determine the autonomy of the vehicle, however, in a country like Brazil, the lack of infrastructure, emissions in the chain of value of the energy matrix and the absence of smart grid also are significant issues that negatively affect the adoption of electric vehicles.

Keywords: Electric Vehicle, Hybrid Vehicle, Fuel Cell Vehicle, Technological Barriers, Brazil.



1 Introdução

Grandes centros urbanos podem ser considerados acumuladores de poluição antrópica por reunirem em uma pequena área de terra uma grande densidade populacional, que possui necessidades de consumo e transporte que geram resíduos. A urbanização crescente e desordenada no Brasil, gerou uma rápida expansão descontrolada das cidades, aumentando as distâncias diárias a serem percorridas pela população (Rolnik & Klintowitz, 2011).

O modal de transporte mais utilizado no Brasil é rodoviário, de forma que a poluição atmosférica e a emissão de gases do efeito estufa, consequência do uso de combustíveis fósseis em motores de combustão interna é alta. As alternativas de combustível utilizadas no país como o etanol e o biodiesel, embora menos poluentes, ainda emitem considerável massa de gases poluentes e de efeito estufa (Rolnik & Klintowitz, 2011).

Quando se trata de planejamento da mobilidade urbana, muitas alternativas são desenvolvidas a respeito do transporte de pessoas, como o uso de transportes não motorizados; transportes públicos; transporte por trilhos; sistemas de carona, e sistemas *car sharing*, porém quando se trata do transporte de cargas as opções são limitadas a pequenas malhas ferroviárias e o transporte por veículos a combustão interna (VCI), que em centros urbanos os mais utilizados são os veículos comerciais leves como furgões.

Segundo o estudo realizado por Barczak e Duarte (2012), a literatura sobre transportes, visando a redução das emissões de gases do efeito estufa, foi agrupado em cinco categorias: medidas econômico-fiscais e financeiras, regulatórias, informação e comunicação, planejamento urbano e de transportes e tecnológicas. Esses autores apontaram, nas medidas tecnológicas, que o melhoramento das tecnologias veiculares existentes são as estratégias com maior potencial de melhoria da eficiência energética a curto prazo e consequente redução nas emissões.

Uma dessas tecnologias foi a criação de veículos elétricos (VE) e híbridos (VEH). Os primeiros funcionam a base de uma bateria e um motor elétrico e os segundos são uma combinação de combustíveis e bateria, em que algumas ações mecânicas do veículo servem para recarga da bateria. As vantagens dessas tecnologias são a eliminação ou diminuição de emissão de gases e o ruído amenizado. Porém, quando se analisa o ciclo de vida desses veículos, eles podem acabar gerando outros danos ambientais como contaminação de solo, ar, e água com metais pesados provenientes das baterias (Racz & Stan, 2015).

Outro problema que pode ocorrer na adoção dos VE é sua interação com a rede de abastecimento de energia elétrica (*Smart Grid*). No caso das fontes de energia utilizadas não serem suficientemente sustentáveis ou no caso do *grid* elétrico não seja bem gerenciado, os impactos causados e a emissão de poluentes pode acabar sendo superior à de VCI (Liu, Hildebrandt & Glasser, 2012).

Desta forma, este estudo questiona: **quais são as principais influências que a tecnologia tem na implantação e utilização de veículos elétricos em transportes de cargas em grandes centros urbanos?** Para responder esta questão, o estudo pretende identificar os principais desafios tecnológicos no uso de VE em transporte de cargas em grandes centros urbanos. Esses influenciadores tecnológicos estão relacionados com a sustentabilidade da tecnologia e seu uso; com a avaliação do impacto no *grid* energético; com o pós-uso e descarte dos veículos utilizados e suas baterias, e outros fatores influenciadores.

Afim de apresentar os métodos utilizados nesta pesquisa assim como os dados colhidos, a próxima seção mostra a fundamentação teórica e conceituação dos temas abordados, a terceira seção apresenta a metodologia utilizada neste estudo, na quarta seção serão discutidos os resultados obtidos e por fim na sexta seção serão propostas discussões referentes aos resultados nas considerações finais do estudo.



2 Referencial Teórico

Atualmente existem diversas tecnologias alternativas para a propulsão de veículos automotores, tanto os utilizados para o transporte de pessoas como os utilizados para o transporte de cargas, nesta seção serão apresentadas e discutidas as tecnologias mais utilizadas para estes fins assim como tecnologias de suporte ao uso e implementação destas tecnologias.

Veículos elétricos

Os veículos elétricos (VE), embora tenha sido desenvolvido no final do século XIX, já falharam duas vezes em adentrar o mercado, na década de 1980 e durante a década de 1990 principalmente causados por limitações tecnológicas e de custo. Sua história pode ser separada em três períodos: 1890 a 1929, a chamada era de ouro dos VE devido aos avanços nas tecnologias de baterias e o fato de estes veículos serem mais silenciosos e emitirem menos fumaças, 1930 a 1989, quando o avanço da indústria de petróleo estimulou a fabricação e comercialização de veículos a combustão interna e o VE foram esquecidos e 1990 até os dias atuais em que esta tecnologia volta a ser muito discutida pelo seu potencial ambiental (Hosseinpour, Chen, & Tang, 2015).

Os VEs se tornaram possíveis com a invenção das baterias elétricas, começando com uma locomotiva elétrica que não foi bem aceita pela população, passando por uma carruagem elétrica que dispunha de baterias não renováveis e por isso se tornou um problema, e, finalmente, em 1881, o primeiro VE com baterias renováveis foi criado. Entre 1895 a 1905 os VE tiveram seu ápice de aceitação e uso, isso devido ao fato de serem menos barulhentos, não soltarem fumaça com odor desagradável e não fazerem ruídos. Como as estradas fora das cidades ainda tinham condições muito precárias, eles eram usados apenas dentro das cidades. Porém, alguns problemas como falhas nas baterias e necessidades de trocas constantes, além da baixa autonomia dos veículos começou a atrapalhar este sucesso, e, entre 1907 e 1911 eles se tornaram inviáveis (Hosseinpour, Chen, & Tang, 2015).

