

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Luís Eduardo Vieira Thiellet

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM AUTOMÓVEL
HÍBRIDO**

Santa Maria, RS
2019

Luís Eduardo Vieira Thiellet

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM AUTOMÓVEL HÍBRIDO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Denis Rasquin Rabenschlag

Santa Maria, RS
2019

Luís Eduardo Vieira Thiellet

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM AUTOMÓVEL HÍBRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em 27 de novembro de 2019:

Denis Rasquin Rabenschlag, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Eduardo Xavier Barreto, Dr. (UFSM)

Leandro Costa de Oliveira, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

RESUMO

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM AUTOMÓVEL HÍBRIDO

AUTOR: Luís Eduardo Vieira Thiellet
ORIENTADOR: Denis Rasquin Rabenschlag

A aproximação da escassez dos combustíveis fósseis e outros problemas atrelados ao uso dos mesmos acabam por fazer necessária a substituição dos derivados de petróleo. Uma solução que desponta para resolver esses problemas são os automóveis elétricos. O presente trabalho apresenta uma análise de viabilidade econômica de um automóvel híbrido na cidade de Santa Maria-RS. Foram simuladas algumas situações, a primeira, de um motorista comum, a segunda, de um taxista genérico de Santa Maria e por fim foram simuladas outras planilhas com as médias de km/ano percorridas por um motorista com valores entre 30.000 e 60.000 variando de dez em dez mil afim de prever sob que aspectos o investimento no veículo híbrido começa a ser viável. No primeiro caso os carros híbridos se mostram muito inviáveis. No segundo caso, com a média de km/ano percorrida de um taxista de Santa Maria avaliada por volta de 50.000, o *payback* descontado resultou em 5 anos, o VPL em R\$ 4.356,59 e o VAUE em R\$ 1.017,33, se mostrando viável. Com distâncias percorridas anuais acima de 40.000 km/ano os *paybacks* já começam a se tornarem interessantes, acenando como cenários viáveis, porém não se deve ignorar o alto preço de aquisição do veículo, não são todas as pessoas que podem fazer um grande aporte financeiro. Conclui-se que, para os veículos elétricos virarem uma realidade, muito mais incentivos fiscais devem serem implantados pelo governo e provavelmente os veículos híbridos farão a transição entre os automóveis a MCI e elétricos puros.

Palavras-chave: Automóvel Híbrido, Análise de Viabilidade Econômica, Santa Maria-RS.

ABSTRACT

ECONOMIC VIABILITY ASSESSMENT OF A HYBRID AUTOMOBILE

AUTHOR: Luís Eduardo Vieira Thiellet

ADVISOR: Denis Rasquin Rabenschlag

The proximity of a fossil fuel shortage and other issues linked to the use of that end up by making the substitution of the oil byproducts necessary. A solution that emerges to solve those issues is the electric automobiles. The present paper presents an economic viability assessment of a hybrid automobile in the city of Santa Maria-RS. Some situations were simulated, the first, that of an ordinary driver, and the second, that of a generic taxi driver from Santa Maria and at the end, other spreadsheets were simulated with the average of the km/year run by a driver with figures reaching between 30,000 and 60,000 ranging every ten to ten thousand in order to foresee under which aspects the investment in the hybrid automobile start to be viable. In the first case, the hybrid cars show to be very unviable. In the second case, with an average of km/year run by a taxi driver in Santa Maria assessed around 50,000, the deducted paybacks resulted in 5 years, the VPL in R\$ 4,356.59 and the VAUE in R\$ 1,017.33, showing to be viable. With the annual run distances above the 40,000 km/year the paybacks have already started to become interesting, waving as viable scenarios, however the high purchase value of the vehicle must not be ignored, not every person will be able to make this financial input. It is concluded thus that, for the electric vehicles to become a reality, a lot more tax incentive must be implanted by the government and probably the hybrid vehicles will make the transition between the automobiles with ICE and the pure electric.

Keywords: Hybrid Automobile, Economic Viability Assessment, Santa Maria-RS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Híbrido Lohner-Porsche Semper Vivus original de 1901.....	18
Figura 2- Réplica do automóvel Lohner-Porsche Semper Vivus	19
Figura 3- Classificação quanto ao fator (grau) de hibridização	20
Figura 4- Outro modo de ver a classificação quanto ao grau de hibridização	21
Figura 5- Arquitetura de um veículo elétrico híbrido em série vista em perspectiva	24
Figura 6- Diagrama esquemático do funcionamento de um veículo híbrido em série	25
Figura 7- Arquitetura de um veículo elétrico híbrido em paralelo visto em perspectiva.....	27
Figura 8- Diagrama esquemático do funcionamento de um veículo híbrido em paralelo	28
Figura 9- 1ª configuração da topologia em paralelo	28
Figura 10- 2ª configuração da topologia em paralelo	29
Figura 11- 3ª configuração da topologia em paralelo	29
Figura 12- 4ª configuração da topologia em paralelo	30
Figura 13- Esquema da arquitetura de um veículo elétrico híbrido série-paralelo	31
Figura 14- Esquema das diferentes arquiteturas plug-in.....	32
Figura 15- Desenho esquemático do motor a quatro tempos	35
Figura 16- Desenho esquemático do motor a dois tempos	36
Figura 17- Tipos de máquinas elétricas de corrente alternada	37
Figura 18- Tipos de máquinas elétricas de corrente contínua	38
Figura 19- Modelo de bateria	39
Figura 20- Tipos de baterias utilizadas em veículos elétricos	40
Figura 21- Toyota Corolla 2019 GLI Upper 16V Aut.....	46
Figura 22- Toyota Prius 2018.....	47
Figura 23- Fluxo de caixa detalhado, para a média de distância percorrida anual de 50.000 km/ano de um taxista na cidade de Santa Maria-RS	57
Figura 24- Fluxo de caixa dos ganhos anuais com economia de gasolina, descontados os custos de revisões e manutenções, para a média de distância percorrida anual de 50.000 km/ano	58
Figura 25- Fluxo de caixa detalhado, para a média de distância percorrida anual de um motorista de 30.000 km/ano.....	59
Figura 26- Fluxo de caixa dos ganhos anuais com economia de gasolina, descontados os custos de revisões e manutenções, para a média de distância percorrida anual de 30.000 km/ano	59
Figura 27- Fluxo de caixa detalhado, para a média de distância percorrida anual de um motorista de 40.000 km/ano.....	60
Figura 28- Fluxo de caixa dos ganhos anuais com economia de gasolina, descontados os custos de revisões e manutenções, para a média de distância percorrida anual de 40.000 km/ano	60
Figura 29- Fluxo de caixa detalhado, para a média de distância percorrida anual de um motorista de 60.000 km/ano.....	61
Figura 30- Fluxo de caixa dos ganhos anuais com economia de gasolina, descontados os custos de revisões e manutenções, para a média de distância percorrida anual de 60.000 km/ano	61
Figura 31- Planilha da análise de viabilidade econômica do TCC.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Manutenções do Prius	48
Quadro 2- Manutenções do Corolla.....	51
Quadro 3- Quantidade de quilômetros rodados por ano em diferentes estados brasileiros	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diferenças entre veículos híbridos em série e paralelo	30
Tabela 2- Comparativo entre os tipos de baterias quanto as variáveis escolhidas	41
Tabela 3- Dados coletados na CarHouse via gerente.....	48
Tabela 4- Revisões do Prius 10- 60 mil km	48
Tabela 5- Preço da bateria do Prius	50
Tabela 6- Revisões do Corolla 10- 60 mil km.....	51
Tabela 7- Preço da gasolina na cidade de Santa Maria- RS.....	53
Tabela 8- Indicadores econômicos para um motorista comum	56
Tabela 9- Indicadores econômicos para taxistas	58
Tabela 10- Indicadores econômicos para diferentes médias de quilometragem anuais	62

