

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARC JOUËT-PASTRÉ

VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL: DESAFIOS RELACIONADOS À
SUSTENTABILIDADE

CURITIBA

2020

MARC JOUËT-PASTRÉ

VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL: DESAFIOS RELACIONADOS À
SUSTENTABILIDADE

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de MBA em Gestão Estratégica em Energias Renováveis e Biocombustíveis, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

CURITIBA

2020

VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL: DESAFIOS RELACIONADOS À SUSTENTABILIDADE

MARC JOUËT-PASTRÉ

RESUMO

A presente época tem apresentado quebra de paradigmas em diversas áreas, proporcionado o aparecimento de inúmeras tecnologias disruptivas, sendo o veículo elétrico uma delas. Junto ao estudo deste tipo de veículo, faz-se necessária uma análise mais aprofundada de conceitos ligados ao mesmo: baterias de armazenamento, fontes renováveis de energia, eficiência energética e impactos causados por esse novo meio de transporte no que diz respeito ao ambiente. Tal estudo foi efetuado por meio de revisão bibliográfica e análise documental. Como resultado, obteve-se que: as mudanças tecnológicas em curso são a base da indústria 4.0, sendo que a nanotecnologia e o armazenamento de energia estão ligadas aos veículos elétricos; a energia contida em uma unidade de volume de etanol é bem maior que a presente em uma unidade de volume de bateria; e, a maior parte das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no ciclo de vida dos veículos elétricos (VE) está na etapa de fabricação, sendo que se a energia que os alimenta for oriunda de uma matriz elétrica renovável, há um maior benefício no quesito sustentável. Por fim, conclui-se que o Brasil é um país privilegiado para a inserção de VE, visto sua matriz elétrica ser constituída em sua maioria por fontes de energia renováveis, muito embora na atual conjuntura o melhor para o país seria o incentivo aos veículos flex híbridos.

Palavras Chave: baterias, eficiência energética, energias renováveis, etanol, objetivos do desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The present era has shown a breakdown of paradigms in several areas, providing the appearance of numerous disruptive technologies, the electric vehicle being one of them. Along with the study of this type of vehicle, a more in-depth analysis of concepts related to it is necessary: storage batteries, renewable sources of energy, energy efficiency and impacts caused by this new means of transport with regard to the environment. Such study was carried out through bibliographic review and documentary analysis. As a result, it was obtained that: the technological changes underway are the basis of industry 4.0, with nanotechnology and energy storage being linked to electric vehicles; the energy contained in an ethanol volume unit is much greater than that present in a battery volume unit; and, most of the greenhouse gas (GHG) emissions in the life cycle of electric vehicles (EV) are in the manufacturing stage, and if the energy that feeds them comes from a renewable electrical matrix, there is a greater benefit in the sustainable aspect. Finally, it is concluded that Brazil is a privileged country for the insertion of EV, since its electrical matrix is mostly made up of renewable energy sources, although in the current situation the best for the country would be the incentive to flex vehicles hybrids.

Keywords: batteries, energy efficiency, renewable energy, ethanol, sustainable development goals.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna está em constante evolução, sendo que no presente momento vivencia-se uma quebra de paradigma nos domínios econômico e tecnológico, além da busca pela conservação ambiental.

Relativo ao aspecto econômico, verifica-se uma migração da economia marrom, altamente poluidora, baseada na queima de combustíveis fósseis, não renováveis, para uma economia verde, mais sustentável, baseada na utilização de recursos renováveis (PNUMA, 2011).

No que tange a tecnologia, observa-se cada vez mais a inserção de novos atores, quais sejam: utilização de fontes renováveis de energia para a geração de energia elétrica, veículos elétricos (VE) e baterias de armazenamento, sem contar com a busca constante da eficiência energética.

Atinente ao ambiente, constata-se que existe uma busca crescente por parte da sociedade organizada e pelos mecanismos multilaterais como a Organização das Nações Unidas (ONU) no sentido de se alcançar uma maneira de mitigar a geração de gases do efeito estufa (GEE), evitando o aumento da temperatura local e efeitos nocivos à saúde humana e ao ambiente (ONUBR, 2020).

