

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

USO DE CAMINHÕES ELÉTRICOS COMO VEÍCULO DE ENTREGA URBANA NO
TRANSPORTE DE BEBIDAS A PARTIR DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO NO RIO
DE JANEIRO

FELIPE TORRES VIERA

2020



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

USO DE CAMINHÕES ELÉTRICOS COMO VEÍCULO DE ENTREGA URBANA NO
TRANSPORTE DE BEBIDAS A PARTIR DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO NO RIO
DE JANEIRO

FELIPE TORRES VIEIRA

Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadores: Prof. Márcio de Almeida D'Agosto

RIO DE JANEIRO

Março de 2020

USO DE CAMINHÕES ELÉTRICOS COMO VEÍCULO DE ENTREGA URBANA NO
TRANSPORTE DE BEBIDAS A PARTIR DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO NO RIO
DE JANEIRO

Felipe Torres Vieira

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

Prof. Marcio de Almeida D'Agosto, D.Sc.

Prof. Giovani Manso Ávila, D.SC

Prof. Lino Guimarães Marujo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

Março de 2020

Vieira, Felipe Torres

Uso de caminhões elétricos como veículo de entrega urbana no transporte de bebidas a partir de centros de distribuição no Rio de Janeiro/ Felipe Torres Vieira– Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2020.

47 p.:il.; 29,7 cm.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 44-47

1. Introdução 2. Veículos Elétricos de Carga 3. Metodologia
4. Estudo de Caso 5. Análise dos Resultados 6. Conclusão do Projeto

I. D'Agosto, Márcio de Almeida; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil.

“A humildade é o primeiro passo para a sabedoria.”

São Tomás de Aquino

*Dedico este trabalho aos meus pais e a minha irmã,
Monica Lucia Torres Vieira e Rubem Mesquita Vieira, e
Fernanda Torres Vieira.*

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

USO DE CAMINHÕES ELÉTRICOS COMO VEÍCULO DE ENTREGA URBANA NO
TRANSPORTE DE BEBIDAS A PARTIR DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO NO RIO
DE JANEIRO

Felipe Torres Vieira

Março de 2020

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Desde 1970, a emissão de dióxido de carbono (CO_2) dos transportes no mundo mais que dobrou oriunda da queima do petróleo, principal fonte de energia deste modal. Este gás está associado às mudanças climáticas e é responsável por prejuízos sociais significantes como doenças respiratórias e cardiovasculares. No Brasil, o transporte de carga corresponde à metade dessas emissões. Para reverter este quadro, este trabalho propõe o uso de uma alternativa que reduza essas emissões sem sacrificar produtividade: caminhões elétricos. Esta modalidade, embora utilize energia renovável, apresenta um custo de aquisição maior, compensada em parte pela economia no gasto em combustíveis ao longo do tempo. Assim, é realizado um estudo de caso da aplicação deste veículo em um centro de distribuição (CDD) de bebidas no Rio de Janeiro, avaliando a viabilidade econômica e ambiental desta solução envolvendo circunstâncias práticas.

Palavras-chave: Dióxido de Carbono, Petróleo, Prejuízos Sociais, Caminhões Elétricos, Energia Renovável, Centro de Distribuição, Custo, Produtividade, Sustentabilidade.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

USE OF ELECTRIC TRUCKS AS AN URBAN DELIVERY VEHICLE FOR BEVERAGE
TRANSPORTATION FROM DISTRIBUTION CENTERS IN RIO DE JANEIRO

Felipe Torres Vieira

March 2020

Adviser: Márcio de Almeida D'Agosto

Since 1970, the world's carbon dioxide emissions (CO_2) have more than doubled from the burning of oil, the main energy source of this mode. This gas is associated with climate change and is responsible for significant social damage such as respiratory and cardiovascular diseases. In Brazil, cargo transportation corresponds to half of these emissions. To reverse this situation, this paper proposes the use of an alternative that reduces these emissions without sacrificing productivity: electric trucks. This mode, although using renewable energy, has a higher acquisition cost, offset partially by savings in fuel costs over time. Thus, a case study of the application of this vehicle in a beverage distribution center (CDD) in Rio de Janeiro is conducted, evaluating the economic and environmental feasibility of this solution involving practical circumstances.

Keywords: Carbon Dioxide, Oil, Social Damage, Electric Trucks, Renewable Energy, Distribution Center, Cost, Productivity, Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - CAMINHÃO HÍBRIDO-ELÉTRICO USADO PELA EMPRESA COCA-COLA	6
FIGURA 2 – FUNCIONAMENTO DA FRENAGEM REGENERATIVA	7
FIGURA 3 – ESQUEMA DE UM CARRO ELÉTRICO MOVIDO A HIDROGÊNIO.....	12
FIGURA 4 – ESQUEMA COM DIFERENTES TIPOS DE TECNOLOGIA.....	14
FIGURA 5 - CAMINHÃO E-DELIVERY DA VOLKSWAGEN	18
FIGURA 6 - PAYBACK PARA CAMINHÕES ELÉTRICOS COM PRECO ATUAL.....	27
FIGURA 7 - PAYBACK PARA CAMINHÕES ELÉTRICOS COM PRECO AJUSTADO.....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PARÂMETROS DA OPERAÇÃO.....	22
TABELA 2 - DIFERENTES PERFIS DE FROTA NO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	23
TABELA 3 - CUSTOS VARIÁVEIS MENSAIS DE CADA TIPO DE FROTA	24
TABELA 4 - CUSTOS FIXOS MENSAIS DE CADA TIPO DE FROTA À DIESEL	25
TABELA 5 – CUSTOS FIXOS MENSAIS DE CADA TIPO DE FROTA ELÉTRICA	26
TABELA 6 – CUSTOS TOTAIS MENSAIS DE CADA TIPO DE FROTA À DIESEL	26
TABELA 7 – CUSTOS TOTAIS MENSAIS DE CADA TIPO DE FROTA ELÉTRICA	26
TABELA 8 - CUSTOS FIXOS MENSAIS DE CADA TIPO DE FROTA ELÉTRICA PARA PAYBACK DE 10 ANOS	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTO E JUSTIFICATIVA	1
1.2	OBJETIVO	3
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2	VEÍCULOS ELÉTRICOS DE CARGA	5
2.1	TECNOLOGIA DOS VEÍCULOS	5
2.1.1	TREM DE FORÇA ELETRIFICADO POR SISTEMAS DE PROPULSÃO	6
2.1.2	ENERGIZAÇÃO POR FONTE EXTERNA.....	12
2.1.3	OUTRAS TECNOLOGIAS DE ELETRIFICAÇÃO	13
2.2	COMPARAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS.....	13
2.3	USO DE VEÍCULOS DE CARGA ELÉTRICOS NO TRANSPORTE DE BEBIDAS	16
3	METODOLOGIA	19
4	ESTUDO DE CASO	21
4.1	CONTEXTO DO ESTUDO	21
4.2	APRESENTAÇÃO DO ESTUDO	22
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	29
6	CONCLUSÃO DO PROJETO	31
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

Segundo a *International Energy Agency* (IEA, 2019), eletricidade como fonte de energia tem se expandido nos últimos anos para diversos modos de mobilidade urbana. Um dado que comprova este movimento, é o aumento do número de veículos elétricos em circulação, chegando a quase o dobro da quantidade quando se compara 2018 ao ano anterior. Entretanto, 2019 não apresentou o mesmo crescimento. Enquanto na Califórnia onde há uma série de incentivos e infraestrutura, os veículos elétricos capturaram 8% das novas aquisições de 2019, o resto do mundo ainda não possui a mesma maturidade de mercado para esta inovação tecnológica (Quartz, 2019). De qualquer forma, as fabricantes de veículos elétricos entendem que a mudança para este tipo de tecnologia ao longo do tempo é inevitável, principalmente devido aos benefícios que ela traz no combate ao aquecimento global provocado pelos gases de efeito estufa e emissão de gases poluentes atmosféricos, principalmente nas cidades.

Uma das maiores dificuldades para a alavancagem da venda dos veículos elétricos é o custo de produção e conseqüentemente o valor de venda (*The Globe and Mail*, 2019). Neste cenário, incentivos e novas políticas são de extrema importância para tornar mais atrativa a fabricação destes veículos pelas montadoras, permitindo a construção de um mercado mais robusto e competitivo com os veículos convencionais a combustão (Clean Energy Ministerial, 2019). Um exemplo de sucesso reside no Canadá, onde o governo federal iniciou um programa de desconto de 5.000 dólares sobre os veículos elétricos e as vendas refletiram esta estratégia (CAA, 2019).

Assim como o próprio avanço da tecnologia permitiu o aparecimento de veículos movidos a energia elétrica, a bateria que alimenta o motor desses veículos também está sob constante melhoramento e redução de custo de produção, item que corresponde a uma fatia significativa no valor final de venda do veículo (IEA, 2019). Por esse motivo, é essencial que se dimensione a bateria de uma maneira ótima que possa cumprir com as demandas do consumidor. Junto a isso, está sob reformulação o modelo pelo qual os veículos elétricos são produzidos hoje já que eles fazem uso de partes mais compactas como as baterias e o motor elétrico além de ter menos peças que se movem em relação a veículos a combustão.

Vale ressaltar que o setor de transportes é responsável por quase um quarto das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera (*Clean Energy Ministerial*, 2019). O uso de veículos elétricos que não emitem qualquer gás poluente em seu uso final, se configura como um excelente mecanismo para a redução da quantidade desses gases, na busca por melhor qualidade de vida. Assim sendo, o rápido desenvolvimento desta tecnologia, impulsiona cada vez mais o uso de veículos elétricos para o futuro e de infraestrutura de recarga para aumentar a comodidade dos usuários. Nesse sentido, foi criada a campanha EV30@30 cujo objetivo corresponde a atingir 30% de fatia de venda de mercado, em 2030 (IEA, 2019). Essa meta ambiciosa visa padronizar o desafio ao redor do mundo para que todos os participantes possam caminhar na mesma direção e serem monitorados por uma mesma métrica de forma igualitária.

Essa campanha incentiva o comprometimento do setor privado para auxiliar na implementação das ações e no alcance da meta planejada acima. Assim, um dos setores que mais contribui para a emissão de gases poluentes na atmosfera ao longo da sua cadeia produtiva é a de distribuição urbana de produtos. Nesta atividade, inúmeros caminhões saem de suas origens diariamente para realizar entregas em diversos pontos de destino, que são os compradores destes produtos, lançando uma quantidade massiva desses gases no ambiente.

Sendo assim, faz sentido essas empresas terem em suas prioridades a preocupação com o impacto que suas cadeias provocam ao ecossistema local, já que isto pode denegrir a imagem na companhia e colocar sua rentabilidade em cheque. Este risco é mais sensível especialmente para aquelas empresas que possuem seu capital aberto em bolsa e são formadas em parte pelo dinheiro de acionistas que cada vez mais tentam encontrar empresas que se identificam com os seus valores relacionados a sustentabilidade (Edson *et al*, 2008).