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

BSG	<i>Belt Starter Generator</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CDB	Certificado de Depósito Bancário
CDI	Certificado do Depósito Interbancário
CV	Cavalo-Vapor
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
ISG	<i>Integrated Starter Generator</i>
MCE	Motor de Combustão Externa
MCI	Motor de Combustão Interna
PMI	Ponto Morto Inferior
PMS	Ponto Morto Superior
SELIC	Sistema Especial De Liquidação e Custódia
VE	Veículo Elétrico
VEH	Veículo Elétrico Híbrido
W	Watt
ZEBRA	<i>Zero Emission Battery Research Activity</i>
HF	Fator de Híbridização [-]
P_{em}	Potência Máxima Fornecida pelo Motor Elétrico [CV]
P_{ICE}	Potência Máxima Fornecida pelo Motor de Combustão Interna [CV]

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA E PROBLEMÁTICA	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. PROGRESSÃO TECNOLÓGICA	15
2.2. VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS.....	19
2.2.1. Classificação quanto ao fator de hibridização.....	20
2.2.1.1. <i>Micro-híbrido</i>	21
2.2.1.2. <i>Híbrido moderado a médio</i>	22
2.2.1.3. <i>Híbrido completo</i>	23
2.2.2. Arquitetura dos veículos híbridos.....	23
2.2.2.1. <i>Híbrido em série</i>	23
2.2.2.2. <i>Híbrido em paralelo</i>	26
2.2.2.3. <i>Diferenças entre híbridos em série e em paralelo</i>	30
2.2.2.4. <i>Híbrido série-paralelo</i>	31
2.2.2.5. <i>Híbrido Plug-in</i>	32
2.2.3. Componentes dos veículos híbridos	32
2.2.3.1. <i>Motor de combustão interna alternativo</i>	33
2.2.3.1.1 Classificação dos motores de combustão interna alternativos quanto ao tipo de ignição	33
2.2.3.1.2 Classificação dos motores de combustão interna de ignição por centelha, alternativos, quanto ao número de tempos	33
2.2.3.2. <i>Máquinas elétricas</i>	37
2.2.3.3. <i>Armazenadores de energia</i>	38
2.2.3.3.1 Baterias	39
2.2.3.3.2 Supercapacitores.....	41
2.3. ENGENHARIA ECONÔMICA	42
2.3.1. Taxa mínima de atratividade.....	42
2.3.2. Valor presente líquido	43
2.3.2. Payback simples e Payback descontado.....	43
2.3.2.1. <i>Payback simples</i>	44
2.3.2.1. <i>Payback descontado</i>	44

2.3.3. Custo/Valor anual uniforme equivalente.....	44
3. MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1 VEÍCULOS UTILIZADOS PARA A ANÁLISE	45
3.1.1. Veículo convencional: Toyota Corolla	45
3.1.1. Veículo híbrido: Toyota Prius.....	46
3.2 PROCEDIMENTO DA PESQUISA REALIZADA.....	47
3.2.1. Pesquisa de campo.....	47
3.2.1. Pesquisa na internet	53
3.3 HIPÓTESES DE CÁLCULO UTILIZADAS	54
3.4 MÉTODO DE CÁLCULO DA PLANILHA	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1 MOTORISTA COMUM	56
4.2 TAXISTAS	57
4.3 OUTRAS SIMULAÇÕES COM DIFERENTES VALORES DE MÉDIA ANUAL DE QUILOMETRAGEM RODADA	59
4.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS	62
5. CONCLUSÕES	63
6. BIBLIOGRAFIA.....	64
APÊNDICE A- PLANILHA DA ANÁLISE DE VIABILIDADE	68

1. INTRODUÇÃO

Devido a instabilidades de naturezas política e econômica e as pressões socioambientais que afetam o mercado de combustíveis, acabou se tornando incerto o abastecimento em um futuro de médio e de longo prazo das fontes fósseis de energia e, diante dessas incertezas, muitos países estão buscando soluções como os veículos elétricos (VE) ou híbridos (VEH) para a questão do transporte, pelo fato de utilizarem pouco ou de nenhum combustível fóssil. (PUPO,2012)