Diversas alternativas começaram a ser estudadas para superar este colapso e com isso surgiram os veículos elétricos híbridos (VEH), que possuem baterias, mas também utilizam combustíveis, de forma que unem o melhor da parte ambiental, econômica e eficiência de combustível. O primeiro VEH surgiu em 1990, chamado “Semper Vivus”. Junto a essa tecnologia vieram os veículos elétricos híbridos *plug-in* (VEHP).

Esta tecnologia permite que o veículo seja carregado via cabo, utilizando energia para abastecer as baterias ou via combustível, enchendo o tanque e utilizando movimentos mecânicos do veículo, como a frenagem, para abastecer as baterias. Naquela época, o uso de VEH e VEHP tinham capacidade de reduzir as emissões de gás carbônico entre 60% e 70%. Nesta época os VE, VEH e VEHP ganharam o mercado novamente e competiram igualmente com os veículos puramente a combustão, porém, com o surgimento de novos modelos de VCI e a diminuição de seus custos de produção, os VE se tornaram muito caros e perderam mercado novamente. Além disso a praticidade no abastecimento dos VCI e a descoberta de mais fontes de petróleo auxiliaram nessa decadência (Hosseinpour, Chen, & Tang, 2015).

Com as primeiras constatações de poluição atmosférica, danos à saúde humana e o receio da escassez de petróleo, em torno de 1996 os VE voltaram a ser considerados uma opção de transporte. Neste cenário muitas montadoras passaram a investir nas tecnologias de VEH, como a Toyota. A empresa Tesla Motors INC. surgiu como referência na produção de VE. Eles possuem a crença na remodelação do modal de transporte de forma limpa, e, justamente por identificar a proteção patentária como uma barreira ao avanço das tecnologias eles tem suas inovações abertas ao público e não protegidas (Hosseinpour, Chen, & Tang, 2015).



Atualmente os VE são usados para transporte de pequenas distâncias e são muito cogitados no sistema de *car sharing*, inclusive pela possibilidade das pessoas de trocarem o veículo usado por um plenamente abastecido em um dos postos (Chan, 2007).

Existem muitas variações de VE no mercado. Um breve entendimento de seu funcionamento e suas características ajuda a entender as limitações e as vertentes da tecnologia.

Veículos elétricos (VE)

O veículo puramente elétrico possui o mesmo *chassis* de um veículo de combustão interna de forma que externamente a diferença entre eles só é notada pelo nível de ruído. Internamente, no entanto, ele possui um motor elétrico, um grupo de baterias que alimentam esse motor, uma transmissão modificada, um sistema de conversão de energia, um controlador e um sistema de gerenciamento de energia e um controlador. O motor é responsável pela tração do veículo. O controlador retira a energia das baterias e a fornece ao motor, utilizando apenas a quantidade exigida pelo motor, de forma a se manter eficiente (Chan, 2007; Racz & Stan, 2015).

Veículos elétricos híbridos (VEH)

Qualquer veículo que possua mais de uma fonte de energia pode ser considerado híbrido. No caso dos elétricos híbridos estas fontes são a eletricidade e combustíveis. Estes veículos possuem um tanque de combustível e baterias e essas fontes podem ser usadas ou simultaneamente ou alternadamente, dependendo do tipo de veículo empregado. Os híbridos podem ser totalmente híbridos ou meio híbridos. Os primeiros têm capacidade de movimentar o carro apenas com o motor elétrico enquanto, o segundo, precisa dos dois motores para funcionar. Quanto ao seu *design*, eles podem ser ligados em série, caso no qual o motor elétrico é quem provê a tração para as rodas do veículo e o motor a combustão serve para carregar as baterias, ou ligados em paralelo, quando os dois motores fornecem tração para as rodas e são geridos por um controlador. As baterias dos veículos híbridos podem ser carregadas pelo processo mecânico de frenagem (frenagem regenerativa), pelo motor a combustão, neste caso, existe uma tecnologia que permite o carregamento da bateria pelo motor a combustão tanto no sistema em série quanto no paralelo, ou podem ser carregadas por fonte de energia quando o veículo se encontra desligado, caso dos veículos elétricos híbridos de *plug-in* [VEHP] (Racz & Stan, 2015).

Veículos elétricos a células de combustível (VECC)

Estes veículos funcionam com um motor elétrico, baterias ou capacitores para armazenar a energia das células de combustível e dar a energia para o *start* do veículo e células de combustível, normalmente a hidrogênio, para a geração da energia. Células de combustível são baterias de funcionamento contínuo que, por intermédio da reação de combustão eletroquímica a frio de um combustível gasoso, produzem corrente elétrica contínua. As mais estudadas e aplicadas atualmente são as células de hidrogênio que ao serem alimentadas com hidrogênio e oxigênio conseguem gerar energia elétrica eliminando apenas vapor de água. A Figura 1 apresenta os tipos existentes de células de combustível e sua aplicação. Somente as células de membrana são usadas para veículos automotores, sendo que é pouco aplicada pelo alto custo do catalisador utilizado, o *Nafion*®. Em geral as células a combustível são mais estudadas e empregadas em espaçonaves (Wendt, Götz, & Linardi, 2000).