Nesse contexto de amplas e variadas transformações está inserido o veículo elétrico que, no geral, se comparado aos veículos propulsados a motores de combustão interna (MCI), apresentam vantagens tanto a nível de eficiência energética quanto aquelas relativas a mitigação de emissão dos GEE (CHRISPIM; SOUZA; SIMÕES, 2019).

Ainda em relação aos VE, deve-se enfatizar que os mesmos somados a fontes geradoras de energia renováveis, como é o caso do Brasil, que faz uso da hidroeletricidade, dentre outras, apresentarão uma diminuição ainda maior na emissão desses gases nocivos, quando comparados aos veículos propulsados a MCI (CHRISPIM; SOUZA; SIMÕES, 2019).

Acrescente-se ao fato de que veículos movidos a energias renováveis vão ao encontro de se atingir uma auto-suficiência energética, eliminando ou pelo menos reduzindo a dependência do petróleo e derivados.

Em relação aos sistemas de armazenamento de energia (baterias), observa-se que as mais promissoras da atualidade são baseadas em tecnologias de lítio-íon conforme Vasconcelos (2017a), muito embora deva-se continuar a investir em

pesquisas com a finalidade de aprimoramento das mesmas, sem contar com a preocupação de sua disposição final.

Verifica-se ainda que os VE são bem mais eficientes energeticamente se comparados aos veículos movidos a motores de combustão interna, sejam eles a gasolina ou etanol, sendo que os primeiros apresentam, no mínimo, 85% de eficiência, enquanto os segundos apenas 25% (VASCONCELOS, 2017a). O mesmo autor conclui que o mais interessante ao Brasil seria um carro híbrido a etanol.

Por fim, mostra-se que a utilização dos VE estão em consonância com o objetivo número 07 do conjunto dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), que fazem parte da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável da ONU.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a inserção dos veículos elétricos no Brasil e seus desafios em relação a sustentabilidade.

1.1.2 Objetivos específicos

- Contextualizar os veículos elétricos como fazendo parte de uma transformação tecnológica;
- Definir o que são fontes renováveis de energia, matrizes energéticas e elétricas, dispositivos de armazenamento de energia e eficiência energética;
- Classificar os veículos elétricos e comparar com os movidos a etanol e discorrer sobre sustentabilidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS NA TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Em uma época caracterizada pela mudança constante nos setores econômicos, sociais, dentre outros, observa-se igualmente uma grande transformação em relação ao setor tecnológico.

Segundo Marques (2018), o momento atual é marcado por tecnologias emergentes e com alto potencial disruptivo, sendo que um conjunto de oito delas são relevantes, a saber: i. internet das coisas (IoT); ii. redes de comunicação; iii. computação em nuvem; iv. *big data* e inteligência artificial; v. produção conectada e inteligente; vi. bioprocessos e biotecnologia e por último a nanotecnologia, os materiais avançados e armazenamento de energia, que são ligados aos VE. Vale a pena destacar que essas tecnologias estão ligadas ao que é chamado de manufatura avançada ou indústria 4.0.

Conforme o mesmo autor, por meio desse cenário, constata-se ainda que nenhum dos 10 sistemas produtivos mais importantes estará imune as transformações provocadas pelas tecnologias anteriormente citadas. Estes sistemas produtivos são os seguintes: agroindústria, insumos básicos, bens de capital, aeroespacial & defesa, tecnologia da informação e comunicação, bens de consumo, farmacêutico, setor químico, petróleo e gás e o automotivo conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Choques de Inovação

Impactos de oito tecnologias para a competitividade de setores produtivos

TECNOLOGIAS SETORES PRODUTIVOS	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	REDES DE COMUNICAÇÃO	INTERNET DAS COISAS	PRODUÇÃO CONECTADA	MATERIAIS AVANÇADOS	NANO- TECNOLOGIA	BIOTECNOLOGIA	ARMAZENAMENTO DE ENERGIA
AGROINDÚSTRIA	↔	↔	↔	↔	→	↔	↑	→
INSUMOS BÁSICOS	↔	↔	↔	↔	→	→		↔
QUÍMICO	↔	→	↔	↔	↑	↔	↑	→
PETRÓLEO E GÁS	↔	→	↔	↔	↑	↑		→
BENS DE CAPITAL	↑	→	↔	↑	↔	↔		↔
AUTOMOTIVO	↔	↔	→	↔	↔	↔		↑
AEROSPAÇIAL & DEFESA	↔	↔	↔	↔	↑	→		→
TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	↔	↔	↑	↔	↔	↔	→	→
BENS DE CONSUMO	↔	↔	↔	↔	↑	↔		→
FARMACÊUTICO	↔	→	→	→	↔	↔	↑	→