De fato, a oferta de combustíveis fósseis só diminui e a demanda está crescendo rapidamente, no conjunto destes combustíveis está o petróleo, que deriva substratos como a gasolina e o diesel utilizados nos motores de combustão interna na maioria dos veículos ao redor do planeta. Somando-se a isto, as emissões de gases e detritos da combustão destes hidrocarbonetos contribuem para a causa de alguns malefícios, tais como, a intensificação da degradação da camada de ozônio, aquecimento global e a sua nocividade a respiração dos seres vivos, o que só corrobora a crescente implementação de veículos elétricos e híbridos. Porém a tecnologia e a infraestrutura para estes veículos ainda precisam serem mais desenvolvidas, a fim de diminuir os seus preços que são muito elevados. Futuros progressos tecnológicos permitirão que muitos empecilhos relacionados ao uso de soluções alternativas no setor automobilístico sejam resolvidos, exemplos disto, são o desenvolvimento de baterias mais eficientes e a crescente exploração de fontes alternativas para a geração de energia elétrica. (SANTOS, 2017)

Segundo Bernardes (2016), a crescente preocupação com a manutenção das reservas de recursos naturais finitos e conservação ambiental têm alavancado a venda dos veículos elétricos, sejam estes híbridos, plug-in (veículos que podem ser ligados à rede elétrica para carga de baterias), ou a bateria, para os próximos quinze anos. Carros exclusivamente elétricos ainda são muito pouco utilizados no Brasil, em contraste com países europeus tal como a Noruega, principalmente pela diferença de extensão territorial dos dois países.

O Brasil está entre os países que sofreu um notável aumento na motorização individual, fato que implica no aumento do tráfego de veículos nos grandes centros urbanos e nos congestionamentos cada vez mais frequentes. Além disso, o crescimento da frota veicular causa impactos negativos no meio ambiente, devido à poluição sonora e do ar. FILIZOLA (2004 apud DRUMM et al., 2014). Além da poluição do meio ambiente, não devemos esquecer da poluição sonora que afeta muito a qualidade de vida das pessoas. Em Santa Maria (RS) já percebemos um aumento significativo de sua frota de veículos convencionais na última década e

engarrafamentos em horários de pico, os veículos híbridos implicariam em muitos benefícios como a diminuição do ruído dos mesmos, aumento de eficiência e diminuição de consumo pois nestes horários o motor elétrico é acionado e nenhum combustível é consumido.

1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA E PROBLEMÁTICA

Por mais que o mercado automobilístico brasileiro desponte entre os maiores do mundo, tendo já ocupado a quarta posição no cenário mundial, a disponibilidade de veículos elétricos e híbridos ainda é muito restrita. Boa parte dos modelos, são automóveis de luxo disponíveis apenas via encomenda sendo os principais modelos comercializados nas redes de concessionárias são a versão híbrida do Ford Fusion e o Toyota Prius. (VAZ; BARROS; CASTRO, 2014)

Segundo Auto Esporte (2018), o incentivo à compra de carros híbridos e elétricos no Brasil era um dos pontos mais aguardados no programa do governo Rota 2030, que estava sendo discutido ano passado entre os representantes do Governo Federal e das montadoras nacionais. Porém, o anúncio do texto final do projeto, segundo o autor, acabou frustrando a todos, ao invés de oferecer uma redução significativa de custos para os veículos não-poluentes, houve apenas uma pequena redução no Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). O IPI, que atualmente é de 25%, passará para 7% a 20%, de acordo com a eficiência energética dos carros híbridos e elétricos.

Imagina-se que ainda são poucos os incentivos fiscais dados pelo governo para que as empresas possam implementar mais no Brasil tecnologias limpas e eficientes, além disso, o custo de aquisição do automóvel híbrido ainda é muito elevado e pensando nisto, foi formulado o tema deste trabalho, que é o de realizar um estudo de viabilidade econômica de um veículo híbrido, traduzindo em números, se é vantajoso ou não para o consumidor adquirir automóveis deste tipo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O veículo com motor a gasolina usa apenas 17,5% da energia gerada no processo de combustão, um elétrico chega a aproveitar 90%, sem barulho e sem poluir o ar. Por estas e outras razões, num contexto mundial, busca-se alternativas energéticas mais eficientes, econômicas e com a adequação relativa a temática da sustentabilidade, as pesquisas para o desenvolvimento dos carros elétricos ganharam grande impulso. (NETO et al., 2013)

O automóvel híbrido alia as características da força do motor a combustível comum (gasolina, etanol) com as do motor elétrico, proporcionando uma maior autonomia e eficiência em relação aos modelos puramente elétricos e ao mesmo tempo polui menos do que os modelos convencionais. TEIXEIRA (2013 apud NETO et al., 2013).

A justificativa da sustentabilidade sustenta o advento da tecnologia dos automóveis híbridos porque além de serem menos poluentes que os veículos à combustão interna, possuem o adendo da maior eficiência do motor elétrico.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

- Efetuar uma análise de viabilidade econômica de um automóvel híbrido.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar os fluxos de caixa.
- Obter as principais variáveis econômico-financeiras.
- Analisar os resultados obtidos.
- Obter uma conclusão sobre a viabilidade econômica do investimento

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, será feita uma revisão bibliográfica composta pela progressão tecnológica, classificações e componentes dos veículos elétricos híbridos. Não faz parte do escopo deste trabalho efetuar uma pesquisa extensa acerca dos motores de combustão interna alternativos e dos motores elétricos, porque isto acabaria desvirtuando do objetivo geral do trabalho. Estas informações serão suficientes para auxiliar na obtenção de uma conclusão dos resultados obtidos pela análise de viabilidade econômica do automóvel híbrido proposta.

2.1. PROGRESSÃO TECNOLÓGICA

Os primórdios da tecnologia dos automóveis elétricos estão relacionados com a invenção das primeiras baterias de chumbo e ácido que tiveram sua concepção por volta de 1859 e a partir deste marco, com o passar do tempo, veículos elétricos foram desenvolvidos no início da década de 1880 especificamente na França, Estados Unidos e Reino Unido. HOYER (2008 apud CHIARADIA, 2013).