Tipo	Eletrólito (espécie Transportada)	Faixa de Temperatura (°C)	Vantagens	Desvantagens	Aplicações
Alcalina (AFC)	KOH (OH)	60-90	-Alta Eficiência (83% teórica)	-Sensível a CO ₂ -Gases ultra puros, sem reforma do combustível	-Espaçonaves -Aplicações militares



Membrana (PEMFC)	Polímero <i>Nafion</i> ® (H ₃ O ⁺)	80-90	-Altas densidades -Operação flexível	-Custo de membrana, potência e eficiência -Contaminação do catalisador com CO	-Veículos automotores e catalisador -Espaçonaves -Mobilidade
Ácido Fosfórico (PAFC)	H ₃ PO ₃ (H ₃ O ⁺)	160-200	-Maior desenvolvimento tecnológico	-Controle da porosidade do eletrodo -Sensibilidade a CO -Eficiência limitada pela corrosão	-Unidades estacionárias -Unidades estacionárias (100kW a alguns MW) -Cogeração de eletricidade/calor
Carbonato fundido (MCFC)	Carbonatos Fundidos (CO ₃ ²⁻)	650-700	-Tolerância a CO/CO ₂ -Eletrodos a base de Ni	-Problemas de materiais -Necessidade da reciclagem de CO ₂ -Interfase trifásica de difícil controle	-Unidades estacionárias de algumas centenas de kW -Cogeração de eletricidade/calor
Cerâmicas (SOFC)	ZrO ₂ (O ₂ ⁻)	800-900	-Alta eficiência (cinética favorável) -A reforma do combustível pode ser feita na célula	-Problemas de materiais -Expansão térmica -Necessidade de pré-reforma	-Unidades estacionárias de 10 a algumas centenas de kW -Cogeração eletricidade/calor

Figura 1: Tipos de células a combustível.

Fonte: Wendt, Götz e Linardi (2000).

Apesar de pouco se ouvir falar em veículos a células de combustível, essa ideia não é nova, data de meados da década de 1960, quando Kordesch construiu o primeiro carro deste tipo. Depois disto um micro-ônibus da VW foi produzido. A empresa canadense Ballard desenvolveu células de membrana do tipo 275HP, de 200kW de potência elétrica, com a finalidade de aplicação em ônibus. Estes veículos possuem o diferencial de ter um teto elevado para acomodação de tanques de hidrogênio com pressão de 200bar. Um problema, no entanto, é que apenas veículos grandes conseguem acomodar os cilindros de hidrogênio sem interferir no número de passageiros a bordo. Além disso, o hidrogênio é um gás altamente explosivo e em caso de impacto as chances de uma explosão aumentam. Ainda assim, diversas empresas têm desenvolvidos veículos a células de membrana e muito ainda se estuda sobre como superar as barreiras dos mesmos (Wendt, Götz, & Linardi, 2000).

Para resumir as tecnologias existentes supracitadas, na Figura 2 é apresentado um resumo dos tipos de veículos elétricos existentes e suas principais diferenças no que se refere ao funcionamento e a Figura 3 apresenta um esquema da montagem de engrenagens e propulsão dos motores.

TIPOS DE VE	VE	VEH	VECC
PROPULSÃO	Motor elétrico	Motor elétrico	Motor elétrico
		Maquinário de combustão interna	
SISTEMA DE ENERGIA	Bateria	Bateria	Células de Combustível
	Ultracapacitor	Ultracapacitor	Precisam de bateria/ ultracapacitor para aumentar a densidade de energia para a partida
		Unidade de geração por maquinário de combustão interna	



FONTE DE ENERGIA E INFRAESTRUTURA	Facilidades de carregamento por grid elétrico	Postos de gasolina	Hidrogênio
		Facilidades de carregamento por grid elétrico (para os <i>Plug In</i>)	infraestrutura de produção e transporte de hidrogênio
CARACTERÍSTICAS	Zero emissões	Emissões muito baixas	Zero emissões
	Alta eficiência energética	Elevada economia de combustível quando comparado ao VCI	Alta eficiência energética
	Independência de combustíveis fósseis	Alta autonomia	Independência de combustíveis fósseis (se não usar combustível para gerar hidrogênio)
	Baixa autonomia	Dependência de combustíveis (exceto para os <i>plug in</i>)	Autonomia satisfatória
	Alto custo inicial	Elevado custo quando comparado ao VCI	Em desenvolvimento
	Disponibilidade comercial	Comercialmente disponível	
PRINCIPAIS PROBLEMAS	Bateria e gerenciamento da bateria	Fontes múltiplas de energia, otimização e gerenciamento.	
	Facilidade de carregamento	Tamanho e gerenciamento das baterias	Custo do combustível, ciclo de vida e confiabilidade
	Custos		Infraestrutura para o hidrogênio.

Figura 2: Características dos VE, VEH e VECC.

Fonte: Adaptado de Chan (2007).

Nota: VE – Veículos elétrico, VEH – Veículos elétrico híbrido e VECC – veículo de célula de combustível.

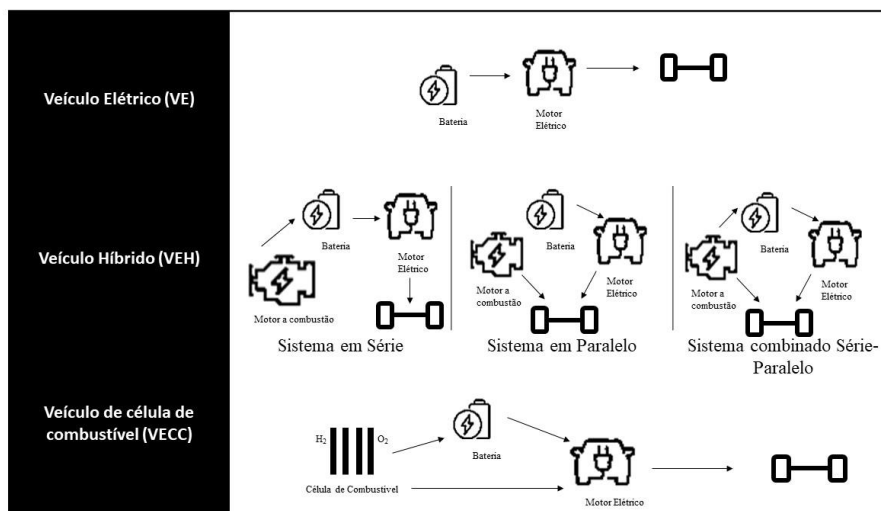


Figura 3: Arquitetura dos sistemas de veículos elétricos

Fonte: Adaptado de Castro e Ferreira (2010).