Fonte: Marques (2018)

2.2 FONTES DE ENERGIA

Conforme Chrispim, Souza e Simões (2019), a utilização dos VE é vantajosa em termos ambientais, desde que incentivadas a produção de energia elétrica de fontes que emitam poucas emissões de GEE, ou seja, sejam provenientes de fontes de energia renovável.

As fontes geradoras de energia podem ser classificadas como sendo não renováveis e renováveis. Dentre as não renováveis pode-se citar o petróleo, carvão mineral e gás natural. Relacionada às renováveis, cita-se: eólica, solar e hidráulica, dentre outras. As primeiras são ainda conhecidas por pertencerem a economia marrom, enquanto as segundas são relacionadas a economia verde (EPE, 2019).

2.2.1 Fontes não renováveis

Segundo a EPE (2019), há dois critérios a serem verificados para a caracterização de uma fonte de energia como não renovável: finitude e esgotabilidade.

Conforme essa fonte de consulta, esses dois critérios são verificados pelo fato da natureza repor o petróleo, por exemplo, de maneira muito lenta, visto que este recurso natural demanda um processo de milhões de anos sob condições restritas de pressão e temperatura para ser formado.

Como consequência imediata dessa definição, conclui-se que quanto maior for a utilização desse tipo de energia, menos haverá da mesma no estoque total. Importante observar que as fontes não renováveis, quando formando a base da matriz energética, passam a serem conhecidas também por fontes de energia convencionais (EPE, 2019).

Devido à algumas peculiaridades dessas fontes e suas características serem bem conhecidas, as mesmas predominam na atualidade. Dentre essas características podem ser citadas:

- 1) apresentam um alto rendimento energético;
- 2) preços atrativos;
- 3) geram muitos empregos;
- 4) possuem infraestrutura construída para geração e distribuição.

As principais utilizações das fontes não renováveis de energia se dão de três maneiras: primeiro como geração de eletricidade; segundo, como combustível nos

transportes de cargas e passageiros; e, por fim, servindo para o aquecimento de casas em países frios (EPE, 2019).

Conforme consulta nesse site, pelo fato dessas fontes de energia serem combustíveis (para gerar energia precisam ser queimadas), liberam grande parte da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, ou seja, gases poluentes, responsáveis por impactar o meio e a saúde da população.

Visto serem essas fontes de energia ainda as que compõem a maior parte da matriz energética no Brasil e no mundo e serem passíveis de se esgotarem por serem finitas, deve-se atentar para que as mesmas sejam exploradas racionalmente, buscando a eficiência no uso e também o investimento em tecnologia para o desenvolvimento de fontes renováveis que possam substituí-las (EPE, 2019).

2.2.2 Fontes renováveis

Fontes de energia renováveis são aquelas consideradas inesgotáveis, visto que se renovam constantemente. Como exemplo dessas fontes, podem ser citadas: hídrica (energia da água dos rios), biomassa (energia de matéria orgânica), hidrogênio (energia química da molécula de hidrogênio), eólica (energia do vento) e solar (energia do sol), dentre outras (EPE, 2019).

De acordo com essa fonte de consulta, as fontes renováveis de energia, por emitirem menos gases de efeito estufa (GEE) que as fontes fósseis, são consideradas limpas. Algumas fontes de energia renovável são intermitentes, visto apresentarem variação na geração de energia elétrica em intervalos específicos, ou seja, ao longo do dia ou do ano. Dentre essas podem ser citadas três que apresentam problemas de intermitência: a eólica, a solar e a hídrica. A primeira por não poder gerar energia quando não há ventos, a segunda por ser inoperante no período noturno, e a última delas por não gerar energia em períodos de seca (época de estiagem).

2.2.3 Matrizes energética e elétrica no Brasil

Matriz energética é um conjunto de fontes de energia que um país possui para ser utilizado nos setores comerciais, industriais e residenciais.