Dessa forma, há estudos de viabilidade por parte dessas empresas no que diz respeito à substituição de suas atuais frotas de caminhões movidos a combustíveis fósseis, por veículos elétricos de carga que não emitem qualquer tipo de poluente no uso final e ainda conseguem cumprir com as exigências técnicas de distribuição urbana de cargas ao mesmo tempo que mantém a operação rentável.

1.2 OBJETIVO

O objetivo do atual estudo é situar o desafio supracitado no item acima em um cenário de uma empresa de entrega de bebidas no meio urbano a partir de centros de distribuição em que se analisa a viabilidade econômica da substituição de um caminhão convencional movido a um motor a combustão, por um veículo elétrico de carga, visando a redução da emissão e gases de efeito estufa. Caso a solução encontrada não seja rentável, outras iniciativas serão levantadas como forma de dar prosseguimento ao crescente uso de energia elétrica em atividades comerciais.

Além disso, este estudo serve como uma contribuição em uma das alternativas no sentido de melhorar a qualidade de vida da população urbana. Com isso, toda a cadeia de produção dos bens de consumo que são utilizados para atender e trazer bem-estar aos seus consumidores, possa se tornar mais limpa, sem provocar danos aos mesmos seres humanos que dependem destes produtos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No segundo Capítulo deste trabalho, será ilustrado uma breve descrição da tecnologia de utilizada em veículos elétricos e seus diferentes tipos presentes no mundo atual. Além disso, será descrito as vantagens e desvantagens em relação aos veículos convencionais traçando uma comparação entre as tecnologias e finalmente, justificando a escolha do modelo utilizado para o estudo a ser apresentado mais à frente.

Em seguida, o terceiro Capítulo aborda o método pelo qual o estudo irá comparar as tecnologias. Isso compreende tanto a comparação de custos entre os dois modelos, quanto a descrição de alguns conceitos importantes que serão necessários no estudo de caso, como o fluxo de caixa de um projeto e suas implicações. Além disso, será determinado qual será o parâmetro de comparação utilizado para dar fundamento ao estudo.

O quarto Capítulo corresponde ao estudo de caso que analisa a viabilidade econômica da troca das frotas atuais pelas movidas por energia elétrica cujo resultado será medido pelo parâmetro de comparação descrito no item anterior. Nessa seção, também está contemplada a descrição

das características da operação de distribuição urbana de bebidas que serve como base para a aplicabilidade do método de análise.

Na sequência, o quinto Capítulo trata sobre a análise de resultados do Capítulo anterior, abordando alternativas para cenários caso o resultado dele seja positivo ou negativo. Neste Capítulo também serão abordadas algumas ações que se possam fazer para reduzir o custo dos veículos elétricos que se configura, atualmente, como um dos maiores desafios para o sucesso de seu emprego.

Finalmente, no sexto Capítulo serão abordadas reflexões sobre o estudo de caso e quais desafios que os veículos elétricos ainda precisam enfrentar. Em seguida, apresentam-se as referências bibliográficas do trabalho.

2 VEÍCULOS ELÉTRICOS DE CARGA

Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 1997), um veículo de carga se entende por um veículo destinado ao transporte de carga, podendo transportar dois passageiros, exclusive o condutor. Eles possuem pesos e capacidade autorizados que compreende o menor valor entre pesos e capacidades máximos determinados pela legislação vigente (valores legais) e os pesos e capacidades indicados pelo fabricante ou importador (valores técnicos).

Além disso, há conceitos que devem ser descritos de antemão, todos apresentados pelo CTB. Entende-se por tara, o peso próprio do veículo, acrescido dos pesos da carroceria e equipamento, do combustível – pelo menos 90% da capacidade do tanque, das ferramentas e dos acessórios, da roda sobressalente, do extintor de incêndio e do fluido de arrefecimento, expresso em quilogramas. Já lotação diz respeito a carga útil máxima incluindo o condutor e os passageiros que o veículo pode transportar. A soma da tara e lotação resulta no peso bruto total (PBT) que é o peso máximo que o veículo pode transmitir ao pavimento. Finalmente, o peso bruto total combinado (PBTC) é o peso máximo que pode ser transmitido ao pavimento pela combinação de carga mais o seu semi-reboque ou reboque respeitada a relação potência/peso, estabelecida pelo INMETRO – Instituto de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

Assim sendo, os mesmos conceitos se aplicam para os veículos de carga elétrico. No caso deste estudo, é utilizada fonte de energia elétrica armazenadas em uma bateria recarregável, em substituição às fontes convencionais em veículos de carga que usam combustíveis de origem fóssil tais como óleo diesel e gasolina (D’Agosto, 2015).

Este Capítulo irá elucidar o funcionamento e tecnologia dos veículos elétricos de carga, vantagens e desvantagens em relação ao modelo convencional, e a aplicabilidade desta forma alternativa de energia nos diferentes cenários de entrega urbana.

2.1 TECNOLOGIA DOS VEÍCULOS

Antes de tudo, deve-se deixar claro que o estudo busca dar enfoque aos veículos elétricos rodoviários. Sendo assim, é importante destacar alguns tipos de tecnologia de eletrificação de

caminhões atualmente existentes. Segundo a *Union of Concerned Scientists* (UCS, 2012), existem três macro tipos:

- Trem de força eletrificado por sistemas de propulsão;
- Energização por fonte externa;
- Outras tecnologias de eletrificação;

Os itens a seguir tem o objetivo de elucidar cada tecnologia apresentada acima.

2.1.1 TREM DE FORÇA ELETRIFICADO POR SISTEMAS DE PROPULSÃO

Segundo a UCS, esta tecnologia está presente em 4 tipos de veículos de carga elétricos: o veículo híbrido-elétrico (HEV), o veículo híbrido-elétrico a bateria *plug-in* (PHEV), o veículo elétrico a bateria (BEV) e o veículo elétrico a célula combustível (FCEV).

2.1.1.1 VEÍCULO HÍBRIDO-ELÉTRICO (HEV)

Este modelo utiliza a sinergia de dois ou mais sistemas de propulsão em conjunto com dois ou mais sistemas de armazenamento de energia, segundo Ali Emadi *et al.* (2008). O movimento é produzido pela atuação em conjunto, do motor a combustão interna utilizando fontes de energia convencionais como gasolina e óleo diesel e o motor elétrico aliado a baterias e um sistema de captura de energia usualmente perdida nos freios, também chamada de frenagem regenerativa.



Figura 1: Caminhão híbrido-elétrico usado pela empresa Coca-Cola

Fonte: <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/2019-09/Truck-Electrification-Cutting-Oil-Consumption-and-Reducing-Pollution.pdf>, acessado em 21/02/2020

Os freios regenerativos possuem a capacidade de converter parte da energia cinética que seria perdida em forma de calor e ruído durante a frenagem nos veículos convencionais, em energia elétrica. Isso permite que esta energia seja capturada novamente e armazenada na fonte que a forneceu, como baterias, por exemplo (CANTWELL, Katie, 2002). Esta tecnologia permite recuperar até 30% da energia que seria dissipada e assim, aumenta a autonomia do veículo além de reduzir o uso dos combustíveis de origem fóssil que alimentam o motor a combustão de 10% a 25% (TUR,2006). Esta lógica explicita como o motor elétrico possui capacidade para atuar de formas diametralmente opostas já que ele tanto pode funcionar transformando energia elétrica em mecânica que será transmitida às rodas por meio do eixo do caminhão, quanto no fluxo contrário, transformando energia cinética em elétrica, armazenando parte da energia que seria desperdiçada na frenagem e devolvendo às baterias do veículo (TUR,2006).

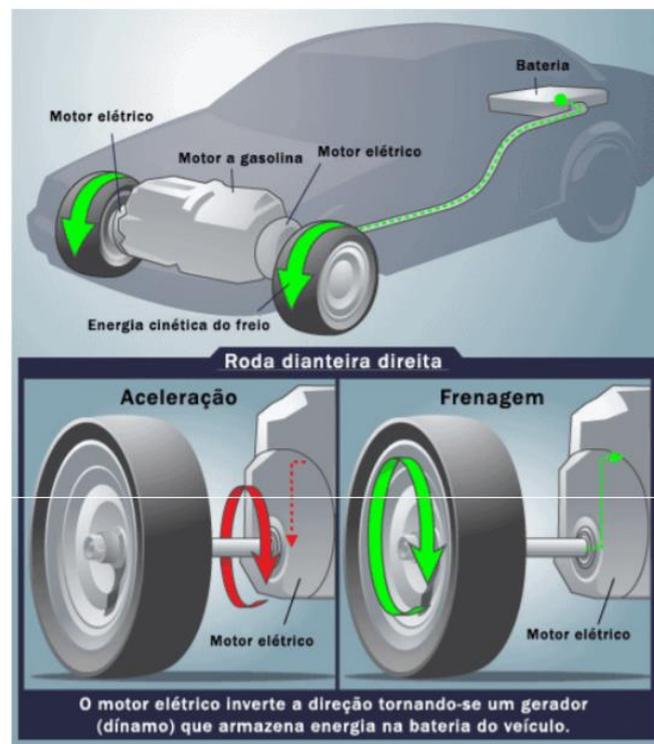


Figura 2: Funcionamento da frenagem regenerativa

Fonte: <http://www.ufrgs.br/projenergia3/projetos/trabalhos-2014/trabalhos-2014-2/GRUPOB.pdf>, acessado em 21/02/2020

Veículos híbridos podem ser classificados como em híbridos em série, paralelo ou em série/paralelo, segundo Ali Emadi *et al.* (2008). O primeiro corresponde àqueles cujo motor de combustão interna envia energia para um gerador elétrico ao invés de enviar diretamente ao sistema de transmissão e às rodas. Esse gerador carrega uma bateria que armazena essa energia

e transfere potência ao motor elétrico que transmite a força para as rodas do veículo. Quando uma alta demanda de energia é necessária, o motor elétrico utiliza energia tanto da bateria quanto do gerador (CAAT, 2012). A frenagem regenerativa também atua como fonte para recarregar esta bateria (UCS, 2015). Já no modelo paralelo, tanto o motor elétrico quanto o motor a combustão funcionam para gerar energia que dá movimento ao veículo. Nesse caso, a bateria é um pouco menor e a frenagem regenerativa se torna mais importante para mantê-la carregada. Quando em baixas demandas de energia, o motor elétrico também funciona como um gerador alimentando a bateria, como um alternador em veículos convencionais. Finalmente, o modelo série/paralelo permite usar o melhor dos dois modelos de hibridização da propulsão veicular, uma vez que o motor a combustão interna pode tanto transmitir energia às rodas quanto ser efetivamente desconectado e deixar esse papel somente para o motor elétrico.