Os componentes básicos de todos os tipos de VE são os motores elétricos, as baterias, o carregador embarcado, inversor de potência e a transmissão de velocidade única. Os híbridos terão os componentes do maquinário a combustão e eventuais componentes para adaptação e alguns outros podem apresentar componentes inovadores, variando com a tecnologia utilizada pelo fabricante (Castro & Ferreira, 2010).

Motores elétricos

Os motores elétricos são os responsáveis por gerar a tração nos veículos elétricos e seus derivados, trata-se de equipamentos capazes de transformar energia elétrica em energia mecânica. Podem ser de dois tipos, corrente contínua [CC] ou corrente alternada [CA] (Racz & Stan, 2015).

Em comparação com os motores de combustão eles apresentam algumas vantagens como menor custo de produção, maior vida útil, menos necessidade de reparos, maior eficiência, segurança ambiental já que são zero emissões (exceto os híbridos) e produzem menos ruídos e economia com mão de obra. Sua principal desvantagem é a necessidade de carregamento e o fato de que motores de muitos cavalos terão elevado custo de operação (Racz & Stan, 2015).

Estes motores podem ser construídos utilizando ímãs permanentes ou elementos de indução eletromagnética. Os que usam tais ímãs são denominados como de terras raras, como neodímio, térbio, disprósio e praseodímio, o que dificulta sua reciclagem. Os motores que não utilizam os ímãs permanentes são mais baratos, normalmente de CA, como o Tesla Roadster. Ultimamente, quando um motor elétrico é descartado é possível analisar se ele será reparado e usado novamente ou se seus componentes serão reciclados (Racz & Stan, 2015).

Segundo Castro e Ferreira (2010), efetivamente, há quatro tipos de motores no mercado:

- Motores de CC com escovas, tem baixa eficiência, alto peso e baixo custo.
- Motores de indução, são de simples construção, baixa manutenção e baixo preço, alta confiabilidade, porém seus controladores são de alto custo.
- Motores de CC sem escova, são mais eficientes, caros e pesados.
- Motores de relutância comutada, são os mais leves dos quatro, tem fácil refrigeração e alto custo.

Quanto a sua localização no veículo, os motores podem ser centralizados ou alocados junto aos eixos de rodas, esta segunda configuração permite reduzir as perdas da transmissão (Castro & Ferreira, 2010).

Os motores elétricos, independentemente do tipo, que são utilizados em veículos são impulsionados por acumuladores de energia elétrica, normalmente baterias que utilizam reações eletroquímicas para armazenar e fornecer potência na forma de eletricidade para o motor.

Baterias

Em 1831, Michael Faraday produziu o disco de Faraday, o primeiro dínamo. Gaston Plante desenvolveu as primeiras baterias recarregáveis. Entre 1910 e 1925, Thomas Edison inventou as baterias de níquel e com isso aumentou em 35% a capacidade de carga das baterias e em 300% sua vida útil, além de reduzir em 63% seus custos de manutenção (Hosseinpour, Chen, & Tang, 2015).

Segundo Castro & Ferreira (2010), os parâmetros mais importantes nas baterias veiculares são:

1. Segurança.
2. Vida útil (idade, em anos e quantos ciclos de carga e descarga ela suporta).



3. Performance (desempenho em baixas temperaturas, medições e gerenciamento térmico).
4. Capacidade (quanta energia ela pode armazenar).
5. Potência específica.
6. Peso.
7. Custo.

Outro fator significativo é o tempo de carga das baterias, atualmente a forma de carregamento pode ser dividida em três segundo (Racz & Stan, 2015):

Carregamento por condução – O veículo necessita ser plugado a rede por um soquete de 13 A com um aparelho de proteção. É um sistema simples e conveniente, mas leva de 8 a 10 horas para se atingir a carga completa.

Carregamento por Indução – Não necessita de uma conexão por cabo, a energia do sistema passa para a bateria por meio de um campo magnética utilizando alta CA. Trata-se de um processo complexo e de maior custo.

Troca de baterias – Trata-se de um sistema no qual o usuário não possui as baterias e sim as aluga, de forma que quando elas se esgotam basta trocá-las por baterias recarregadas.

Elas podem ser dispostas em módulos, que consistem em várias células de bateria agrupadas ou em *pack's*, que consistem em diversos módulos (Castro & Ferreira, 2010).

Quanto aos tipos de baterias existentes, são quatro as que predominam no mercado. A Figura 4 contém os tipos de baterias, suas características e suas principais vantagens e desvantagens.

Tipo de bateria	Energia (Wh/kg)	Vida útil (ciclos)	Custos	Segurança	Desvantagens	vantagens
Chumbo-ácido PbA	30-50	200-300	x	Estável	-Baixa Energia -Alto custo -Curto ciclo de vida -Utilização de componentes perigosos (chumbo e ácido sulfúrico)	
Níquel metal-hidreto NiMH	60-80	300-500	3x	Estável	-Opção intermediária -Alto custo -Eficiência não ideal -Alto peso -Não podem descarregar completamente	-Confiabilidade -Vida útil, estimada em 10 anos
Sódio	100-110	>1.000	3x	Estável	-Desenvolvimento limitado a uma empresa -Necessidade de aquecimento a 270° para funcionar	-Não contém materiais tóxicos
Íon-Lítio NCA	100-130	>800	5x	Necessita m de Proteção	-Alto custo -Baixa segurança -Performance instável com variações de temperatura -Baixa durabilidade	-Maior capacidade por volume -Maior eficiência -Menor custo do metal



N
M 100-130 >1.000
C

L
F 90-110 >2.000
P

L
C
O

Figura 4: Tipos de baterias, suas principais características, vantagens e desvantagens.