A matriz energética mundial é composta majoritariamente por fontes de energia não renovável provenientes de combustíveis fósseis, tais como: petróleo,

carvão mineral e gás natural. No Brasil, muito embora a matriz energética seja predominantemente composta por fontes não renováveis, a participação das fontes renováveis é bastante expressiva (EPE, 2019).

Conforme Vasconcelos (2017a), o maior diferencial de VE é sua emissão nula ou reduzida de GEE no seu funcionamento, porém essa vantagem pode ser diminuída dependendo da matriz energética do país que a possui - caso dos países europeus, onde a eletricidade em grande parte é gerada por queima de carvão em usinas termoeletricas.

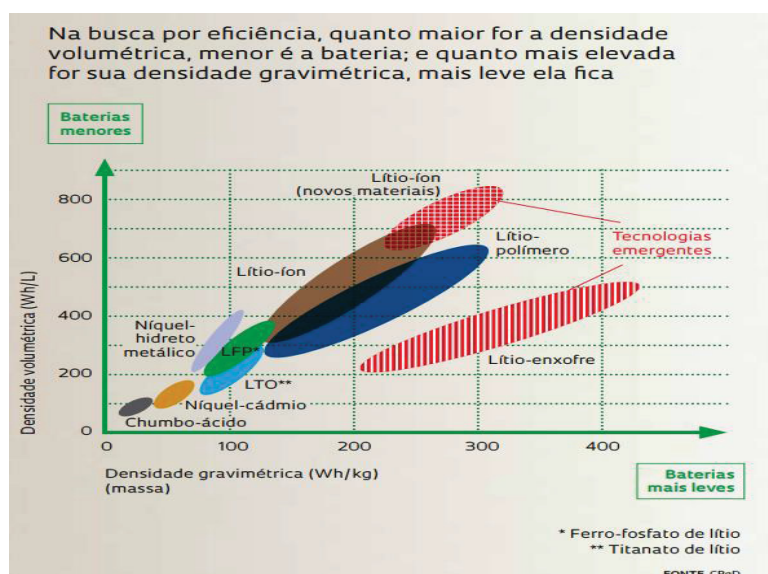
Já a matriz elétrica é conceitualmente definida como sendo um conjunto de fontes disponíveis somente para a geração de energia elétrica (EPE, 2019).

2.2.4 Dispositivos de armazenamento de energia

Os sistemas de armazenamento (baterias), juntamente com os veículos elétricos e a eficiência energética, além da geração distribuída (GD) e a resposta da demanda (RD) fazem parte de um conceito chamado de recursos energéticos distribuídos (RED) (HOLLANDA; SILVA; CUNHA, 2016).

Conforme demonstrado na Figura 2, existem três tecnologias estabelecidas que utilizam métodos eletroquímicos para armazenar energia: baterias de chumbo-ácido, usadas nos automóveis; as portáteis de íons de lítio, utilizadas em equipamentos eletrônicos e carros elétricos; e as células a combustível (MARQUES, 2018).

Figura 2: Evolução das baterias

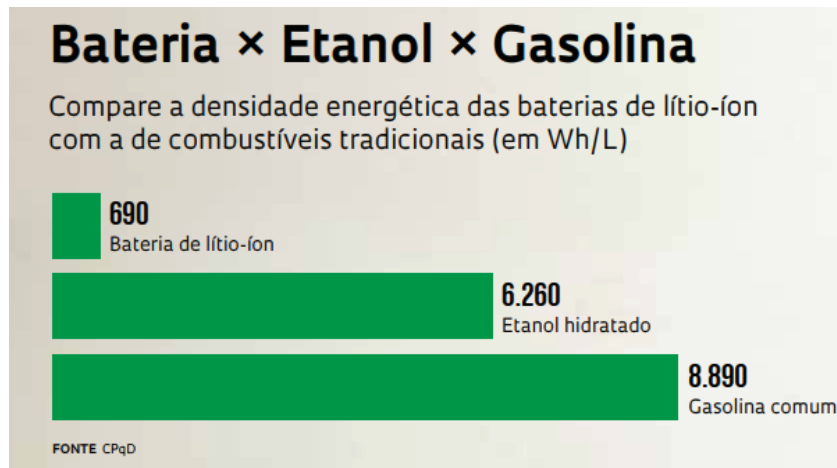


Fonte: Marques (2018)

O mesmo autor afirma que as baterias de íons de lítio estão com os custos cada vez menores, uma vez que há grande investimento de pesquisa no exterior. Elas são de suma importância para os veículos elétricos, além de sua armazenagem diminuir as oscilações no fornecimento de energia de fontes renováveis.