Comparativamente, cada modelo possui maior eficiência em situações distintas. O modelo em série atua melhor em situações de frenagem constante como tráfegos em regiões urbanas quando o motor a combustão perde em eficiência. Isso ocorre pois, nesse cenário, o motor elétrico pode ser alimentado somente pela bateria enquanto o motor a combustão fica em aguardo para ser utilizado onde seja mais eficiente. Como no modelo paralelo, o motor a combustão pode estar conectado diretamente às rodas, a perda na conversão de energia entre mecânica e elétrica é praticamente anulada. Isso faz com que este modelo desempenhe melhor em situações de grandes velocidades como em rodovias, perdendo espaço para os benefícios de ter uma bateria e um motor elétrico no caso anterior.

Entretanto, o modelo em série acaba sendo mais custoso do que o paralelo. Embora o motor a combustão interna seja menor no primeiro modelo, este demanda uma bateria e um motor elétrico mais potentes do que o segundo além da presença do gerador que o paralelo não possui. O modelo em série/paralelo se apresenta como uma alternativa competitiva. Apesar de também possuir um preço elevado em relação ao modelo paralelo, a capacidade de permear entre os modelos possibilita uma eficiência ao seu motor de combustão cada vez mais próxima da ótima. Isso garante maior economia de combustível quando comparados aos dois outros modelos. (UCS, 2015).

Um caso concreto que ilustra o uso de veículos híbridos-elétricos na atualidade, é o uso desse tipo de tecnologia na frota da FedEx. Alguns dos seus caminhões convencionais com motor a combustão interna foram substituídos pela mecânica dos HEVs. Entre 2004 e 2009, a empresa

reduziu o consumo em 150.000 galões de combustível de origem fóssil, além de deixar de emitir 1.521 toneladas de dióxido de carbono em emissões o que é equivalente a retirar 279 carros da rua anualmente (FedEx, 2009).

2.1.1.2 VEÍCULO HÍBRIDO-ELÉTRICO A BATERIA PLUG IN (PHEV)

Esses tipos de veículos são considerados um avanço em relação aos veículos híbridos-elétricos citados anteriormente (Williamson *et al*, 2006). Os PHEVs possuem uma bateria carregada por uma fonte externa como uma tomada com *output* AC, com uma densidade energética maior quando comparados ao modelo de veículo descrito no item anterior. Isso permite percorrer distâncias maiores utilizando somente energia elétrica antes de trocar para o motor a combustão interna (em torno de 10 a 40 milhas), potencializando a eficiência energética do caminhão, reduzindo a emissão de gases poluentes na atmosfera e o custo de operação a partir de menores gastos com gasolina ou diesel (Xing Wu *et al*, 2014).

Entende-se por densidade energética como a quantidade de energia armazenada em função da massa ou volume necessário para isso (FAPESP, 2017). Quanto maior a densidade energética melhor uma bateria, pois significa que ela é composta por células menores que possibilitam maior espaço para cargas. Assim, garante maior autonomia e um uso mais prolongado.

De qualquer forma, esta bateria deve ter capacidade para armazenar energia suficiente provinda de uma fonte externa e da frenagem regenerativa, transmitindo quando necessário para o sistema de tração a fim de provocar a movimentação das rodas. Como esta bateria é alimentada por uma fonte AC, é indispensável que se tenha um conversor AC-DC com um fator de correção de potência associado e um controle programável para manter um perfil voltagem-corrente adequado. Além disso, para que a energia chegue da bateria até o sistema de tração, é necessário um conversor bidirecional DC-DC (Ali Emadi, 2008).

É importante que se utilize um tamanho ideal de bateria para o modelo de veículo PHEV já que este equipamento representa um dos maiores custos em relação as demais peças e neste tipo de tecnologia a bateria tende a crescer pela necessidade de se acumular maior quantidade de energia. Assim sendo, a melhor escolha para a bateria está intimamente ligada a distância que o veículo irá percorrer entre recargas criando a necessidade por baterias maiores para cobrir grandes quilometragens, que em alguns casos um veículo HEV não alcança (Shiau, 2009).

Embora, o uso desse tipo de veículo possa reduzir a quantidade de gases de efeito estufa emitida no uso final drasticamente, o fato de necessitar uma bateria maior com elevada capacidade aumenta os custos de fabricação do veículo e acaba se configurando como um modelo menos viável economicamente do que os HEVs. Além disso, a bateria usualmente atinge ciclos que carga e descarga mais intensos que os HEVs o que provoca maior desgaste, reduzindo a sua vida útil.

2.1.1.3 VEÍCULO ELÉTRICO A BATERIA (BEV)

Este tipo de veículo utiliza um motor elétrico para gerar a força de tração necessária no lugar de um motor a combustão. Isso também significa que no lugar de um tanque de combustível são utilizadas baterias recarregáveis por fontes externas. Estas baterias são carregadas com energia elétrica que é armazenada na forma de energia química que será transformada em energia elétrica novamente para em seguida ser utilizada pelos motores. Estes por sua vez, são responsáveis em converter energia elétrica em mecânica que possibilitará com que o carro possa se deslocar.

Pelo fato desse tipo de veículo não possuir motor a combustão, ele não emite qualquer gás poluente pelo uso final atuando como um poderoso aliado na luta por melhor qualidade de vida, diminuindo o risco de se desenvolver câncer associados a poluição no ar, por exemplo (D' Agosto, 2015). Vale ressaltar que em alguns casos, a produção da energia elétrica que chega até a bateria destes veículos nem sempre é limpa como é o caso do uso de termoelétricas que alimentam a rede de transmissão de uma cidade, e que será usada para recarregar as baterias destes veículos por meio de tomadas em domicílios.

Atualmente, caminhões elétricos possuem autonomia entre 80 e 160 quilômetros entre recargas e se configuram como um modelo perfeito para a utilização em entregas urbanas que possuem suas rotas bem definidas. Nesta situação, há uma economia significativa em combustível em comparação a modelos convencionais, a partir do uso de energia presentes na rede elétrica. (UCS, 2015). Este é o tipo de veículo que servirá de base para o estudo de caso mais à frente.

Empresas como a Ambev no Brasil iniciaram testes com esse tipo de veículo em sua frota atual. Em 2018, eles foram responsáveis pelo anúncio da parceria com a Volkswagen para o fornecimento de 1,6 mil caminhões elétricos até 2023. Após um ano de operações, já é possível

extrair reflexos positivos destes testes. Os resultados demonstram que 11 toneladas de dióxido de carbono deixaram de ser emitidos na atmosfera e 3,3 mil litros de diesel deixaram de ser consumidos pelos caminhões (Auto Motive Business, 2019).

2.1.1.4 VEÍCULO ELÉTRICO A CÉLULA DE HIDRÔGENIO (FCEV)

Com a evolução da tecnologia, a célula de hidrogênio tem se mostrado cada vez mais interessante para propulsão em veículos elétricos de carga já que ela faz uso da conversão direta de energia, utiliza pouca energia, emite pouca quantidade de gases poluentes em toda cadeia e usa fontes alternativas de combustível. Além disso, não há perda significativa em autonomia, sendo comparáveis aos modelos convencionais. Esta tecnologia também tem o potencial de reduzir a emissão de dióxido de carbono ao longo de toda cadeia de suprimento e uso do combustível em cerca de 30%, já que os produtos da conversão, são somente calor e água (H₂O) (Emadi *et al*, 2008).

A teoria por trás dessa tecnologia é bem simples. É utilizada uma célula de hidrogênio a baixa temperatura que em conjunto com oxigênio, produz eletricidade por meio de uma reação físico-química. Dessa forma, como esse sistema não queima nenhum combustível, ela não emite nenhum gás poluente tendo como produto desse processo apenas calor e água. A energia produzida por essa cadeia pode ser tanto direcionada para bateria quanto aos sistemas de tração para dar movimento ao caminhão (Pollet *et al*, 2012).

As células de hidrogênio mais comuns utilizadas atualmente são as de membranas de troca de próton ou em inglês na sigla PEMFC (S. Gottesfeld *et al*, 1997). Essa preferência é devida ao fato dessas células operarem a baixas temperaturas, alto nível de densidade energética e boa resposta para diferentes variações de demandas. Uma célula PEM é composta por três elementos: um conjunto membrana-eletródo, duas placas bipolares (um catodo e um anodo) e dois lacres que impedem a passagem de elétrons entre placas. O hidrogênio é introduzido no lado anodo da reação e o oxigênio no lado catodo. O hidrogênio é quebrado entre prótons e elétrons devido a uma reação eletroquímica na célula combustível. A membrana separa a reação química nas suas metades, permitindo que os prótons passem livremente para realizar o processo em direção ao catodo. O elétron criado no anodo é forçado a passar por um circuito externo, criando corrente elétrica (Mehta V. *et al* 2002).

Para o seu funcionamento, a voltagem do conjunto de células combustível¹ deve ser compatível com a voltagem da bateria, utilizando um conversor para tal. Um inversor é essencial para transformar a corrente DC em voltagem variável e frequência variável para transmitir força ao motor. Uma bateria ou um ultracapacitor geralmente são conectados às células a hidrogênio para fornecer energia adicional e iniciar o sistema (Emadi *et al*, 2008).

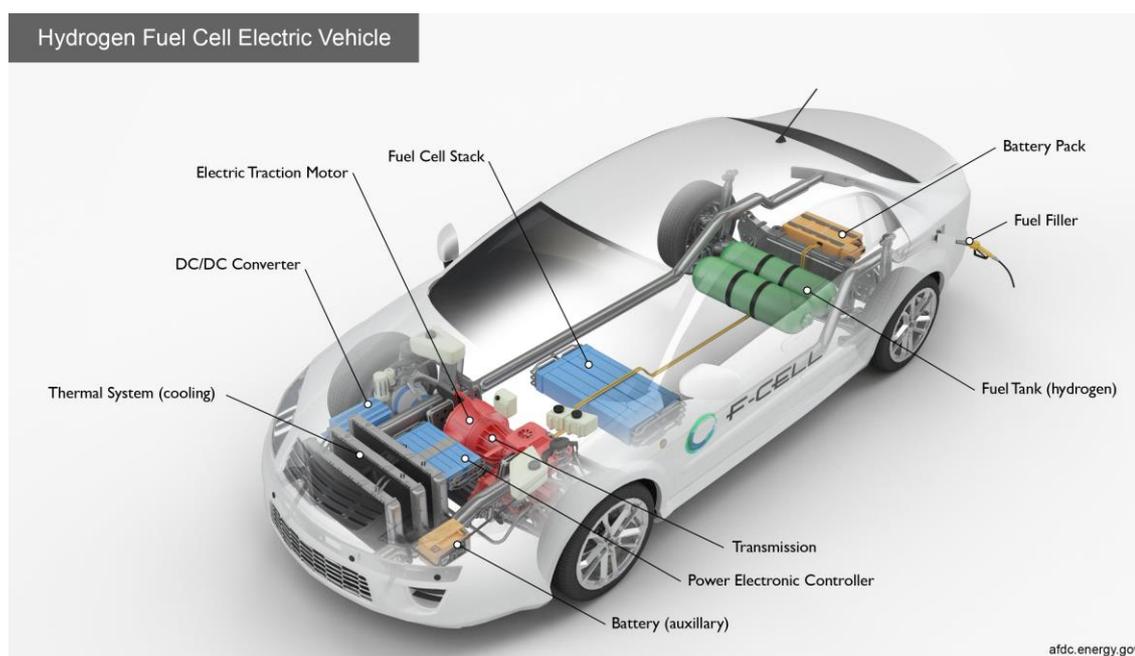


Figura 3: Esquema de um carro elétrico movido a hidrogênio

Fonte: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work>, acessado em 03/03/2020

2.1.2 ENERGIZAÇÃO POR FONTE EXTERNA

Diferentemente dos modelos descritos acima, este tipo de veículo não é alimentado por uma bateria embarcada no veículo. Na verdade, fontes de energia externa conectadas ao veículo seriam responsáveis por proporcionar a energia necessária para provocar o movimento dos caminhões, o que implicaria no suprimento de infraestrutura específica para isso, por meio de uma faixa dedicada para seu uso. Esses veículos podem funcionar tanto na forma “puramente elétrico” quanto no modelo “híbrido-elétrico”. Este segundo permitiria o traslado deste veículo fora das faixas dedicadas a ele nas rodovias ganhando em flexibilidade e autonomia.