Fonte: Adaptado de Castro e Ferreira (2010).

A energia elétrica utilizada para carregar as baterias pode ser gerada no próprio veículo, utilizando os meios discutidos nestes trabalho e presente em veículos híbridos, ou pode ser fornecida pela rede elétrica, através do uso de carregadores dedicados a este fim ou plugues de tomada comum com conversores especiais, nestes casos a energia é fornecida pela rede pública de distribuição de energia elétrica, a matriz energética.

Matriz energética

Durante o século XX a demanda do Brasil por um desenvolvimento econômico foi crescente e com ela a demanda de energia também se intensificou. Apesar de ser considerada uma matriz energética sustentável, apenas 41% dela é de fontes renováveis de energia, como pode ser visto na Figura 5 (Teixeira, Silva, Neto, Diniz & Sodré, 2015).

Para a geração de energia elétrica usa-se majoritariamente a energia hidrelétrica, com uma parcela aproximada de 90%, sendo 7% geração térmica (nuclear, gás natural e carvão mineral) e 3% proveniente de fontes renováveis de energia (biomassa da cana, centrais eólicas e resíduos urbanos). Existe a prospecção de que as energias provenientes de geração térmica irão aumentar em até cinco vezes, aumentando o volume de emissões de gases do efeito estufa, devido a políticas que impedem o avanço da geração hidroelétrica (Tolmasquim, Guerreiro & Gorini, 2007).

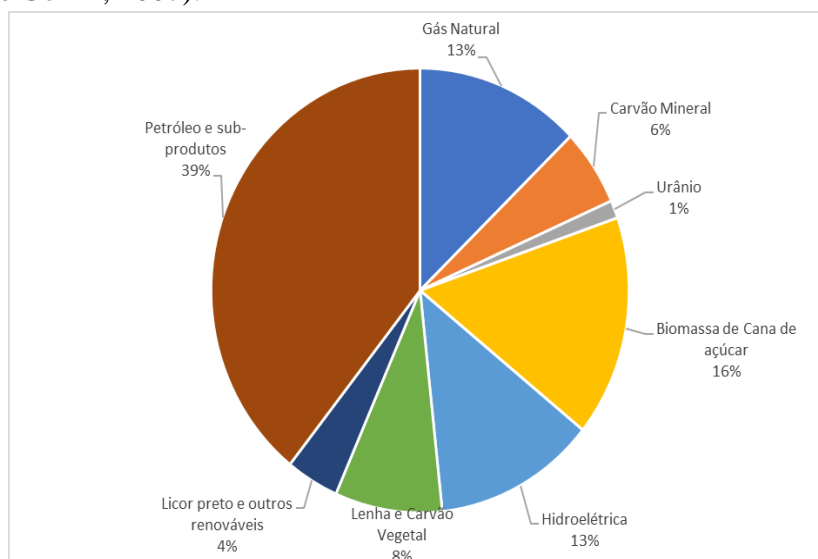


Figura 5: Porcentagem de distribuição da matriz energética do Brasil.

Fonte: Teixeira, da Silva, Neto, Diniz e Sodré (2015).



O Brasil pode ser considerado o maior país em potencial hidráulico do mundo devido a sua configuração geográfica e a abundância de bacias hidrográficas presentes. A energia elétrica é produzida, dentro de uma hidrelétrica, pela força do movimento das águas. Desta forma ela é influenciada pela vazão do rio, sazonalidade do rio em relação as estações do ano e topografia. Usinas hidrelétricas são compostas de uma barragem, casa de força, vertedouro e sistema de captação e adução de água, tudo funcionando de maneira integrada. O curso normal do rio é interrompido pela criação da barragem, que acumula e armazena uma grande quantidade de água, esta água passa pelos vertedouros formando grandes quedas nas quais a força da água é utilizada para girar turbinas, esta energia mecânica é convertida em energia elétrica por um gerador (Queiroz, Koppe, Grassi, Tartas, Lazzare, Bozzetto, & da Cunha Kemerich, 2013)

Um dos problemas da geração de energia brasileira por hidrelétricas é que elas não estão igualmente distribuídas com o consumo da energia. A maioria das usinas se localiza na região norte/nordeste. Outro problema é que este modal de geração de energia é altamente dependente da época de chuvas, de forma que, em períodos de seca, é necessário usar outras fontes de geração. A dimensão territorial do país também é um fator significativo, fazendo com que se tenha mais de 87.000 km de linhas de transmissão de alta voltagem pelo país, interligadas entre si, tornando o *grid* bem mais complexo quando comparado a países menores (Teixeira, Silva, Neto, Diniz & Sodré, 2015).

Os danos ambientais causados pela geração hidrelétrica são consideráveis. A necessidade de represamento de água inunda uma extensa área afetando fauna, flora, comunidades locais e alterando a biodiversidade da região. Além disso, a vegetação alagada começa a entrar em decomposição e este processo libera metano, um dos principais gases do efeito estufa (Queiroz et. al, 2013)

Com a finalidade de aumentar o fornecimento de energia sem aumentar as emissões de gases, tem-se empenhado em reduzir as perdas e falhas do sistema. Em 2011 o país sofreu com uma crise energética, produzindo os chamados “apagões”. Esta crise se deu por falta de investimentos no setor, falta de chuvas, danos na linha de transmissão e falhas do sistema. Vale ressaltar que, mais do que falta na produção de energia a crise se deu principalmente por problemas na transmissão da mesma (Teixeira, Silva, Neto, Diniz & Sodré, 2015).