A primeira aparição dos princípios de funcionamento dos motores de combustão interna (MCI) foi apresentada em manuscritos de Beau de Rochas, no caso, a idéia desta máquina térmica partiu de um MCI, a quatro tempos, datada em meados de 1862. Entretanto, o aperfeiçoamento e sua aplicação prática, com uma patente publicada, deve-se a Nikolaus August Otto em 1876 e decorrente disto se popularizou a expressão para motores de combustão interna, que funcionam principalmente a gasolina e álcool, denominada “motores Otto”. Já a concepção dos motores de ignição espontânea se deve aos estudos de Rudolf Christian Karl Diesel em meados de 1892, que também, em homenagem a seu inventor, foram denominados “motores Diesel”, funcionando com o destilado do petróleo popularizado também devido a seu criador, como “óleo Diesel”. (BRUNETTI, 2012)

Um ponto que se faz pertinente observar, das duas citações anteriores, é relativo a datação do aparecimento dos primeiros motores. Intuitivamente podemos achar que o motor elétrico surgiu muito tempo depois do motor de combustão interna, o que é um grande erro. A concepção do motor elétrico surgiu concomitante ao motor a combustão interna, porém a tecnologia não vingou, na época, não tinha como se fazer uma projeção de que nos dias atuais o consumo de petróleo seria tão desenfreado, a ponto deste combustível correr o risco de se escassear. Além do mais, os substratos do petróleo eram relativamente fáceis de serem

armazenados e ao contrário dos motores elétricos, para a implantação do motor de combustão interna não se necessitava de uma rede de distribuição.

Por mais que os motores elétricos possuíssem vantagens em relação aos motores de combustão interna, eles foram perdendo espaço a partir de 1910, dois fatores preponderantes foram a autonomia das baterias, que é um grande problema até hoje, e os combustíveis fósseis se tornaram mais baratos. LARMINIE J; LOWRY (2003 apud BERNARDES, 2016)

Outros fatores apontados para o declínio do carro elétricos são citados abaixo, de acordo com BARAN e LEGY (2011 apud CHIARADIA, 2013):

-O descobrimento de Petróleo no estado Norte-americano do Texas acabou gerando o consequente declínio no preço da gasolina, tornando-a um combustível atrativo para o transporte, vide sua elevada octanagem, uma vez que as baterias dos veículos elétricos apresentavam baixa eficiência.

-Nos primeiros anos do século XX a infraestrutura de distribuição de energia elétrica ainda era muito precária, o que dificultava o transporte a grandes distâncias com os veículos elétricos.

-Grande parcela do sucesso dos automóveis de motores de combustão interna da época coincidiu com o surgimento do Ford T. O engenhoso sistema de produção em série, desenvolvido por Henry Ford, permitiu que o preço final dos carros a gasolina ficasse entre US\$ 500 e US\$1.000 na época, o que correspondia a metade do preço pago pelos automóveis elétricos, por esta razão, por volta de 1915, menos de 2% dos 2,5 milhões de automóveis em circulação eram elétricos.

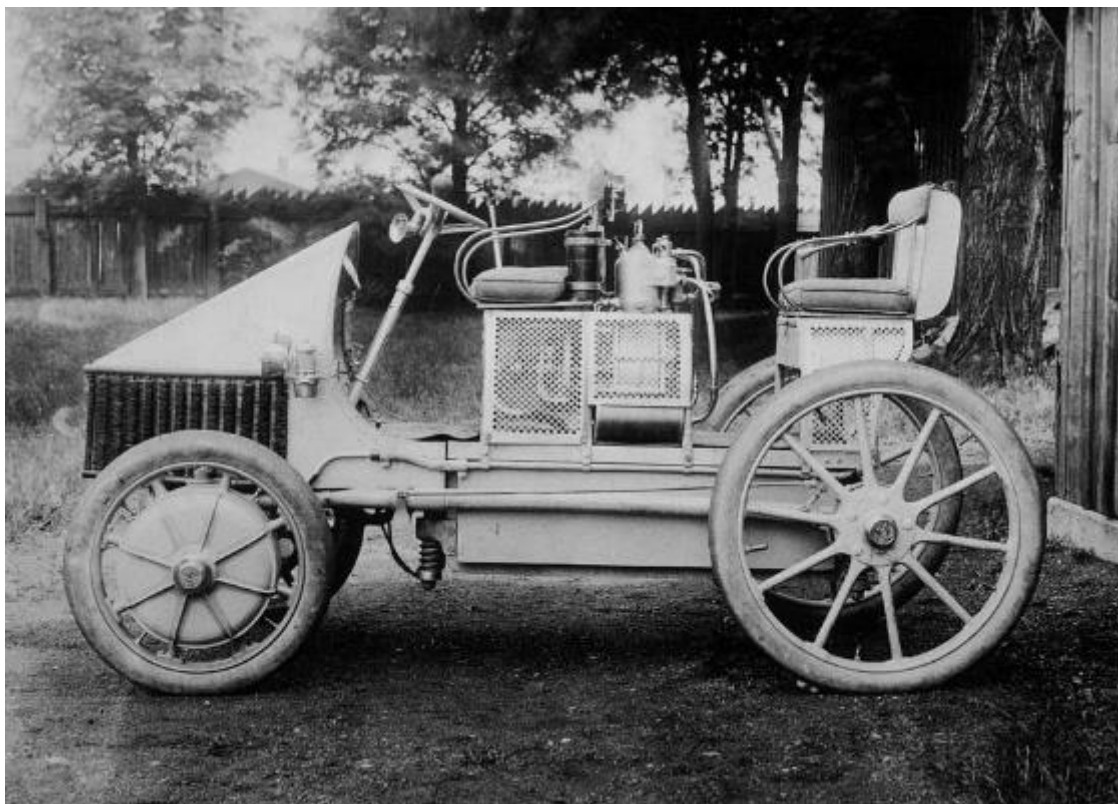
Segundo Brunetti (2012), por volta do século XIX, a necessidade de combustível para iluminação (principalmente querosene e gás natural) implicou também no desenvolvimento industrial do petróleo e consequentemente favoreceu o uso de motores de combustão interna.