¹ Ao conjunto de células a combustível se denomina pilha a combustível.

Existem dois tipos mais comuns de apresentação desta tecnologia: fornecimento de energia por vias de transmissão acima do veículo (rede aérea) conectadas por meio de um mecanismo chamado pantógrafo ou por faixas exclusivas específicas energizadas na própria rodovia que vão conferir a energia necessária ao motor do caminhão pelo contato.

2.1.3 OUTRAS TECNOLOGIAS DE ELETRIFICAÇÃO

Algumas formas de eletrificação de caminhões não estão diretamente relacionadas ao deslocamento do caminhão, mas sim em reduzir o consumo de combustível e conseqüentemente, a emissão de gases ofensivos ao meio ambiente. Um exemplo disso é o uso dessa tecnologia para operar sistemas auxiliares, tais como ar condicionado e compressores de ar que frequentemente dependem do uso de parte da energia gerada por motores convencionais a combustão.

Um caso concreto que ilustra o uso desse tipo de tecnologia são os caminhões para uso em longa distância cujo motorista necessita permanecer com o veículo ligado para alimentar alguns equipamentos como televisão e micro-ondas. Para eliminar o uso de combustíveis além de eliminar as emissões de gases estufa, são empregadas baterias auxiliares de energia para alimentar o caminhão durante o tempo em que está inerte. Assim, isso elimina completamente a necessidade do uso de gasolina ou diesel nessas situações de baixa eficiência energética.

2.2 COMPARAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS

Uma vez descritas as diferentes tecnologias acima, faz-se necessário traçar uma comparação entre elas. Assim, com base nas informações dispostas no item anterior, é possível analisar com mais clareza os alcances e limitações (forças e fraquezas) e identificar os cenários onde cada tipo de veículo elétrico se sobressai. Além disso, vale ressaltar as vantagens e desvantagens entre os caminhões movidos a energia elétrica e aqueles à gasolina ou diesel, abordando uma visão mais abrangente sobre esse avanço tecnológico. A figura abaixo apresenta os tipos de veículos apresentados acima, em ordem: veículo convencional movido à combustão, veículo elétrico movido a bateria, veículo elétrico movido a célula de combustão, veículo híbrido-elétrico com sistema em série, veículo híbrido-elétrico com sistema em paralelo, veículo elétrico com sistema em série e paralelo e finalmente, veículo híbrido-elétrico complexo.

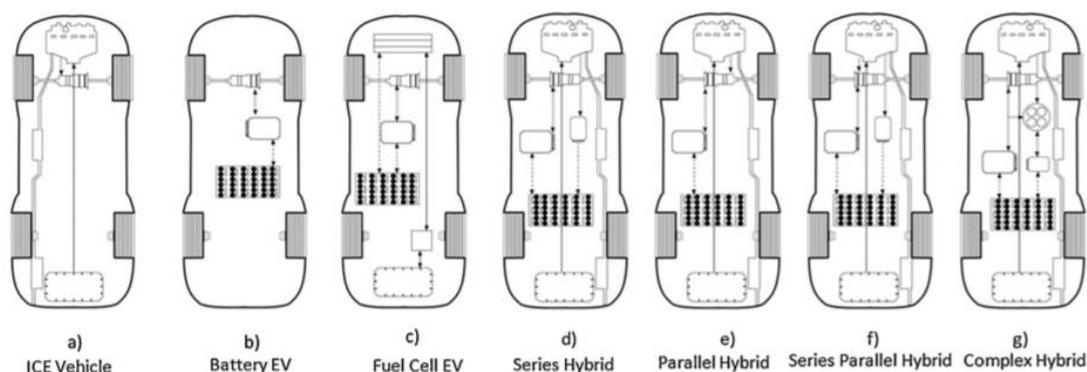


Figura 4: Esquema com diferentes tipos de tecnologia

Fonte: Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects, Bruno G. Pollet *et al*, 2012

Veículos convencionais movidos somente por motor a combustão interna possuem uma vantagem consolidada em termos de energia e densidade energética dos seus combustíveis devido às propriedades químicas da gasolina ou do diesel, em comparação às baterias utilizadas nos modelos elétricos. Mesmo em se tratando de baterias de maior porte como são aqueles presentes em veículos elétricos a bateria (BEV), os combustíveis fósseis chegam a ter quase 13 vezes a densidade de energia de baterias (Yuri, 2017). Entretanto, há de se considerar a eficiência da conversão da energia acumulada nas baterias e nesses combustíveis até chegar as rodas do veículo. Enquanto as baterias possuem um fator de conversão que pode chegar a 60%, a gasolina apresenta valor em torno de 12% enquanto o diesel chega a 16% (Pollet *et al*, 2012). Além disso, são necessários peças adicionais em veículos convencionais como um radiador e sistema de refrigeração, um sistema de transmissão e outros acessórios que aumentam o peso do veículo e assim diminuem a sua eficiência energética como um todo.

Uma alternativa às baterias que fora citado acima e que vem ganhando força são as células a combustíveis que utilizam hidrogênio em FCEVs. Elas são menores em tamanho e peso, concentrando maior densidade energética e vem se tornando mais competitivas em relação às baterias. Para alcançar o mesmo nível de desempenho que os veículos à combustão, estas células necessitam de uma melhora de 30% aos seus padrões atuais, algo que já está sendo desenvolvido e tem o potencial de ser realizado em futuro breve (Pollet *et al*, 2012).

Em outra abordagem, a durabilidade das baterias varia conforme o modelo de veículo elétrico. No caso dos PHEVs, estes demandam um ciclo mais completo de carga e descarga de bateria

em comparação aos HEVs. Neste caso, como a longevidade das baterias está intimamente ligado a quantidade de ciclos, isso deve ocorrer em menor frequência nos PHEVs aumentando sua durabilidade (Romm *et al*, 2006). Já para os FCEVs, como esses modelos utilizam células combustíveis, estudos realizados pelo *National Renewable Energy Laboratory* (2010) mostram que este veículo necessitaria de um investimento que quintuplicasse a durabilidade destas células para alcançar nível competitivo com as baterias em níveis atuais.

A redução de custo das baterias é o maior desafio dos veículos não movidos a célula combustível, principalmente para os veículos elétricos movidos a bateria (BEVs). O peso, o tamanho e o tempo de recarga das baterias também mostram oportunidade no sentido de aumentar o desempenho destes modelos, embora necessitem de menos peças para o seu funcionamento. Porém, estes são referência em sustentabilidade já que não emitem qualquer gás poluente, além de possuírem alta eficiência e serem silenciosos mesmo quando estão em movimento. Os FCEVs ainda apresentam muita oportunidade nessa frente com a possibilidade de reduzir pela metade o custo de suas células combustível. (Shulock *et al*, 2011)

Nesse contexto, os modelos HEVs possuem maior equilíbrio no duelo entre sustentabilidade, eficiência e custo. Isso ocorre, pois como possuem motores a combustão, não necessitam de baterias tão potentes e caras como as que compõem os BEVs e conseguem utilizar as vantagens de cada sistema para cada situação, seja em situações de paradas constantes em que a frenagem regenerativa recupera parte da energia que seria perdida em veículos convencionais, ou em momentos que necessitam de maior energia e que podem ser produzidas pelo motor a combustão resultando assim, em baixo preço por quilometragem. Este tipo de veículo perde para complexidade embutida em sua tecnologia devido a sinergia entre dois sistemas e, portanto, dificulta a manutenção o que pode acabar aumentando o custo.

Em relação aos veículos a combustão, estes possuem suas maiores fraquezas em eficiência energética, e em transmissão de energia para as rodas dos veículos, além de naturalmente serem mais poluentes, sendo superados em todas essas esferas pelos HEVs. A autonomia dos veículos a combustão ainda permanece como um ponto de destaque devido à grande densidade energética de seus combustíveis.

O destaque para os PHEVs fica por conta do maior leque de possibilidades de abastecimento de energia que este modelo oferece. Pelo fato de permitir a entrada de energia elétrica

diretamente de uma fonte externa e por possuir um tanque de combustível, este tipo de veículo pode ser recarregado tanto em postos de gasolina quanto pela tomada de casa, se mostrando bem versátil nesse sentido. Entretanto, no caso de uma viagem de longa distância em que se precise abastecer mais vezes, a disponibilidade de pontos de abastecimento de energia elétrica pode ser um limitador. Além disso, os PHEVs possuem uma bateria maior o que implica em maior eficiência nos seus motores a combustão do que os HEVs, porém, isso naturalmente reflete em um aumento em custo (Gonder *et al*, 2007).

2.3 USO DE VEÍCULOS DE CARGA ELÉTRICOS NO TRANSPORTE DE BEBIDAS

Uma vez mapeadas as propriedades e características de cada tecnologia presente em veículos elétricos, faz-se possível a escolha do melhor modelo para atender à entrega urbana de bebidas, ponto focal deste projeto. Dessa forma, cabe a contextualização de cada tipo apresentado, explorando a aplicabilidade no cenário brasileiro.