Atualmente, a tecnologia aceita como mais eficiente de distribuição de energia elétrica é o Smart grid que é um sistema inteligente e flexível de distribuição de energia elétrica.

Smart grid

A energia elétrica flui por um sistema elétrico unidirecional. O *smart grid* incorpora um fluxo bidirecional, que facilita a comunicação entre os setores, aumenta a flexibilidade, eficiência, credibilidade, segurança e economia. Ou seja, se num sistema convencional a energia vai da usina até a subestação e desta para cada bairro isoladamente, com a implantação da *smart grid* ela flui no sentido oposto também, além de interligar os bairros. Além disso ela possibilita a coleta de dados em tempo real e a solução remota de algumas falhas. Este sistema também permite ao consumidor interagir com a rede, caso ele possua geração independente de energia, como fotovoltaica, de forma a fornecer seu excedente a rede quando for possível. Este sistema pode diminuir em até 7% as perdas na distribuição de energia (Teixeira, Silva, Neto, Diniz & Sodré, 2015).

Uma possível interação do *smart grid* com os veículos elétricos é conhecida como *vehicle to grid* (V2G), um sistema no qual VE funciona como um armazenador de energia. O usuário abastece o veículo quando a tarifa é menor, fora do horário de pico e vende o que não está usando em horários de alta da tarifa, ou seja, nos horários de pico. Estudos apontaram que veículos particulares estão em movimento somente 4% de seu tempo, estando estacionados nos 96% restantes do tempo, de forma que podem ser usados em V2G, sendo favorável para o



consumidor, que economiza com a energia e para a rede que não sofre com falta de eletricidade em seus horários de maior consumo (Hosseinpour, Chen & Tang, 2015)

O Brasil ainda não possui sistema de *smart grid* consolidado, possui apenas alguns projetos piloto em fase de estudo. Em Aparecida, SP, pela empresa portuguesa EDP, em Barueri, SP, pela empresa AES Eletropaulo, no Rio de Janeiro e Minas Gerais, por uma parceria das empresas *Light* e CEMIG, em Búzios, RJ, pela empresa Ampla/Endesa Brasil (Teixeira, Silva, Neto, Diniz & Sodré, 2015).

Desta forma o impacto da adoção de VE no *grid* energético brasileiro não   favorável. A alta demanda exigida quando os usuários estiverem carregando seus veículos pode superar a capacidade de fornecimento de energia do país. Um estudo realizado em 2011 constatou que, caso haja substitui o da frota de VCI, em 20%, por VE, já seria o suficiente para aumentar de forma incompatível a demanda (Teixeira, Silva, Neto, Diniz & Sodré, 2015).

Cunha (2011 como citado em Teixeira et al. (2015) realizou um estudo no qual avaliou o impacto da substitui o progressiva da frota de VCI brasileira por VE. Este estudo constatou os aumentos de demanda de energia apresentados pela Figura 6, e o autor concluiu que a substitui o de 20% da frota é impraticável devido a super taxaço da matriz energética atual e sua baixa qualidade.

Taxa de substitui�o (%)	Aumento na demanda (GWh/dia)	Aumento na demanda %
10	53,3	1,94
20	106,0	3,88
30	159,0	5,81
100	533,0	19,4

Figura 6: Aumento na demanda de energia elétrica pela substitui o da frota de veículos brasileira.

Fonte: Adaptado de Teixeira, da Silva, Neto, Diniz e Sodré (2015).

Afim de analisar de forma criteriosa os dados apresentados neste capitulo, foi utilizado um método de pesquisa e um método de coleta de dados seguindo metodologias de pesquisa propostas e comumente utilizadas no campo do conhecimento cientifico e acad mico aqui estudados.

3 Metodologia

A metodologia de pesquisa empregada neste trabalho tem caráter qualitativo, já que trata de forma mais aprofundada o objeto estudado, descritivo porque expõe características de um determinado fen meno, explicativa, já que expõe as ocorrências significantes que contribuíram com a existência do fen meno e aplicada, já que visa a soluço de um problema real. A coleta de dados se dará por análise documental e análise bibliográfica, consultando dados estatísticos de órgãos governamentais, legisla es e artigos de periódicos que abordam o tema discutido (Vergara, 1998).

Ou seja, trata-se de uma análise bibliográfica e documental com a finalidade de descrever, explicar e propor aplica es práticas para lidar com o uso de VE de carga e seus eventuais impedimentos. Isso se dará por meio da análise da literatura a respeito de VE, mobilidade urbana e transporte de carga, traçou-se um *framework* dos impedimentos relacionados a sustentabilidade e a tecnologia.

Dessa forma, os resultados da aplica o desta metodologia de pesquisa, como parte do método aplicado, são apresentados e discutidos a seguir.



4 Análise dos Resultados

Quando se trata de VE, se está falando diretamente da criação e renovação de tecnologias e de impactos ambientais. Eles vêm sendo considerados uma das mais promissoras forma de mitigação da emissão de gases do efeito estufa no modal de transporte. Muito países já proibiram a fabricação de VCI e pretendem proibir seu uso dentro de datas estipuladas, como apresentado na Figura 7.

País	Data da proibição	Data limite
Alemanha	Outubro de 2016	2030
Noruega	Fevereiro de 2017	2025
Índia		2030
França		2040
Reino Unido		2040
China		2030

Figura 7: Data de proibição da comercialização de VCI e data limite ao uso de VCI.

Fonte: Adaptado de Jones (2017).