Os “primeiros passos” da tecnologia híbrida, também não são contemporâneos. Segundo Duarte (2017), o pioneirismo dos automóveis híbridos se encontra em meados de 1899, onde Ferdinand Porsche construiu o primeiro carro híbrido batizado de Lohner-Porsche. O batizado é decorrente também do nome Jacob Lohner, um visionário, que produzia carros elétricos entre os anos 1898 e 1906, em Viena, na Áustria. Ferdinand Porsche era seu empregado e instalou um motor elétrico em cada uma das quatro rodas do carro. Além do motor elétrico, havia um MCI à gasolina e sua função era apenas carregar as baterias para o motor elétrico poder funcionar, e não para a propulsão do carro de uma forma direta, sua velocidade máxima era de 56 km/h. Ratificando o que foi escrito anteriormente, segundo Calmon (2011), Porsche focou seu interesse inicial na eletricidade e ainda jovem, iniciou uma sociedade com Ludwig Lohner

(filho de Jakob Lohner). Na famosa Feira Mundial de Paris, visitada por cinco milhões de pessoas em 1900, exibiu os fantásticos avanços do Lohner-Porsche. Onde, suprimindo eixos, correntes de transmissão e câmbios, o carro era propulsionado por dois motores elétricos nos cubos das rodas dianteiras e, apesar de possuir baterias pesadas para o peso do carro, alcançava uma autonomia de 50 km. Um ano antes disto a empresa Belga Pieper apresentou o que seria hoje considerado um híbrido em paralelo (ver seção 2.2.2.2), todavia esse carro nunca chegou a funcionar de forma satisfatória. Porsche iniciou o desenvolvimento por volta do outono de 1900, há 119 anos, o híbrido em série (ver seção 2.2.2.1) a fim de aumentar a autonomia de seu carro elétrico. No salão de automóvel de Paris, de 1901, foi mostrado para o mundo o protótipo de nome Semper Vivus (Sempre vivo), ainda segundo a fonte, sem carroceria, do primeiro automóvel funcional deste tipo. O Semper Vivus (Figura 1) tinha baterias menores para abrir espaço a dois MCI (s) de 3,5 CV, acoplados a dois geradores de 2,5 CV. E concluindo, em 1901, a versão definitiva, Lohner-Porsche Mixte, ficou pronta, e cinco unidades foram vendidas, onde já apresentava o aspecto convencional de um automóvel híbrido, motor dianteiro de 25 CV e árvore de transmissão de potência até o gerador sob o banco.

De acordo com Hoyer (2008 apud Chiaradia, 2013), foi produzido um automóvel híbrido por volta de 1903 e outro entre 1901 e 1906 sendo que eram caracterizados como um híbrido em série e um híbrido em paralelo respectivamente (ver seção 2.2.2).

Figura 1 - Híbrido Lohner-Porsche Semper Vivus original de 1901



Fonte: Calmon (2011).

Chiaradia (2013), também cita em seu trabalho, que a partir da década de 1980, preocupações ambientais e a escassez do petróleo já começavam a se tornarem evidentes, o que impulsionou uma retomada no desenvolvimento de modelos elétricos e híbridos. No final da década de 90, alguns modelos começaram a ser lançados no exterior, como o Toyota Prius, um híbrido lançado no Japão em 1997, o Insight da Honda que também era um modelo híbrido e foi lançado em 1999, o Civic híbrido foi lançado pela Honda em 2003. E quanto aos modelos puramente elétricos, o Nissan Leaf e o i-MiEV da Mitsubishi foram lançados em meados de 2010. É pertinente visualizar a primeira concepção, afim de ser didática uma comparação da mesma com o estado da arte, que será abordado em seções posteriores do trabalho. Portanto abaixo está uma imagem de uma réplica do Lohner-Porsche Semper Vivus fabricado pela Porsche em parceria com a fabricante alemã *Karosseriebau Drescher*.

Figura 2- Réplica do automóvel Lohner-Porsche Semper Vivus



Fonte: Calmon (2011).

2.2. VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS

Veículos elétricos híbridos são veículos nos quais duas ou mais fontes diferentes de energia são utilizadas no sistema de propulsão. A combinação mais comum é a utilização de motor de combustão interna em conjunto com um banco de baterias. (REVOREDO,2007)

A concepção destes veículos foi feita com o intuito de unir as principais características dos veículos elétricos puros, tais como, sua grande eficiência energética e a emissão nula de poluentes, com a principal característica dos veículos convencionais que é a de possuir uma grande autonomia.

Os VEH (s) podem ser classificados de acordo com o seu fator de hibridização e a sua arquitetura. A seguir serão explicadas estas classificações e os principais componentes destes tipos de veículos para colaborar com a compreensão do estudo realizado, expresso por este documento.