Em primeiro lugar, ainda é raro ver locais no mundo que possuem todo o aparato tecnológico instalado para receber o uso de hidrogênio como fonte de energia para os veículos elétricos. De acordo com a *International Energy Agency* (IEA, 2019), poucos países no mundo estão com iniciativas e planos de ação traçados para a implementação e incremento de nova infraestrutura, como pontos de abastecimento de células a combustível que usam hidrogênio, necessários para o sucesso desta tecnologia e o Brasil não é um deles. Na China, por exemplo, foram produzidos 2.000 veículos de carga movidos a hidrogênio. Na Califórnia nos Estados Unidos, foi publicado um estudo com o plano de construir 1.000 estações de abastecimento de hidrogênio até 2030 (IEA, 2019). Entretanto, devido à pouca infraestrutura instalada, estes veículos ainda estão em espera para serem utilizados, embora o hidrogênio utilize uma estrutura muito parecida com o que já existe para diesel em caminhões, segundo o jornal *EnergyPost* (2019). Ao final de 2018, existiam apenas 376 pontos de abastecimento em todo mundo, com 100 concentradas somente no Japão.

Enquanto este tipo de fonte de energia apresenta características que superam os veículos movidos puramente a bateria (BEVs) em autonomia e tempo de recarga, o hidrogênio por muitas vezes é produzido a partir do uso de combustíveis fósseis o que libera gases de efeito estufa na atmosfera como o dióxido de carbono. Isso faz com a cadeia não fique 100% limpa,

ainda que contribuindo em menor peso quando comparados aos veículos movidos a motor a combustão interna. Uma alternativa para este problema constitui no uso da eletrólise para a produzir hidrogênio limpo a partir de água e eletricidade, tecnologia que já era utilizada há muito tempo e que vem sendo aprimorada para atender a demandas de sustentabilidade (IEA, 2019).

Neste sentido, devido às dificuldades apresentadas acima, ainda não é possível utilizar esta tecnologia na atividade de entregas de bebidas no Brasil, mesmo que sejam viagens que já possuem rotas conhecidas e que sempre voltem para o mesmo lugar ao final da jornada. Ainda não há capacidade instalada suficiente para atender a demanda existente, principalmente com empresas cujo produto exige um nível de capilaridade extenso para alcançar a maior quantidade possível de clientes devido a margens de comercialização mais enxutas.

Em segundo lugar, o fator que impulsiona o uso de tecnologia elétrica nos veículos de carga, principalmente por empresas privadas e que correspondem ao objeto de estudo deste trabalho, é a sustentabilidade e redução das emissões de gases estufa na atmosfera decorrentes da queima de combustíveis fósseis na cadeia. Dessa forma, por mais que o PHEVs e os HEVs possuam vantagens que poderiam permitir o seu uso na atividade comercial tratada neste estudo e apresentem reduções de emissão de dióxido de carbono, somente os BEVs conseguem conciliar o fato de possuírem a estrutura necessária para ser utilizado e de não emitir qualquer tipo de gás poluente. Além disso, como a atividade de entregas de bebidas se inicia durante a parte da manhã e finaliza à tarde, uma das alternativas para a produção da energia elétrica consiste no uso de painéis solares, que absorvem e armazenam a energia capturada durante o dia para serem parcialmente redirecionados para o abastecimento das baterias durante a noite.

Sendo assim, embora o custo de aquisição de um veículo BEV seja maior, a economia gerada pelo desuso de combustível fóssil e a redução de frequência de manutenção deste modelo pode vir a compensar parte desse investimento inicial. Mais para frente, é realizado um estudo de caso a respeito de um modelo de caminhão elétrico já em operação no Brasil, chamado e-Delivery da Volkswagen. Ele possui autonomia para rodar 200 quilômetros, não se configurando um problema para as rotas urbanas de entrega de bebidas que dificilmente passam desta quilometragem. Além disso, o tempo de recarga necessário para abastecer a bateria é de 3 horas, sendo efetuada antes de iniciado o seu carregamento na madrugada.



Figura 5: Caminhão E-Delivery da Volkswagen

Fonte: <https://www.volkswagen.com/en/news/stories/2018/09/e-commercial-vehicles.html#>, acessado em 21/02/2020

3 METODOLOGIA

A partir do Capítulo anterior foi possível concluir que, sob a ótica operacional, o melhor modelo para ser uma alternativa aos caminhões convencionais movidos a diesel, atualmente empregados, são os veículos elétricos à bateria. Esta tecnologia atende às necessidades da entrega urbana de bebidas, além de não emitir gases poluentes para a atmosfera. Entretanto, para que esta escolha se concretize na atividade comercial de uma empresa faz-se necessário estudar a viabilidade econômica da implementação desta tecnologia.

Para isso, será preciso realizar uma comparação de custos entre os dois modelos. Como já foi dito, embora o custo de aquisição dos veículos a combustão seja menor do que os veículos elétricos, há redução de custos em outras frentes que possam tornar os BEVs mais competitivos. Assim, é necessário realizar comparações entre as despesas variáveis e fixas nas operações desses caminhões e avaliar aonde há oportunidades de economia.

Além disso, como vida útil desses caminhões gira em torno de 10 anos e o pagamento pode ser financiado com o pagamento de juros, é fundamental que se entenda o valor do dinheiro no tempo já que haverá pagamentos mensais ao longo de toda a vida útil e no modelo adotado, à medida que se distancia da primeira parcela, o valor dos juros diminui. Isso ocorre pois quando se realiza um financiamento, o valor do caminhão é dividido igualmente em amortizações, no caso desse estudo, em 120 meses (10 anos). A cada mês, é debitada do saldo devedor a amortização paga no período anterior e sobre esse novo saldo são aplicados os juros. O pagamento se encerra quando todas as parcelas forem pagas e o saldo devedor estiver com valor nulo.

A partir de parcelas distribuídas ao longo do tempo é possível se obter um fluxo de caixa mais diluído que quando comparado a um cenário de pagamento à vista, já que se terá despesas financeiras sucessivas com valores decrescentes. De acordo com a SEBRAE (2011), fluxo de caixa é um instrumento de gestão financeira que projeta para períodos futuros todas as entradas e saídas de recursos financeiros da empresa, indicando como será o saldo de caixa para o período projetado.

No caso do presente trabalho, será utilizado o fluxo de caixa acumulado para que se possa calcular o *payback* dos investimentos para os dois tipos de veículo, também chamado de prazo de retorno do investimento (PRI). Segundo SEBRAE (2019), o *payback* é obtido sob a forma de unidade de tempo e consiste numa modalidade de cálculo inversamente relacionada à da rentabilidade. Isso significa, que quanto menor o *payback*, mais cedo o investidor vai começar a receber lucro sobre o investimento realizado.

Para o estudo de caso em questão, o *payback* é favorável se ele ocorrer antes do final da vida útil de um caminhão. Assim, o veículo elétrico se mostraria mais rentável do que o veículo convencional, mesmo com um custo de entrada maior se o *payback* ocorresse antes de 10 anos. Dessa forma, é possível avaliar qual a melhor opção e aonde se tem oportunidades de redução de custo na tentativa de reduzir o tempo necessário para o *payback* ocorrer.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 CONTEXTO DO ESTUDO

Antes de iniciar a apresentação do estudo, é necessário apresentar conceitos importantes e explicar a dinâmica de entrega urbana de bebidas. Para a empresa em questão, a entrega urbana de carga compreende um ciclo que se inicia e termina no mesmo dia. Os caminhões de distribuição ficam estacionados durante à noite dentro de Centros de Distribuição (CDD).

Esses CDDs são compostos basicamente, por um armazém, um pátio de caminhões e o escritório que engloba toda a área administrativa responsável pelos trâmites gerenciais e legais na operação de entrega. No armazém, ficam estocados os produtos que chegam das fábricas de bebidas e que são movimentados por meio de empilhadeiras com o objetivo de deixar o espaço organizado e seguro. No pátio de caminhões, ficam estacionados os veículos que serão utilizados para realizar as entregas de produto.

Durante a madrugada, os caminhões são direcionados, por meio de um motorista manobrista, até o armazém onde serão carregados com os produtos que serão entregues no dia seguinte e em seguida, voltam para o pátio de caminhões. Já na parte da manhã, os motoristas de distribuição são atribuídos aos seus respectivos caminhões quando são informados da rota de entrega que realizarão no dia. Uma rota de entrega corresponde a uma viagem e uma viagem pode conter inúmeras entregas (paradas), desde que não ultrapasse o tempo de jornada de trabalho permitido por lei para a função. Ao final do dia, após ter realizado entregas em diferentes pontos de venda espalhados pela cidade, o caminhão retorna para o CDD para prestar conta física (vasilhame) e financeira (dinheiro) do que recolheu ao longo da rota para em seguida, reiniciar todo o ciclo.

A seguir (Tabela 1), estão dispostos os parâmetros da operação a ser considerada e que o caminhão elétrico a ser considerado tem capacidade para atender a todos.

Tabela 1 - Parâmetros da Operação

Indicador	Valor	Unidade
Tempo em Rota	07:41:00	Média do tempo desde a saída do caminhão do CDD até o seu retorno
Utilização	90,05%	Razão entre a quantidade de carros que saíram para entrega e a frota disponibilizada
Caixa / Viagem	283	Média de quantas caixas são carregadas por viagem
Entregas por Dia	12,45	Média da quantidade de entregas em uma rota
Drop	23,19	Média da quantidade de caixas entregues por cliente
Ocupação	89,20%	Razão entre a quantidade de caixas carregadas e a sua ocupação
Viagens por Mês	3341	Quantidade de viagens
Quilômetros Rodados	43	Média de quilômetros rodados por dia por caminhão

Fonte: Base de dados da empresa em estudo.

4.2 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

Para estudar a aplicabilidade de caminhões elétricos na distribuição urbana de cargas inseriu-se o modelo no cenário logístico de uma empresa de bebidas, levando-se em consideração os parâmetros de produtividade atuais de entrega. Dessa forma, será possível avaliar a viabilidade financeira do uso desta frota elétrica, a partir da implementação nos moldes de uma dinâmica atualmente em atividade.

Assim sendo, são descritos os diferentes perfis de frota presentes atualmente no Centro de Distribuição (CDD) da empresa em questão, todos caminhões usam diesel como fonte de energia. Como pode ser observado na Tabela 2, existem três tipos de caminhões de entrega, cada um com suas especificidades de lotação e PBT (Peso Bruto Total), sendo o Toco Normal em maior número com capacidade para 252 caixas. Nesta empresa, o serviço de entrega é terceirizado e, portanto, é remunerado uma quilometragem mensal fixa independente da rodagem que se tenha percorrido sendo revisto a cada mês. Todas as informações foram retiradas da base de dados da empresa em estudo.