Um modelo de bateria lítio-íon avançado ainda está longe de ter a mesma densidade de energia se comparado ao motor movido a etanol ou gasolina, sendo que as primeiras armazenam dez vezes menos que as duas últimas. Vasconcelos (2017b, p. 72) conclui: “esses números mostram que a energia contida em uma unidade de volume de etanol ou gasolina é bem maior do que a presente em uma unidade de volume de bateria”, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3: Comparação da densidade energética



Fonte: Vasconcelos (2017)

No que tange às fabricantes, tem-se, conforme Vasconcelos (2017a), quatro empresas que se destacam na manufatura das mesmas: Panasonic, Samsung, LG e NEC, sem citar a Gigafactory, consórcio entre a Tesla e a Panasonic.

2.2.5 Eficiência energética

Conforme a EPE (2019), eficiência energética é:

Fazer mais (ou, pelo menos, a mesma coisa) com menos, mantendo o conforto e a qualidade. Quando se discute energia, eficiência energética significa gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais ou obter o mesmo serviço ("realizar trabalho") com menos energia.

Pode-se ainda definir este termo como sendo a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização (ABESCO, 2019).

Como consequência da busca de eficiência energética, alcançam-se dois resultados positivos: redução de gastos (investimentos) em construção de usinas hidrelétricas, linhas de transmissão e distribuição de energia, além da geração de menos GEE.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

Segundo Vasconcelos (2017a) e Chrispim, Souza e Simões (2019), os veículos elétricos classificam-se em três grupos, de acordo com a forma de suprimento de energia:

1) Veículos elétricos puros ou a bateria (VEB): tracionados por um ou mais motores elétricos empregam apenas baterias como fonte de energia. A bateria pode ser recarregada na rede elétrica local e também através do sistema de frenagem regenerativa, que aproveita a energia liberada durante as frenagens;

2) Veículos elétricos híbridos (VEH): tem pelo menos um motor elétrico e um motor a combustão interna. Sua vantagem é a maior autonomia. A bateria é recarregável.

3) Veículos híbridos *plug-in* (VEHP): combinação entre elétricos puros e os híbridos. Também possuem dois motores distintos (a combustão e elétrico) e podem ser alimentados tanto com combustíveis tradicionais, como a gasolina e diesel, como a partir da rede elétrica e frenagem regenerativa.

2.3.1 Comparação entre veículos elétricos e movidos a etanol

Para o físico Goldemberg, Vasconcelos (2017b), a melhor solução em termos de sustentabilidade para o Brasil não seria a utilização de veículos elétricos, e sim veículos movidos a etanol, e justifica: os veículos elétricos possuem limitação energética das baterias, além de no Brasil inexistir uma rede de recarga disponível.

O mesmo autor ainda levanta a questão dos veículos elétricos estarem sendo impulsionados por *lobbies* e pela mídia (FECOMERCIOSP, 2019).

Souza (2015) vai na mesma linha de pensamento de Vasconcelos (2017b) e traz um importante dado:

O veículo que menos polui, comparados o MCI a gasolina, o VEB, o VEH e o VEHP é o movido a etanol, devido a captação de CO₂ durante a produção da cana-de-açúcar, sem contar que a eletricidade usada para a produção de etanol é produzida a partir do bagaço da cana.

Vasconcelos (2017a, p. 20) tem pensamento diferente de Souza (2015) e do físico Goldemberg, e afirma que: “a pegada de carbono da eletricidade gerada no Brasil é muito semelhante a do etanol”. Porém, segundo ele, essa relação pode mudar se o país passar a usar mais usinas termelétricas para complementar a geração das hidrelétricas.