2.2.1. Classificação quanto ao fator de hibridização

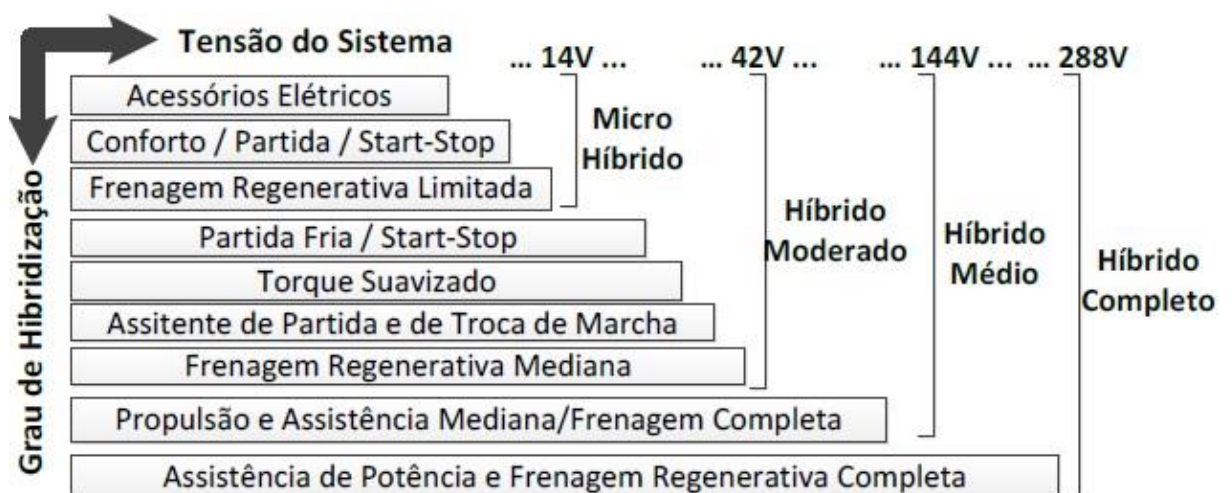
Segundo Somà (2017), é importante mencionar que não existe uma classificação oficial para veículos híbridos, mesmo assim podemos os organizar quanto ao fator (grau) de hibridização HF (*Hybridization Factor*), que seria a razão da potência máxima fornecida pelos motores elétricos pela quantidade máxima de potência fornecida pelo motor de combustão interna somada a potência do motor elétrico.

$$HF = \frac{P_{em}}{P_{em} + P_{ICE}} \quad (1)$$

Onde, P_{em} é a potência máxima fornecida pelo motor elétrico e P_{ICE} é a potência máxima fornecida pelo motor de combustão interna.

Segundo Silva (2017), relacionando o grau de hibridização com a tensão do sistema pode ser definida uma classificação, nota-se que quanto maior é o fator de hibridização, mais acessórios são implementados no sistema híbrido e consequentemente a tensão do sistema também aumenta.

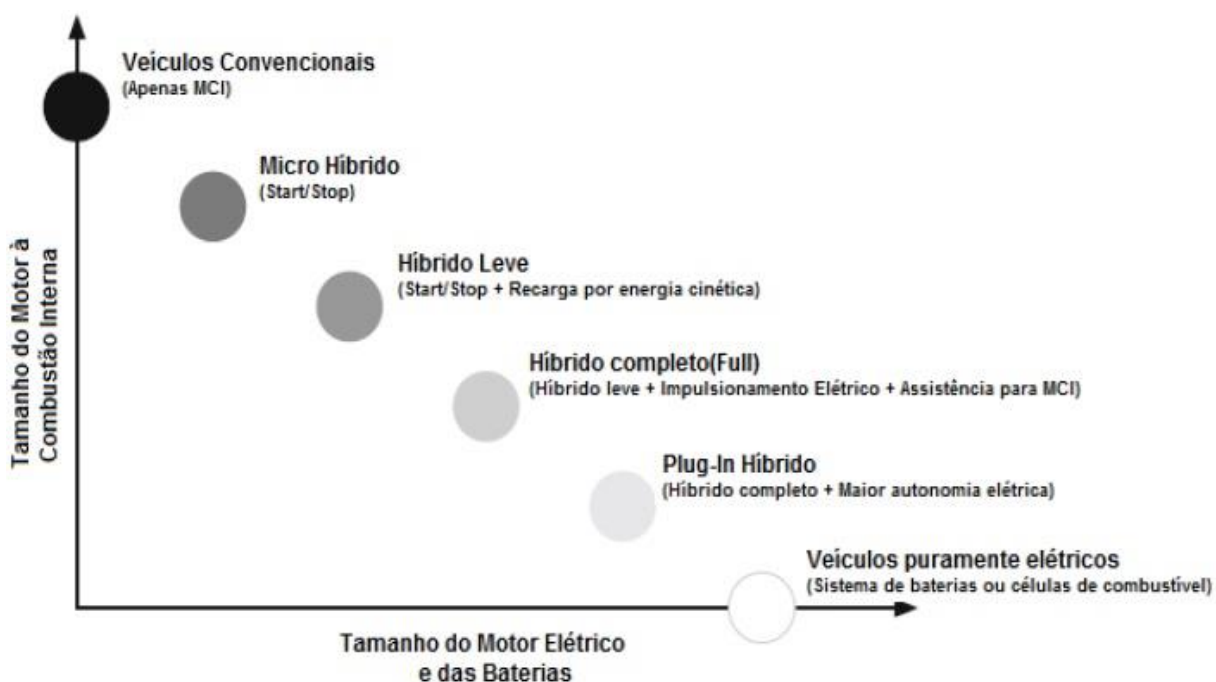
Figura 3- Classificação quanto ao fator (grau) de hibridização



Fonte: Jene, Scheid e Kempe (2009 apud Silva, 2017).

De forma parecida, Oliveira (2019), relaciona o tamanho do motor de combustão interna com o tamanho do motor elétrico e das baterias, também demonstrando como poderia ser classificado o veículo elétrico híbrido de acordo com o seu fator (grau) de hibridização.

Figura 4- Outro modo de ver a classificação quanto ao grau de hibridização



Fonte: Oliveira (2019).

Nas próximas seções, serão expostas as classificações quanto ao fator de hibridização, com informações importantes sobre cada uma delas, como a utilização do motor elétrico na tração do veículo híbrido, faixas de potências das máquinas elétricas utilizadas, funções, quantidade de CO_2 emitida e economia de energia.