Tabela 2 - Diferentes Perfis de Frota no Centro de Distribuição

Tipo	Marca	Modelo Cavallo	Motor	Fabricação	PBT [kg]	Lotação [kg]	Capacidade [Caixas]	Quilometragem Mensal [km/mês]	Frotas [unidades]
Toco Rebaixado A	Volks	9.150	Mecânico	01/08/2011	8000	5740	210	1072	9
Toco Rebaixado B	MBB	1.016	Eletrônico	01/12/2015	9600	5740	210	1072	5
Toco Normal A	MBB	1.016	Eletrônico	01/12/2014	9600	7100	252	1072	10
Toco Normal B	Volks	10.160	Eletrônico	01/08/2014	9700	7100	252	1072	28
Toco Normal C	Volks	13.160	Eletrônico	01/05/2018	13200	7100	252	1072	9
Truck	Volks	24.220	Mecânico	01/08/2011	23000	12850	420	1072	44

Fonte: Valores extraídos do Guia do Transportador

Em seguida, os custos são estratificados na Tabela 3 de acordo com cada perfil apresentado acima. Em primeiro lugar, são apresentados os custos variáveis de cada tipo de veículo como o custo com combustível dependendo do rendimento energético, manutenção do caminhão (cabine e chassi) e da carroceria de acordo com a quantidade de quilômetros rodados. Os Trucks possuem eficiência energética pior do que os Tocos e sua manutenção de uma maneira geral também é mais custosa. Dessa forma, embora tenham maior capacidade de carga em caixas e sejam assim mais produtivos, também são aqueles que possuem maior peso no orçamento. Para todos os caminhões considera-se vida útil de 10 anos.

Como o CDD possui dois macro-perfis (Toco e Truck), foi estipulado os dois mesmos perfis para os caminhões elétricos, para que se pudesse ter melhor base de comparação. Os serviços e custos (fixos e variáveis) com carroceria, pneus e lavagem seriam os mesmos da frota à diesel. Os custos de manutenção foram estipulados conforme dados retirados de material fornecido pela empresa Build Your Dreams (BYD, 2019) em que afirma que caminhões elétricos apresentam em média um terço dos custos operacionais quando comparados àqueles movidos a diesel.

Além disso, foi adotado como premissa do projeto que as baterias seriam alimentadas através da energia capturada por painéis solares, instalados nas coberturas do CDD. Os painéis precisam ser dimensionados para a necessidade energética local e terão o seu custo de instalação dissolvidos ao longo de muitos anos. Dessa forma, não contabilizariam como custo variável para os caminhões elétricos, além de eliminar despesas provindas do uso do diesel como postos.

Tabela 3 - Custos Variáveis Mensais de Cada Tipo de Frota

Tipo	Vida Útil [Anos]	Rendimento [Km/Litro]	Combustível [R\$/Km]	Manut Caminhão [R\$/Km]	Manut Carroceria [R\$/Km]	Pneus [R\$/Km]	Lavagem [R\$/Km]	Custo Variável TT [R\$/Km]	Tipo de Combustível	Combustível [R\$/Litro]
Toco Rebaixado A	10	3,17	R\$ 1,14	R\$ 0,31	R\$ 0,20	R\$ 0,18	R\$ 0,06	R\$ 1,89	DIESEL	R\$ 3,60
Toco Rebaixado B	10	3,46	R\$ 1,13	R\$ 0,30	R\$ 0,20	R\$ 0,18	R\$ 0,06	R\$ 1,87	DIESEL_ARLA	R\$ 3,90
Toco Normal A	10	3,24	R\$ 1,20	R\$ 0,48	R\$ 0,20	R\$ 0,18	R\$ 0,06	R\$ 2,12	DIESEL_ARLA	R\$ 3,90
Toco Normal B	10	3,24	R\$ 1,20	R\$ 0,56	R\$ 0,20	R\$ 0,18	R\$ 0,06	R\$ 2,20	DIESEL_ARLA	R\$ 3,90
Toco Normal C	10	3,42	R\$ 1,14	R\$ 0,58	R\$ 0,20	R\$ 0,18	R\$ 0,06	R\$ 2,16	DIESEL_ARLA	R\$ 3,90
Truck	10	2,38	R\$ 1,51	R\$ 0,63	R\$ 0,20	R\$ 0,26	R\$ 0,06	R\$ 2,66	DIESEL	R\$ 3,60

Tipo	Vida Útil [Anos]	Consumo [Km/KWh]	Energia [R\$/Km]	Manut Caminhão [R\$/Km]	Manut Carroceria [R\$/Km]	Pneus [R\$/Km]	Lavagem [R\$/Km]	Custo Variável TT [R\$/Km]	Tipo de Combustível	Energia Elétrica [R\$/KWh]
Caminhão Elétrico Toco	10	1,25	R\$ 0,00	R\$ 0,16	R\$ 0,20	R\$ 0,18	R\$ 0,06	R\$ 0,60	Energia Elétrica	-
Caminhão Elétrico Truck	10	1,25	R\$ 0,00	R\$ 0,21	R\$ 0,20	R\$ 0,26	R\$ 0,06	R\$ 0,73	Energia Elétrica	-

Fonte: Base de Dados da empresa em estudo

No modelo de operação em que esse estudo está inserido, a empresa em questão não realiza a aquisição desses caminhões. Na verdade, a distribuição é terceirizada para uma transportadora que recebe o pagamento do aluguel da frota contratada acrescida de outros custos como IPVA e seguro do casco. O valor desse aluguel está relacionado àquele estipulado pelo sistema de financiamento do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) FINAME da qual a transportadora faz uso para arcar com os seus caminhões ao longo dos anos.

Em linhas gerais, esse sistema funciona da seguinte forma: em primeiro lugar, a transportadora solicita o financiamento do caminhão para um agente financeiro credenciado, autorizado a repassar os recursos do BNDES. O agente financeiro analisa o pedido e a situação financeira do interessado e caso aprovado, repassa a solicitação para o BNDES. Este último avalia o pedido e caso confirmado, repassa o valor financiado e o agente financeiro está autorizado para realizar a compra do caminhão junto ao fabricante.

Ao longo dos anos, o caminhão passa por três ciclos de pagamento até o final da sua vida útil. Nos primeiros 6 meses (período de carência), não se paga parcela do financiamento e a transportadora ganha tempo em seu fluxo de caixa embora a empresa em questão continue pagando normalmente o aluguel do caminhão. Passado este semestre, a transportadora paga o financiamento por mais 5 anos. Ao final deste ciclo, ela irá receber de aluguel somente um lucro fixo relacionado ao valor de compra inicial do caminhão até o final da vida útil do caminhão.

Após esse período, o caminhão passa a ser da transportadora e ela pode revender o ativo no mercado quando este é substituído por um novo.

Em termos financeiros, este modelo de financiamento é interessante para a empresa de bebidas que terceiriza a distribuição pois, estes custos são atribuídos como despesas operacionais que são abatidos da base de tributação do IR (Imposto de Renda) em 34% de todo valor bruto. Assim o valor que a empresa deixa de pagar como tributos é maior que o valor de revenda dos caminhões devido à escalabilidade das operações espalhadas pelo Brasil.

Na Tabela 4 abaixo, estão discriminados os valores mensais pagos à transportadora ao longo dos anos variando conforme os ciclos citados anteriormente. Os valores de compra dos caminhões foram retirados a partir de requisições feitas no canal do consumidor nos sites da Volkswagen (2019) e Mercedes-Benz (2019) solicitados para o estudo de caso. O valor de entrada foi arbitrário do próprio autor.

Tabela 4 - Custos Fixos Mensais de Cada Tipo de Frota à Diesel

Tipo	Valor de Compra	Entrada [%]	Amortização Mensal [R\$]	Custo Fixo - Ano 1 [R\$]	Custo Fixo - Ano 2 [R\$]	Custo Fixo - Ano 3 [R\$]	Custo Fixo - Ano 4 [R\$]	Custo Fixo - Ano 5 [R\$]	Custo Fixo > 5 Anos [R\$]
Toco Rebaixado A	R\$ 136.176,88	20%	R\$ 1.815,69	R\$ 3.174,06	R\$ 3.000,32	R\$ 2.826,58	R\$ 2.652,83	R\$ 2.479,09	R\$ 1.681,51
Toco Rebaixado B	R\$ 167.281,30	10%	R\$ 2.509,22	R\$ 4.220,83	R\$ 3.980,72	R\$ 3.740,62	R\$ 3.500,51	R\$ 3.260,41	R\$ 1.987,40
Toco Normal A	R\$ 165.266,30	10%	R\$ 2.478,99	R\$ 4.198,13	R\$ 3.960,91	R\$ 3.723,70	R\$ 3.486,49	R\$ 3.249,27	R\$ 1.991,60
Toco Normal B	R\$ 157.340,68	10%	R\$ 2.360,11	R\$ 4.014,37	R\$ 3.788,53	R\$ 3.562,69	R\$ 3.336,86	R\$ 3.111,02	R\$ 1.913,66
Toco Normal C	R\$ 169.834,72	10%	R\$ 2.547,52	R\$ 4.304,04	R\$ 4.060,27	R\$ 3.816,50	R\$ 3.572,73	R\$ 3.328,96	R\$ 2.036,53
Truck	R\$ 191.163,49	20%	R\$ 2.548,85	R\$ 4.358,13	R\$ 4.114,23	R\$ 3.870,33	R\$ 3.626,43	R\$ 3.382,54	R\$ 2.262,91

Fonte: <https://www.mercedes-benz.com.br/caminhoes> e <https://www.vwco.com.br/produtos-volkswagen/modelo/nova-familia-delivery-15/13-180-195/interesse>, Acessado em: 15/dez e

Base de Dados da empresa em estudo

A Tabela 5 abaixo diz respeito aos custos fixos relacionados aos caminhões elétricos. A mesma memória de cálculo que fora utilizada para os caminhões a diesel foi aplicada para o eventual financiamento dos caminhões elétricos. Foi usado como valor de compra dos caminhões elétricos, números disponibilizados pela empresa BYD supracitada que possui dois modelos conforme a segmentação macro do estudo, Toco e Truck.

Tabela 5 – Custos Fixos Mensais de Cada Tipo de Frota Elétrica

Tipo	Valor de Compra [R\$]	Entrada [%]	Amortização Mensal [R\$]	Custo Fixo - Ano 1 [R\$/Km]	Custo Fixo - Ano 2 [R\$/Km]	Custo Fixo - Ano 3 [R\$/Km]	Custo Fixo - Ano 4 [R\$/Km]	Custo Fixo - Ano 5 [R\$/Km]	Custo Fixo > 5 Anos [R\$/Km]
Caminhão Elétrico Toco	R\$ 874.000,00	20%	R\$ 11.653,33	R\$ 17.359,53	R\$ 16.244,43	R\$ 15.129,33	R\$ 14.014,23	R\$ 12.899,13	R\$ 7.780,19
Caminhão Elétrico Truck	R\$ 1.318.600,00	20%	R\$ 17.581,33	R\$ 25.923,56	R\$ 24.241,22	R\$ 22.558,87	R\$ 20.876,53	R\$ 19.194,18	R\$ 11.471,25

Fonte: <http://www.byd.ind.br/produtos/caminhoes/>, Acessado em: 15 dez 2019 e Base de Dados da empresa em estudo

Os custos totais incluindo tanto os custos fixos como os custos variáveis, ao longo dos 10 anos estão resumidos na Tabela 6, para os caminhões movidos à diesel e na Tabela 7 para os caminhões elétricos.