2.3.2 Veículos elétricos e sustentabilidade

Tendo em vista que o setor de transporte é um setor chave para a gestão energética e para a implementação de estratégias de economia de baixo carbono, deve-se analisá-lo cuidadosamente.

Os veículos movidos a gasolina e diesel poluem a atmosfera principalmente durante sua fase de operação e menos durante sua etapa de fabricação, exatamente o contrário do que ocorre com os veículos elétricos, que poluem mais durante a fase de manufatura do que da fase de operação (CHRISPIM; SOUZA; SIMÕES, 2019).

Os mesmos autores apontam que:

Cerca de 85 a 90% das emissões no ciclo de vida de veículos movidos à gasolina estão na etapa de operação, sendo que a etapa de fabricação possui menor porção emissões. Já um VE gera maior quantidade de emissões (cerca de 70%) em sua etapa de fabricação do que o veículo à gasolina, considerando um veículo que faça 426 km por carga. Isso varia dependendo do modelo (CHRISPIM; SOUZA; SIMÕES, 2019, p.134).

3 METODOLOGIA

Este artigo consiste em uma pesquisa qualitativa com base bibliográfica e documental que considerou artigos científicos e consultas de documentos em *sítes* de organizações especializados no tema. As informações aqui contidas foram retiradas de mais de uma fonte de pesquisa e confrontadas entre si, de modo a se atingir um resultado o mais exato possível. O trabalho foi realizado entre agosto e dezembro de 2019 e utilizou fontes científicas datadas de 2015 em diante, utilizando cinco palavras chaves: baterias, eficiência energética, energias renováveis, etanol, objetivos do desenvolvimento sustentável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FONTES DE ENERGIA

As energias renováveis são descritas como sendo aquelas consideradas inesgotáveis e emissoras de menos GEE.

A tabela 1 apresenta a evolução dessas energias no mundo, considerando dois momentos: 2013 e 2017.

Tabela 1: Energias Renováveis no Mundo em 2013 e 2017

Energias Renováveis Mundo (GWh)	2013	2017	Evolução (%)
Solar	139.641	443.554	218
Eólica	646.365	1.127.319	74
Hidráulica	3.898.284	4.197.299	8
Biogás	73.721	86.328	17
Biomassa	284.071	395.201	39
Marés	926	1.044	13
Solar Térmica	5.867	10.848	85
Geotérmica	71.744	85.348	19
Resíduos	65.261	77.347	19

Fonte: IEA (2020)

De acordo com a Tabela 1, observa-se que a nível mundial: houve um aumento no emprego de energia solar (de 218%), da eólica (de 74%) e da hidráulica (de 8%).

Esse tipo de energia é abundante no Brasil e tem crescido substancialmente.

A Tabela 2 apresenta, também de forma comparativa, o uso dessas energias no Brasil em 2013 e 2017.

Tabela 2: Energias Renováveis no Brasil em 2013 e 2017

Energias Renováveis Brasil (GWh)	2013	2017	Evolução (%)
Solar	5	832	16.540
Eólica	6.579	42.373	544
Hidráulica	390.992	370.906	-5
Biogás	406	1.027	153
Biomassa	39.987	51.228	28

Fonte: IEA (2020)

De acordo com a Tabela 2, observa-se que (a nível nacional) houve aumento no emprego de energia solar (aumento de 16.540%) e de eólica (de 544%), enquanto ocorreu diminuição da hidráulica (de -5%).

4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Marques (2018), devido a ampla difusão das tecnologias emergentes e uma acelerada redução de custos, uma empresa qualquer poderá fabricar um produto e acompanhá-lo ao longo de sua vida útil até o reaproveitamento da matéria-prima utilizada, o que será benéfico para as baterias dos VE e impactará positivamente o ambiente.

Em relação ao emprego de energias renováveis, pode-se constatar que estão de acordo com o objetivo 7 dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), que estabelece que até 2030 deve-se assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis à energia para todos (ONUBR, 2019). Observe-se também no referido *site* a seguinte afirmação “Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global”.

Relativo a matriz elétrica, constata-se que a nível mundial, tal como na matriz energética, ela é baseada em combustíveis fósseis. A matriz elétrica brasileira, ao contrário da mundial, é predominantemente renovável, com destaque para a energia hidráulica (EPE, 2019).