2.2.1.1. Micro-híbrido ($0 < HF < 0,1$)

Podemos considerar este grau de hibridização como o de menor expressão, pois não existe um sistema de tração elétrica complementar a tração decorrente do motor de combustão interna. É um tipo de hibridização simples que não implica em grandes alterações no veículo o que o torna de fácil utilização. Esta classificação quanto a hibridização é baseada na função *Start/Stop*, que significa que o veículo será desligado sempre que estiver parado, seja em

semáforos ou engarrafamentos. É um recurso funcional apenas para grandes centros urbanos. Com auxílio do mesmo, uma quantidade considerável de combustível é economizada e a quantidade de emissões liberada para a atmosfera diminui (SILVA,2017). Através desta tecnologia, é obtida uma diminuição de 5% na quantidade de CO_2 emitida à atmosfera. MOURA S.A. (2016 apud SILVA, 2017)

Este sistema é gerenciado por uma central eletrônica que monitora as condições para se efetuar o desligamento do veículo. Se a velocidade de transmissão for nula e a carga das baterias for suficiente para que seja efetuada a partida, o MCI recebe o comando para ser desligado. No momento que o motorista acionar o pedal da embreagem, por intermédio de uma máquina elétrica, é realizada a partida do motor. (SILVA,2017)

Este sistema trabalha com tensões já existentes nos automóveis comerciais (14 a 42V) e com máquinas elétricas de potências que variando entre 1 a 5kW KARDEN (2005 apud SILVA, 2017). O sistema possibilita a utilização da técnica da frenagem regenerativa para se poder converter a energia cinética de frenagem em energia elétrica para as baterias. (SILVA,2017)

De acordo com Magalhães (2014), os benefícios desta tecnologia são interessantes apenas em perímetro urbano, podendo ser realizada uma economia de energia em torno de 10%. Para este tipo de tecnologia, devem ser utilizadas baterias capazes de funcionar com constantes ciclos de carga e descarga, para este fim, devem ser utilizadas baterias de chumbo-ácido melhoradas.

2.2.1.2. Híbrido moderado a médio ($0,25 < HF < 0,5$)

Neste grau de hibridização o sistema de propulsão do veículo recebe máquina elétrica que, por meio da carga armazenada em baterias ou supercapacitores, pode auxiliar o MCI na movimentação do veículo. Este auxílio de potência para tração é limitado e ocorre em regimes específicos de operação. (SILVA,2017)

Com este nível de hibridização também é possível operar utilizando o máximo de potência de ambos os sistemas de movimentação veicular e obter uma potência conhecida como *Boost*, e pode ser de grande utilidade quando se deseja uma grande aceleração, como para realizar ultrapassagens. É possível também, uma maior recuperação de energia por frenagem regenerativa e assistência na troca de marcha, para que não aconteça interrupção de torque. SHEN, SHAN e GAO (2011 apud SILVA, 2017)

Segundo Magalhães (2014), com este sistema é possível alcançar uma economia média no consumo de combustível por volta de 15%. Este sistema não possui a função de realizar propulsão secundária, ou seja, ele auxilia o MCI e não executa tração somente via motor elétrico. As máquinas normalmente empregadas para este fim possuem potências variando na faixa de 10 a 20kW. KARDEN (2005 apud SILVA, 2017)

Com este grau de hibridização, é possível obter uma redução de gás carbônico em uma faixa de 8 a 15%. MOURA S.A. (2016 apud SILVA, 2017)

2.2.1.3. Híbrido completo ($0,5 < HF < 0,7$)

Este grau de hibridização possibilita um modo de operação mais flexível. Há um desacoplamento entre os sistemas de propulsão por MCI e motor elétrico, com isso o veículo ganha uma capacidade de tração puramente elétrica ou puramente térmica. Por outro lado, neste grau de hibridização são necessárias modificações mais significantes na estrutura e na topologia dos veículos, além de ser necessário um sistema de armazenamento com maior capacidade de energia. As máquinas elétricas empregadas para este uso possuem potências na faixa de 30 a 50kW. KARDEN (2005 apud SILVA, 2017)

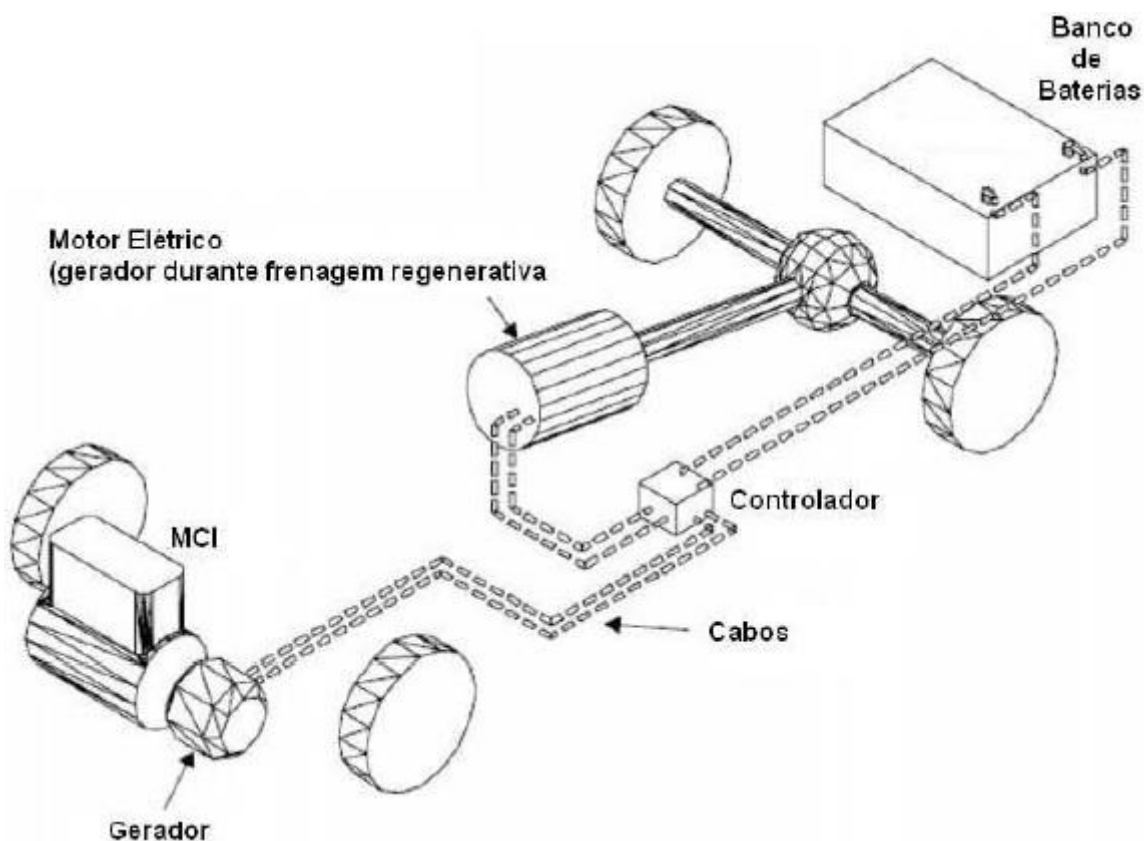
A economia que pode ser conseguida com esta configuração em relação ao sistema de propulsão convencional, está por volta de 30%, sendo este o grau de hibridização mais eficiente. Os VEH com este grau de hibridização se apresentam nas construções série, paralelo e série-paralelo. Este grau de hibridização proporciona uma redução de aproximadamente 30% de emissão de gás carbônico (MAGALHÃES,2014). Porém, ao utilizar, o auxílio externo de recarga de baterias, a redução aproxima-se de 50%. MOURA S.A. (2016 apud SILVA, 2017)