Porém, diversos entraves de naturezas distintas, vêm impedindo ou dificultando o uso de VE, principalmente no Brasil. A natureza tecnológica é uma das principais geradoras de entraves, já que apesar de antiga, a tecnologia nunca foi devidamente explorada e ainda existem muitos limitantes como a falta de um plano de alocação de postos de recarga, desenvolvimento local de baterias, sistemas de troca e descarte das baterias, infraestrutura de manutenção e de recarga.

Segundo Hosseinpour, Chen e Tang (2015), as barreiras tecnológicas relacionadas à adoção de veículos são a autonomia das baterias atuais e seu longo tempo de recarga e paradoxalmente, para aumentar a autonomia são necessárias mais baterias ou baterias maiores, o que acaba por aumentar o tempo de recarga. Também, variações climáticas e outros fatores externos afetam o desempenho das baterias, o que é potencialmente problemático pois baixas temperaturas climáticas reduzem a densidade de potência nas baterias enquanto altas temperaturas climáticas fazem com que o ar condicionado seja extensamente utilizado, o que aumenta o consumo da energia das baterias.

As pessoas que estão habituadas ao uso de VCI tem autonomia para rodar muitos quilômetros abastecendo seus veículos numa média de uma vez por semana, com o uso dos VE's a baixa autonomia as obrigará a carregar seus veículos diariamente.

Além disso, as baterias também podem ser instáveis, como as de íon-lítio, pesadas, conter compostos perigosos como chumbo e ácidos e podem ser complicados para se reciclar. Quando se analisa o ciclo de vida dos VE, as baterias normalmente possuem um tempo de vida superior ao restante do veículo, são complicadas ou impossíveis de reciclar e por conter substâncias perigosas exigem disposição adequada. Racz et al. (2015) afirmaram que na reciclagem de 1Kg de bateria são emitidos 0,24kg de escória, 30g de tóxicos no solo, a água é contaminada com menos de 0,1Kg de níquel, chumbo, cádmio, mercúrio e antimônio e o ar é contaminado com menos de 5g de chumbo, cádmio, chumbo, níquel e arsênio, ou seja, o processo de reciclagem das baterias pode ser muito perigoso aos seres humanos e ao ambiente.

O tempo de carregamento é outro fator importante. Um VE ou VEHP leva em torno de 8 a 14 horas. Somado a isso, a falta de infraestrutura para o carregamento piora a situação. Teixeira et al. (2015) afirmaram que existem três tipos de carregamento: o tipo 1 ou carregamento lento, que utiliza baixa voltagem (120V) em uma corrente de 15 A a 20 A, dando uma energia máxima de 3,44kW. Este tipo de carregamento é o que pode ser feito em



residências, durante a noite ou no estacionamento de empresas ao longo do dia. O tipo 2, ou carregamento rápido utiliza correntes de 240V, com energia de 60kW e corrente de 14,1A. O tipo 3 ou carregamento rápido, é designado aos VE que excedem 20kW, podendo carregar 80% de sua bateria em 1 hora, sendo aplicada em pontos comerciais, como postos de gasolina.

Quanto ao sistema de troca de baterias, pode ser um problema pelo fato de existirem diversos modelos de baterias e de cada marca poder ter uma especificidade diferente fazendo com que os postos de troca tenham um grande estoque para acomodar a variedade necessária. Neste caso, padronizar as baterias poderia ser uma soluç3o para facilitar a troca e os aluguéis de bateria (Castro & Ferreira, 2010)

As limitaç3es relacionadas ao motor s3o referentes ao seu ciclo de vida, em uma preocupação maior com o uso de terras raras que podem dificultar sua reciclabilidade.

Os VECC ainda t3em uma tecnologia muito prematura, com as membranas muito suscetíveis a intoxicaç3o por monóxido de carbono e com custo de produç3o muito alto implicando em um produto final com alto preç3o de mercado e reposiç3o dispendiosa.

Quando se trata do aspecto da matriz energ3tica e do *smart grid*, o Brasil, embora seja considerado de fonte de energia renovável, ainda utiliza muita energia n3o renovável e a renovável utilizada é 90% baseada em energia hidrelétrica, que quando avaliada na totalidade da cadeia, gera impactos ambientais consideráveis, inclusive com alta emiss3o de metano e contribuiç3o para o aquecimento global. Seria necessário o foco em fontes de energia que n3o geram impactos como a eólica e a fotovoltaica para que se possa considerar uma adoç3o de VE's sem emiss3o de poluentes. Como visto no estudo de Cunha (2011), o *grid* energ3tico do Brasil, atualmente, comporta uma substituiç3o máxima de 10% dos VCI, sendo necessária uma ampla adoç3o de *smart grid* para que, com o sistema V2G, a substituiç3o tenha um impacto diminuído, podendo até gerar benefícios para todos os envolvidos.

O transporte de carga traz o agravante de lidar com peso carregado, além de tempo de entregas e maior quantidade de paradas. Sabendo que o peso diminui a efici3ncia dos veÍCulos e que, no caso de VE, o arranque de partidas consome mais energia, torna-se bem complicado o uso destes veÍCulos para transportar carga. Uma soluç3o encontrada é o uso dos VEH, que conseguem sanar a defici3ncia da autonomia e do consumo na partida, mas em contrapartida n3o s3o zero emiss3es. Os VECC podem ser uma alternativa caso o veÍCulo em quest3o possua espaç3o para armazenar os tanques necessários, o que acaba por diminuir seu espaç3o útil para cargas (Castro & Ferreira, 2010).

A Figura 8 apresenta um resumo dessas limitaç3es e de quais tipos de tecnologias s3o afetadas por elas.