Segundo Vasconcelos (2017a), as baterias de lítio-íon são o estado da arte no segmento, permitindo que os veículos rodem 250 km sem necessidade de recarga, sendo que o ideal é que esse patamar dobre, equiparando a autonomia dos VE as dos carros movidos a combustíveis fósseis e etanol.

Concernente a eficiência energética veicular, Vasconcelos (2017a) declara: veículos a combustão interna atingem cerca de 25%, enquanto os elétricos começam em 85% a depender do modelo, ou seja, os elétricos são três vezes mais eficientes se comparados aos MCI.

Note-se que a busca da eficiência energética está de acordo com o item 7.3 do objetivo 7 dos objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU: “Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética” (ONUBR, 2019).

Para Vasconcelos (2017a), um carro híbrido a etanol pode ser a melhor solução para o país. Brajterman (2016) considera que os veículos elétricos possuem

vantagens ambientais, desde que a inserção dos mesmos sejam acompanhadas de políticas de incentivo a expansão de produção de energia elétrica oriundas de fontes renováveis.

4.3 DESAFIOS FUTUROS PARA O CRESCIMENTO

Embora as baterias dos veículos elétricos tenham evoluído bastante, ainda apresentam limitações relativas a custo, autonomia, vida útil e reciclagem. Devido a esses fatores há na indústria quem pense em substituí-las por supercapacitores, dispositivos que apresentam o potencial de armazenar energia de maneira vantajosa se comparadas às baterias (GRANDE, 2019).

Segundo esse mesmo autor, supercapacitores apresentam as seguintes características positivas:

- 1) carregam em segundos (em vez de horas);
- 2) suportam temperaturas elevadas (que afetam o desempenho e a vida útil das baterias);
- 3) cumprem infinitos ciclos de carga e descarga.

Como desvantagem cita-se sua capacidade de armazenamento, mas este aspecto depende muito dos materiais de que são fabricados. Os especialistas creem que essa questão pode ser resolvida com o uso do grafeno, um dos melhores condutores de eletricidade que se tem conhecimento. Com a estrutura fina como papel com película de grafeno e nanotubos de carbono, é possível construir um supercapacitor de maior volume por área e maior capacidade de armazenamento (GRANDE, 2019).

Relativo a variação de temperatura, conforme estudo realizado pela Associação do Automóvel dos Estados Unidos (AAA), observa-se que os veículos elétricos perdem autonomia de 12% caso operem a $-6,7^{\circ}\text{C}$ e de 4% caso operem a 34°C (REIS, 2020).

4.4 RECICLAGEM DAS BATERIAS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

Durante a entrega do Prêmio Nobel de Química de 2019, Akira Yoshino afirmou que a reciclagem é a chave do sucesso para popularizar os veículos elétricos no planeta. O custo para reciclar ainda é muito grande, muitas vezes maior do que desenvolver um produto novo. Mas quanto mais baterias forem recicladas, aos poucos o custo vai diminuir, inclusive no preço dos próprios veículos (SCHAUN, 2019).

A quantidade de baterias usadas aumentará com a popularização dos carros elétricos. As matérias-primas contidas nelas são valiosas e não deveriam ir para o lixo, mas também não são tão fáceis de serem recuperadas. Mas não é apenas o processo de reciclagem puro que gera dificuldades, conta Jörg Zimmermann, do IWKS. Os maiores desafios não estão apenas na recuperação de material de qualidade, mas começa logo no início com a desmontagem da bateria. Isso ocorre porque existem muitos sistemas de baterias diferentes no mercado, e os fabricantes de automóveis e de baterias não gostam de divulgar qual é a mistura de materiais usados, dessa forma é difícil a padronização e a automatização do processo de reciclagem. Isso e o grande consumo de energia tornam a reciclagem tão cara que atualmente é mais barato comprar as matérias-primas a partir das minas. Além disso, deve-se criar uma infraestrutura para a coleta de baterias antigas de carros elétricos a fim de reutilizá-las num processo regulamentado de reciclagem, segundo Zimmermann (WREDE, 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo mostrou que os veículos elétricos participam da transformação tecnológica atual, pois apresentam algumas das 08 características das tecnologias emergentes ligadas a indústria 4.0, a saber: nanotecnologia, materiais avançados e armazenamento de energia.