Tabela 6 – Custos Totais Mensais de Cada Tipo de Frota à Diesel

Tipo	Custo TT - 1 Ano [R\$/Mês]	Custo TT - 2 Anos [R\$/Mês]	Custo TT - 3 Anos [R\$/Mês]	Custo TT - 4 Anos [R\$/Mês]	Custo TT - 5 Anos [R\$/Mês]	Custo TT > 5 Anos [R\$/Mês]
Toco Rebaixado A	R\$ 5.200,14	R\$ 5.026,40	R\$ 4.852,66	R\$ 4.678,91	R\$ 4.505,17	R\$ 3.707,59
Toco Rebaixado B	R\$ 6.225,47	R\$ 5.985,36	R\$ 5.745,26	R\$ 5.505,15	R\$ 5.265,05	R\$ 3.992,04
Toco Normal A	R\$ 6.475,06	R\$ 6.237,84	R\$ 6.000,63	R\$ 5.763,42	R\$ 5.526,20	R\$ 4.268,53
Toco Normal B	R\$ 6.372,77	R\$ 6.146,93	R\$ 5.921,09	R\$ 5.695,26	R\$ 5.469,42	R\$ 4.272,06
Toco Normal C	R\$ 6.619,56	R\$ 6.375,79	R\$ 6.132,02	R\$ 5.888,25	R\$ 5.644,48	R\$ 4.352,05
Truck	R\$ 7.209,65	R\$ 6.965,75	R\$ 6.721,85	R\$ 6.477,95	R\$ 6.234,06	R\$ 5.114,43

Fonte: Base de Dados da empresa em estudo

Tabela 7 – Custos Totais Mensais de Cada Tipo de Frota Elétrica

Tipo	Custo TT - 1 Ano [R\$/Mês]	Custo TT - 2 Anos [R\$/Mês]	Custo TT - 3 Anos [R\$/Mês]	Custo TT - 4 Anos [R\$/Mês]	Custo TT - 5 Anos [R\$/Mês]	Custo TT > 5 Anos [R\$/Mês]
Caminhão Elétrico Toco	R\$ 6.660,86	R\$ 6.303,62	R\$ 5.946,38	R\$ 5.589,14	R\$ 5.231,90	R\$ 3.591,96
Caminhão Elétrico Truck	R\$ 7.458,80	R\$ 7.063,28	R\$ 6.667,77	R\$ 6.272,25	R\$ 5.876,73	R\$ 4.061,09

Fonte: Base de Dados da empresa em estudo

A partir desse momento, busca-se atingir o *payback* dentro da vida útil do caminhão de 10 anos, para que este investimento possa se configurar como economicamente viável. Entretanto, a

Figura 6 que possui no eixo x os meses e no eixo y o valor acumulado gasto, mostra que isto está longe de ser alcançado, devido aos altos valores de compra dos caminhões elétricos.

Muito disso se deve ao fato de o dólar estar a um preço bem elevado o que aumenta o custo de aquisição, levando em conta que este tipo de caminhão ainda não é fabricado no Brasil e precisa ser importado, diferentemente dos movidos à diesel. O dólar considerado para o estudo de caso está cotado a R\$ 3,80.

Vale notar que há um ponto de inflexão no mês 60 que marca o período no tempo em que o caminhão é quitado e os altos custos fixos deixam de ser pagos. Esse comportamento é mais facilmente notado nos veículos elétricos cuja curva se inicia com um grau de inclinação bem acentuada, justamente pelo alto custo de aquisição e as consequentes parcelas a serem pagas.

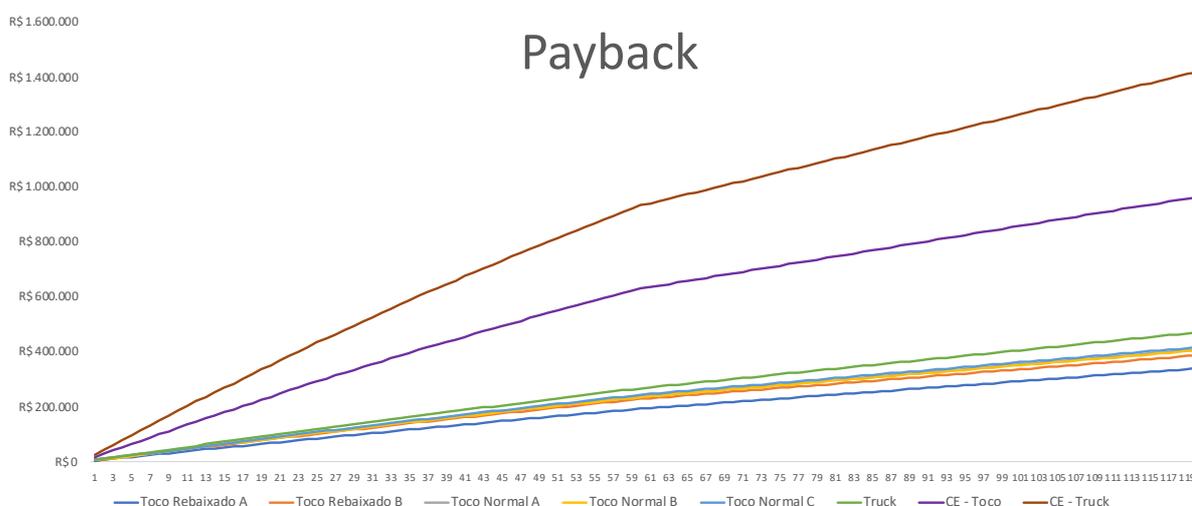


Figura 6 - Payback para caminhões elétricos com preço atual

Assim sendo, outra abordagem interessante seria descobrir qual seria o preço necessário para cada perfil macro (Toco e Truck) que atenderia a um payback de no máximo 10 anos. Com isso, chega-se aos valores na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 - Custos Fixos Mensais de Cada Tipo de Frota Elétrica para Payback de 10 anos

Tipo	Valor de Compra [R\$]	Entrada [%]	Amortização Mensal [R\$]	Custo Fixo - Ano 1 [R\$/Km]	Custo Fixo - Ano 2 [R\$/Km]	Custo Fixo - Ano 3 [R\$/Km]	Custo Fixo - Ano 4 [R\$/Km]	Custo Fixo - Ano 5 [R\$/Km]	Custo Fixo > 5 Anos [R\$/Km]
Caminhão Elétrico Toco	R\$ 320.000,00	20%	R\$ 4.266,67	R\$ 6.762,70	R\$ 6.354,43	R\$ 5.946,15	R\$ 5.537,88	R\$ 5.129,61	R\$ 3.255,39
Caminhão Elétrico Truck	R\$ 360.000,00	20%	R\$ 4.800,00	R\$ 7.587,61	R\$ 7.128,30	R\$ 6.668,99	R\$ 6.209,68	R\$ 5.750,37	R\$ 3.641,88

Fonte: Elaboração do próprio autor para o trabalho atual

A Figura 7 explicita o alcance do gasto acumulado se equivalendo ao final de 10 anos entre os perfis de caminhões.

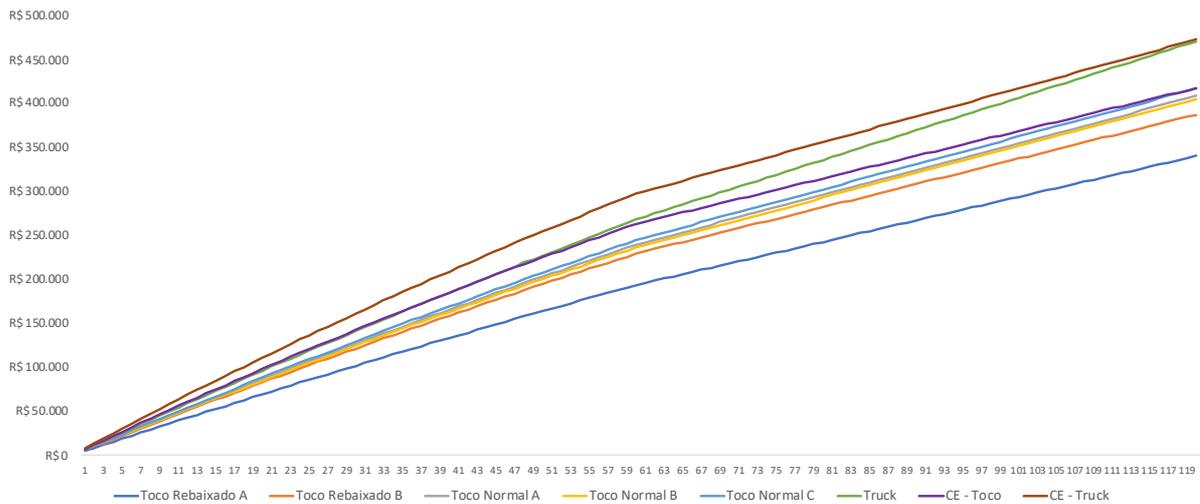


Figura 7 - Payback para caminhões elétricos com preço ajustado

Dessa forma, é possível perceber que seria necessário reduzir o custo do caminhão elétrico Toco por volta de 2,7 vezes seu valor e do caminhão elétrico Truck por volta de 3,7 vezes. Isso poderia ser atingido pelo simples fato de o dólar chegar a patamares menores favorecendo às importações.

Entretanto, é imprescindível que sejam implementadas medidas de incentivo para acelerar a implementação deste tipo de modal ou que a produção venha a se tornar nacional barateando o custo de produção e eventualmente o seu preço de venda para o consumidor final.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente trabalho deve ser atualizado com frequência visto que a tecnologia descrita no conteúdo deste estudo está em constante desenvolvimento e cada vez mais encontram-se novas soluções que barateiam o custo de produção de um veículo elétrico e o tornam mais competitivo quando comparados aos veículos convencionais. Assim, uma parte do *payback* que não ocorreu em um horizonte de 10 anos poderia ser capturada pela inovação em peças, componentes e sinergias no sistema do caminhão elétrico.

Além disso, foi admitido para o trabalho que o preço de aquisição do caminhão utilizado no estudo fosse em dólar, ficando sujeito às variações desta moeda no mercado internacional. Como quando o atual estudo foi realizado, a taxa de conversão entre dólar e real apresentava um câmbio desfavorável para importação, com valores em torno de 4 reais para 1 dólar, o preço de compra do caminhão flutuou conforme esse movimento e seguiu aumentando. Sendo assim, a partir do momento que o caminhão elétrico comece a ser desenvolvido no Brasil, não só o preço de aquisição tende a cair como a manutenção para os seus equipamentos se torna mais fácil, acompanhando a queda.