Influencia tecnológica			Veículos afetados			
Tecnologia		Consequência e limitantes	VE	VEH	VEHP	VECC
Motores e propulsão	Uso de ímãs de terras raras	Impacto ambiental no ciclo de vida do produto				x
Baterias	Densidade de potencia	Necessidade de baterias maiores	x	x	x	x
	Capacidade de carga					
	Velocidade de recarga	Tempo maior de recarga	x		x	x
	Sensibilidade térmica	Perda de eficiência decorrente do clima	x	x	x	x
	Estabilidade química	Aspectos de segurança	x	x	x	x
	Dificuldade de reciclagem	Impacto ambiental no ciclo de vida do produto	x	x	x	x
	Sistema de troca de baterias	Diversos tipos e modelos potencialmente incompatíveis	x		x	
Células de combustível	Suscetível a contaminação	Perda de eficiência energética				x
	Alto custo	Preço final alto, reposição dispendiosa				x
Infraestrutura	Matriz energética ultrapassada	Não comporta a demanda de energia necessária	x		x	
	Formas não renováveis de geração de energia	Impacto ambiental no uso do produto	x		x	

Figura 8: Limitações e tipos de tecnologias de VEs que influenciam.

Fonte: O Autor.

5 Conclusões

Apesar de ser uma tecnologia existente a mais de um século, a implantação de VE, em todas as suas variações, ainda possui muitos entraves, principalmente quando são avaliadas as tecnologias utilizadas e o aspecto ambiental envolvido. Para que possam atuar com zero emissões, os VE dependem da matriz energética de zero emissões, além de possuir um sistema inteligente e bem conectado de gerenciamento e distribuição, permitindo uma via bilateral de energia.

Esta pesquisa indica que as tecnologias utilizadas nas baterias ainda não detêm aspectos necessários para veículos limpos, como serem recicláveis, possuir maior capacidade de carga que se traduz em autonomia, possuir menor tempo de carregamento, possuir menor massa e aspectos de segurança. Ainda, a infraestrutura utilizada para o seu carregamento é um fator de grande influência, uma vez que, por a autonomia do veículo ser reduzida, o carregamento do veículo se torna frequente.

Quando pensamos no setor de transporte de carga, soma-se a estes entraves a massa da carga transportada no veículo, que exige mais potência e diminui sua eficiência.

A alternativa ao uso de VE são os veículos híbridos que, embora emitam poluentes, conseguem sanar o principal limitante dos VEs, a autonomia, sendo mais energeticamente eficientes que os VCI.



Como o Brasil é um país com grande extensão territorial, as viagens rodoviárias são mais longas e exigem maior autonomia dos veículos utilizados. Embora o mercado automotivo Brasileiro já possua muitos fabricantes com diversos modelos de VE em circulação, inclusive para transporte de carga, ainda são necessárias muitas melhorias e implantação de infraestrutura para que esta tecnologia seja bem acomodada e não gere danos aos usuários e ao meio ambiente.

Acima listadas, as influências tecnológicas para o uso de veículos elétricos demonstram a possível extensão deste trabalho de pesquisa buscando as soluções mais utilizadas em outros países para mitigar as influências negativas detectando soluções de sucesso para os desafios tecnológicos observados no cenário brasileiro.

Com as devidas melhorias e sanando as necessidades de infraestrutura, a adoção dos VEs podem ser uma solução para redução ou eliminação dos GEE gerados pelo principal modal de transporte utilizado no Brasil, este potencial pode ser visto em cidades da Europa que já adotaram tecnologias limpas no transporte.

6 Referências

Barczak, R., & Duarte, F. (2012). Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 4(1), 13-32.

Castro, B. H. R. D., & Ferreira, T. T. (2010). Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. *BNDES Setorial*, 32, 267-310.

Chan, C. C. (2007). The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95(4), 704-718.

Hosseinpour, S., Chen, H., & Tang, H. (2015, August). Barriers to the wide adoption of electric vehicles: A literature review based discussion. In *Management of Engineering and Technology (PICMET), 2015 Portland International Conference on* (pp. 2329-2336). IEEE.

Jones, B. (2017). By 2040, you won't be able to buy a non-electric vehicle in these nations. *Futurism, Earth & Energy*. Recuperado em: 06 novembro, 2017, de <https://futurism.com/by-2040-you-wont-be-able-to-buy-a-non-electric-vehicle-in-these-nations/>

Lant, K. (2017). China is creating a future with worldwide electric vehicle adoption. *Futurism, Earth & Energy*. Recuperado em: 06 novembro, 2017, de <https://futurism.com/china-is-creating-a-future-with-worldwide-electric-vehicle-adoption/>

Liu, X., Hildebrandt, D., & Glasser, D. (2012). Environmental impacts of electric vehicles in South Africa. *South African Journal of Science*, 108(1-2), 01-06.

Queiroz, R., Koppe, E., Grassi, P., Tartas, B., Lazzare, K., Bozzetto, C., & da Cunha Kemerich, P. D. (2013). Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (FECHADA PARA SUBMISSÕES POR TEMPO INDETERMINADO)*, 13(13), 2774-2784.

Racz, A. A., Muntean, I., & Stan, S. D. (2015). A Look into Electric/Hybrid Cars from an Ecological Perspective. *Procedia Technology*, 19, 438-443.

Rolnik, R., & Klintowitz, D. (2011). (I) Mobilidade na cidade de São Paulo. *Estudos Avançados*, 25(71), 89-108.

Teixeira, A. C. R., da Silva, D. L., Neto, L. D. V. B. M., Diniz, A. S. A. C., & Sodré, J. R. (2015). A review on electric vehicles and their interaction with smart grids: the case of Brazil. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(4), 841-857.

Tolmasquim, M. T., Guerreiro, A., & Gorini, R. (2007). Matriz energética brasileira: uma perspectiva. *Novos estudos-CEBRAP*, (79), 47-69.

Vergara, S. C. (1998). Projetos e relatórios de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas.



VII SINGEP

Simposio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

Wendt, H., Götz, M., & Linardi, M. (2000). Fuel cell technology. *Química Nova*, 23(4), 538-546.