O estudo possibilitou entender aspectos sobre: fontes renováveis de energia, que são caracterizadas por sua inesgotabilidade; matrizes energéticas, que são constituídas por todas as fontes de energia que um país possui; matrizes elétricas, constituídas por fontes disponíveis somente para a geração de energia elétrica; dispositivos de armazenamento de energia, onde as baterias de íon lítio se destacam; eficiência energética, que alcançada pode reduzir investimentos e gerar menos GEE.

Em comparação dos tipos de combustíveis dos veículos, mostrou-se que um veículo a gasolina emite mais GEE na etapa de operação, enquanto um movido a eletricidade emite mais GEE na etapa de fabricação. No quesito geral sobre sustentabilidade, citou-se dois autores, os quais divergiram sobre qual dos veículos geram menos pegadas de carbono.

Dessa forma, o estudo atendeu a seus objetivos e aponta que o Brasil é um país privilegiado para a inserção dos VE, haja vista sua matriz elétrica ser constituída em sua maioria por fontes renováveis de energia; há a necessidade de mais pesquisas em relação aos dispositivos de armazenamento de energia, buscando o barateamento dos mesmos e maior densidade energética;

Por fim, o artigo mostrou, através dos pesquisadores citados, que na atual conjuntura o melhor para o país seria o incentivo aos veículos flex híbridos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (ABESCO). **ABESCO**. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 07/11/2019.

BRAJTERMAN, O. Introdução de veículos elétricos e impactos sobre o setor energético brasileiro. 154 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

CHRISPIM, M. C.; SOUZA, J. F. T. de; SIMÕES, A. F. Avaliação comparativa entre veículos elétricos e veículos convencionais no contexto de mitigação das mudanças climáticas. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.8, n.1, p.127-148, jan/mar. 2019.

FEDERAÇÃO DE COMÉRCIO DE SÃO PAULO (FECOMERCIO SP). FECOMERCIO SP. Disponível em: <<https://www.fecomercio.com.br/noticia/carros-eletricos-ou-etanol-por-jose-goldemberg>>. Acesso em: 13/12/2019.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Fontes de energia. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>>. Acesso em: 07/11/2019.
GRANDE, P. C. Como a Lamborghini planeja eliminar a maior limitação de um carro elétrico. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/como-a-lamborghini-planeja-eliminar-a-maior-limitacao-de-um-carro-eletrico/>>. Acesso em: 15/01/2020.

HOLLANDA, L.; SILVA, T. B. da; CUNHA, P. C. F. da; Recursos energéticos distribuídos. Cadernos FGV Energia, maio 2016, ano 03, nº 07.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Data and Statistics. Disponível em: <<https://www.iea.org/data-and-statistics>>. Acesso em 15/01/2020.

MARQUES, F. Requisitos para a sobrevivência da indústria. Revista Fapesp, ed. 264, p. 30-35, fev. 2018.

ONU BR - NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org>>. Acesso em: 08/07/2020.

PNUMA - PROGRAMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza – Síntese para Tomadores de Decisão. p. 9-10, 2011.

REIS, P. Porque é que os carros elétricos não gostam do frio?. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/carros-eletricos-frio-145071/>>. Acesso em: 15/01/2020.

SCHAUN, A. É possível reciclar as baterias de lítio que equipam os carros elétricos?.

Disponível em: <https://www.revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2019/12/e-possivel-reciclar-baterias-de-litio-que-equipam-os-carros-eletricos />>.
Acesso em:11/07/2020.

SOUZA, L. L. P. Avaliação do ciclo de vida do sistema veículo/combustível no Brasil. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia de Energia, Itajubá, 2015.

VASCONCELOS, Y. A Ascensão dos elétricos. Revista Fapesp, ed. 258, p. 19-27 ago. 2017a.

VASCONCELOS, Y. Mais energia. Revista Fapesp, ed. 261, p. 72-73, nov. 2017b.

WREDE, I. O desafio de reciclar baterias de veículos elétricos.
Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/o-desafio-de-reciclar-baterias-de-ve%C3%ADculos-el%C3%A9tricos/a-52178600>.
Acesso em:11/07/2020.