Entretanto, há alternativas que podem ser tomadas para impulsionar a venda desses veículos elétricos no Brasil, assim como a construção de mais infraestrutura para receber esse desenvolvimento. Nesse sentido, o governo deve cumprir com uma agenda de incentivos similar ao que já ocorre em outros países no mundo, como é o caso do Canadá citado neste estudo, cujo comprador desta tecnologia pode receber um desconto de até 5.000 dólares na aquisição de um veículo elétrico.

Outra possibilidade, é a redução de tarifas em itens que promovam a sustentabilidade como é o caso dos veículos elétricos. Assim, fornecedores poderão ter margens mais competitivas e dessa forma, mais espaço para reduzir o preço junto ao consumidor, favorecendo toda a cadeia. Esse é um movimento que já foi realizado pela Câmara de Comércio Exterior (Camex) que reduziu as taxas de importação de 35% para zero, fomentando o uso desta tecnologia no país. Entretanto, frequentemente é visto o uso de bandeira vermelha devido à baixa disponibilidade de energia elétrica no país e um conseqüente aumento no preço final de abastecimento desses

veículos (SINFRERJ, 2019). Novas reduções em IPI e ICMS, poderiam estimular ainda mais a produção desta tecnologia no Brasil.

Finalmente, outra alavanca para baratear o custo ao longo dos 10 anos de vida útil do caminhão seria por meio da redução da taxa de juros de FINAME que embora no primeiro momento possa não trazer muitos benefícios, o efeito cumulativo dos juros compostos tende a ser cada vez maior à medida que os anos vão passando. Dessa forma, quanto mais se utilizasse essa tecnologia, maior seria o aproveitamento extraído dessa iniciativa.

Assim sendo, todas as frentes listadas acima servem como plano de ação futuro para tornar o preço dos veículos elétricos mais competitivos em relação aos veículos convencionais movidos a motor à combustão. É natural que algumas iniciativas demandem ações conjuntas de dois ou mais órgãos porém, colocar esse assunto em pauta tem sido cada vez mais comum em países desenvolvidos visto que é uma tecnologia que apresenta sinais de crescimento, e se torna imprescindível que o Brasil também o faça se ainda desejar fazer parte deste movimento.

6 CONCLUSÃO DO PROJETO

Foi realizado o estudo de caso da aplicação de um caminhão elétrico em um Centro de Distribuição de Bebidas no Rio de Janeiro, levando como base parâmetros reais de logística urbana. Para isso, primeiramente foi importante contextualizar o cenário de desenvolvimento da tecnologia de veículos elétricos no mundo e quais os seus desdobramentos e campanhas lançadas em prol desta inovação. Além disso, foi importante pontuar a contribuição da distribuição urbana de produtos como um dos maiores emissores de gases de efeito estufa e poluentes na atmosfera devido ao grande uso de caminhões de carga movidos a combustível fóssil diariamente.

Uma vez disposta o desafio de redução nas emissões desses gases presentes nesse setor econômico, foram traçadas as diferentes tecnologias desenvolvidas até então, utilizando a energia elétrica como parte ou todo para alimentar o sistema de propulsão do veículo. Além disso, foi realizado um comparativo entre os tipos de veículos elétricos apresentados, situando suas dificuldades de implementação no cenário atual brasileiro, e suas vantagens e desvantagens em relação aos veículos convencionais a combustão. Finalmente, depois de realizadas as análises sobre as propriedades de cada tipo de tecnologia, foi escolhida o veículo elétrico a bateria pois era o modelo que melhor se encaixa com o contexto do estudo de caso apresentado e os desafios deste setor devido principalmente, a zero emissões de gases poluentes na atmosfera.

Em seguida, foi descrita a metodologia utilizada para realizar a comparação de custos entre o modelo atual e com a implementação da tecnologia a energia elétrica. Desse modo, foram utilizados alguns conceitos como *payback*, fluxo de caixa e financiamento para melhor compreender o raciocínio realizado no capítulo seguinte, já que a análise envolve um ciclo de 10 anos do caminhão financiado por meio de uma taxa de juros através do uso de FINAME e gastos cumulativos crescentes à medida que o tempo avança.

Percebeu-se por meio do estudo de caso que devido ao alto preço de investimento do caminhão elétrico, o modelo de comparação de custo apontava uma inviabilidade econômica da implementação desta tecnologia. Dessa forma, foram descritas algumas alternativas que poderiam impulsionar uma redução de custo e eventual fomento desta tecnologia no Brasil.

Sendo assim, embora o *payback* não tenha ocorrido dentro de um período de 10 anos, esse estudo serve para auxiliar a empresas do setor privado que o caminho para viabilidade econômica está aberto. Elas são parte fundamental e disruptivas dessa cadeia, e é cada vez mais importante aderir a iniciativas de sustentabilidade como a apresentada neste trabalho, tanto no campo social quando se pensa no impacto que a sua atividade impõe sobre a população, inclusive seus consumidores, quanto no campo econômico onde cada vez mais os acionistas tem valorizado não só a rentabilidade da companhia mas se isso é atingido da maneira correta.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Auto Motive Business (2019) VWCO celebra um ano de testes de caminhão elétrico e-Delivery na Ambev. Disponível em: <http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/29757/vwco-celebra-um-ano-de-testes-de-caminhao-eletrico-e-delivery-na-ambev> Acesso em: 29 jan. 20

Bruno G. Pollet , Iain Staffell , Jin Lei Shang (2012) Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects. 12 Abril 2012

Build Your Dreams (2019) Disponível em: <http://www.byd.ind.br/produtos/caminhoes/> Acesso em: 15 dez 2019

C. Shulock, E. Pike, A. Lloyd, R. Rose (2011) Vehicle Electrification Policy Study. Task 1 Report: Technology Status, ICCT: The International Council on Clean Transportation.

CAAT, Center for Advanced Technology (2012) HEV Types. Disponível em: [http://autocaat.org/Technologies/Hybrid and Battery Electric Vehicles/HEV Types/](http://autocaat.org/Technologies/Hybrid%20and%20Battery%20Electric%20Vehicles/HEV%20Types/). Acesso em: 28 jan. 2020

CANTWELL, Katie (2002)"Regeneration Overview." Rockwell Automation Allen-Bradley, 19 Aug 2014

Clean Energy Ministerial (2019) "Increasing uptake of electric vehicles" Disponível em: <http://www.cleanenergyministerial.org/campaign-clean-energy-ministerial/ev3030-campaign> Acesso em: 9 fev 2020

E. A. Dias, L. A. Barros (2008) Sustentabilidade empresarial e retorno ao acionista: um estudo sobre o ISE, 10 de Setembro de 2008

FAPESP, Yuri Vasconcelos. Mais ENERGIA. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2017/11/072-073_baterias_261.pdf. Acesso em: 28 jan. 2020

Fedex (2009) FedEx Expands Hybrid-Electric Fleet by 50 Percent With Groundbreaking Conversion Program. Disponível em: <https://about.van.fedex.com/newsroom/fedex-expands-hybrid-electric-fleet-by-50-percent-with-groundbreaking-conversion-program/> Acesso em: 28 jan 2020.

Gonder, J.; Markel, T. (2007). Energy Management Strategies for Plug-In Hybrid Electric Vehicles. 16 Abril 2007

Guia do Transportador (GT) “Tipos de veículos e suas capacidades de carga” Disponível em: http://www.guiadotrc.com.br/guiadotransportador/veiculos_carga.asp Acesso em: 13 fev 2020

IEA (2019), "Tracking Energy Integration", IEA, Paris Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration> Acesso em: 01 fev 2020

Jornal EnergyPost (2019) “Hydrogen Fuel Cell trucks can decarbonise heavy transport” Disponível em: <https://energypost.eu/hydrogen-fuel-cell-trucks-can-decarbonise-heavy-transport/> Acesso em: 01 fev 2020

Mercedes Benz (2019) Disponível em: <https://www.mercedes-benz.com.br/caminhoes> Acesso em: 15 dez 2019

National Renewable Energy Laboratory (2010) Hydrogen Fuel Cell Vehicle and Infrastructure Learning Demonstration: Composite Data Products

Romm, Joseph J.; Frank, Andrew A. (2006). Hybrid Vehicles Gain Traction. Abril 2006

Revista The Globe and Mail (2019) “Seven lessons learned from the first wave of electric vehicles on the market” Disponível em: <https://www.theglobeandmail.com/drive/auto-shows/article-seven-lessons-learned-from-the-first-wave-of-electric-vehicles-on-the/> Acesso em: 9 fev 2020

Revista Quartz (2019) “2019 was the year electric cars grew up” Disponível em: <https://qz.com/1762465/2019-was-the-year-electric-cars-grew-up/> Acesso em: 9 fev 2020

S. Gottesfeld, T. Zawodzinski (1997) Polymer electrolyte power cells, Adv. Electrochem. Sci Eng. 5 (1997) 195-301

S. S. Williamson, S. M. Lukic, and A. Emadi (2006) Comprehensive drive train efficiency analysis of hybrid electric and fuel cell vehicles based on motor-controller efficiency modeling, IEEE Trans. Power Electron., vol. 21,no. 3, pp. 730–740

SEBRAE (2018) Prazo de Retorno do Investimento, Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/prazo-de-retorno-do-investimento-pri,90da5415e6433410VgnVCM1000003b74010aRCRD> , Acesso em: 4 fev 2020

Shiau, C.-S., C. Samaras, R. Hauffe e J.J. Michalek (2009) Impact of battery weight and charging patterns on the economic and environmental benefits of plug-in hybrid vehicles.

SINFRERJ (2019) Disponível em: <http://www.sinfrerj.com.br/comunicacao/destaques-imprensa/governo-baixa-tarifa-de-importacao-de-carro-eletrico-de-35-para-zero> Acesso em: 11 fev 2020

The Canadian Automobile Association (2019) Disponível em: <https://www.caa.ca/electric-vehicles/government-incentives/> Acesso em: 9 fev 2020

TUR, Okan, (2006) Application Note on Regenerative Braking of Electric Vehicles as Anti-Lock Braking System." Ansoft, LLC. Abril 11, 2006

Union of Concerned Scientists (2012) Truck Electrification Cutting Oil Consumption & Reducing Pollution. Disponível em: <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/2019-09/Truck-Electrification-Cutting-Oil-Consumption-and-Reducing-Pollution.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2020.

Union of Concerned Scientists (2015) Series vs Parallel vs Series/Parallel Drivetrains. Disponível em: <https://www.ucsusa.org/resources/all-about-drivetrains>. Acesso em: 28 jan. 2020

V. Mehta, J. C. Cooper (2002) Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing.
23 Setembro 2002

Volkswagen (2019) Disponível em: <https://www.vwco.com.br/produtos-volkswagen/modelo/nova-familia-delivery-15/13-180-195/interesse> Acesso em: 15 dez 2019

Xing Wu, Jing Dong, Zhenhong Lin (2014) Cost analysis of plug-in hybrid electric vehicles using GPS-based longitudinal travel data, Energy Policy, Volume 68, Pages 206–217, doi: 10.1016/j.enpol.2013.12.054