2.2.2. Arquitetura dos veículos híbridos

2.2.2.1. Híbrido em série

Em uma construção em série, a força de tração das rodas é obtida por meio de um ou mais motores elétricos, supridos pelas fontes energéticas do veículo. Se um motor de combustão interna for uma das fontes do sistema, um gerador irá converter a energia mecânica do MCI em energia elétrica somando assim à energia provida da(s) outra(s) fonte(s) e fornecida as rodas por meio do(s) motor(es) elétrico(s). (REVOREDO,2007)

Figura 5- Arquitetura de um veículo elétrico híbrido em série vista em perspectiva



Fonte: Revoredo (2007).

Segundo Silva (2017), na configuração híbrida em série não existe uma ligação entre o MCI e a transmissão do veículo, pois sua função é operar como fonte energética primária para o gerador elétrico alimentar o banco de bateria e o motor elétrico. Nessa arquitetura, a propulsão veicular é executada única e exclusivamente pelo motor elétrico, fato este, que possibilita ao MCI trabalhar em seu ponto de operação de eficiência máxima.

De forma semelhante, Trindade (2016), escreveu que, a propulsão nesta topologia é de maneira exclusivamente elétrica e o MCI não está acoplado de forma mecânica à transmissão, mas sim a um gerador, dispositivo que produz energia elétrica. A energia que o MCI produz pode ser conduzida a uma bateria ou ao motor elétrico que exerce a tração, que está unido de forma mecânica à transmissão e tem a função de realizar a propulsão do veículo. Este tipo de veículo híbrido pode também receber a nomenclatura de veículo elétrico de autonomia estendida, pois o MCI possui a responsabilidade de aumentar a autonomia disponível na bateria.

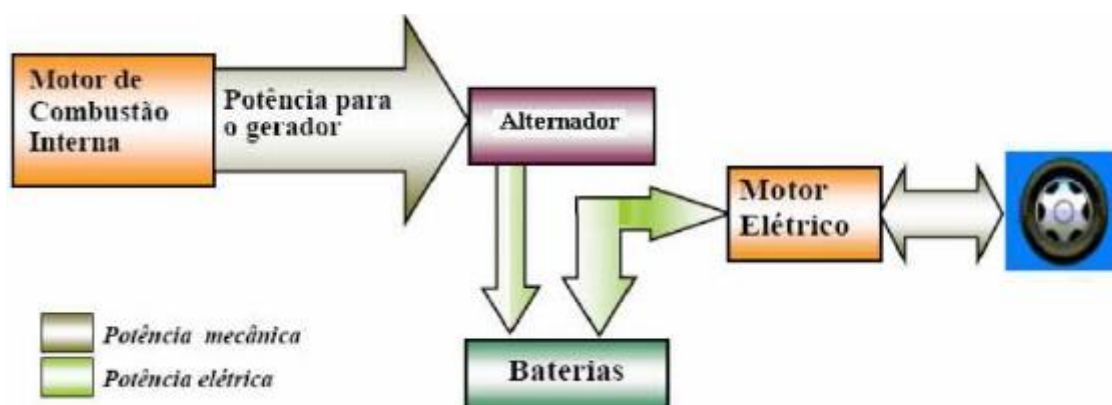
A principal desvantagem desse sistema seria no tráfego em rodovias, onde o MCI tem seu modo de operação em regiões de maior eficiência, mas não pode exercer o movimento do veículo de maneira direta.

Ratificando a informação, em diferentes termos, Oliveira (2019) escreve que os VEHs em série possuem o motor de combustão interna como sua principal fonte, associado de forma direta a um gerador/motor elétrico que por sua vez trabalha utilizando energia suprida por um pacote de baterias, podendo gerar energia, em funções de *boost* e recuperar energia do sistema, em funções de recarga aplicada a frenagem regenerativa e/ou condicionamento de marcha lenta (auxiliando o MCI a agir na sua região de maior eficiência).

O desempenho do veículo (aceleração, dirigibilidade e velocidade máxima) é atribuído de forma total em função do peso e características de localização do motor elétrico dentro da dinâmica do motopropulsor. Assim como a capacidade do estado de carga do sistema de baterias que for selecionado para alimentar o motor elétrico. No caso dos veículos com topologia em série, é importante ser destacado que existe uma soma de potência/torque gerados pelos motores elétrico e de combustão interna. (OLIVEIRA, 2019)

Na figura 6 está representado em um diagrama esquemático o funcionamento de um veículo elétrico híbrido de configuração em série, onde o motor de combustão interna serve apenas de fonte de energia para alimentar as baterias a fim das mesmas fornecerem energia para o motor elétrico que é o dispositivo que atua tracionando as rodas do veículo de maneira direta.

Figura 6- Diagrama esquemático do funcionamento de um veículo híbrido em série



Fonte: Corrêa (2013).

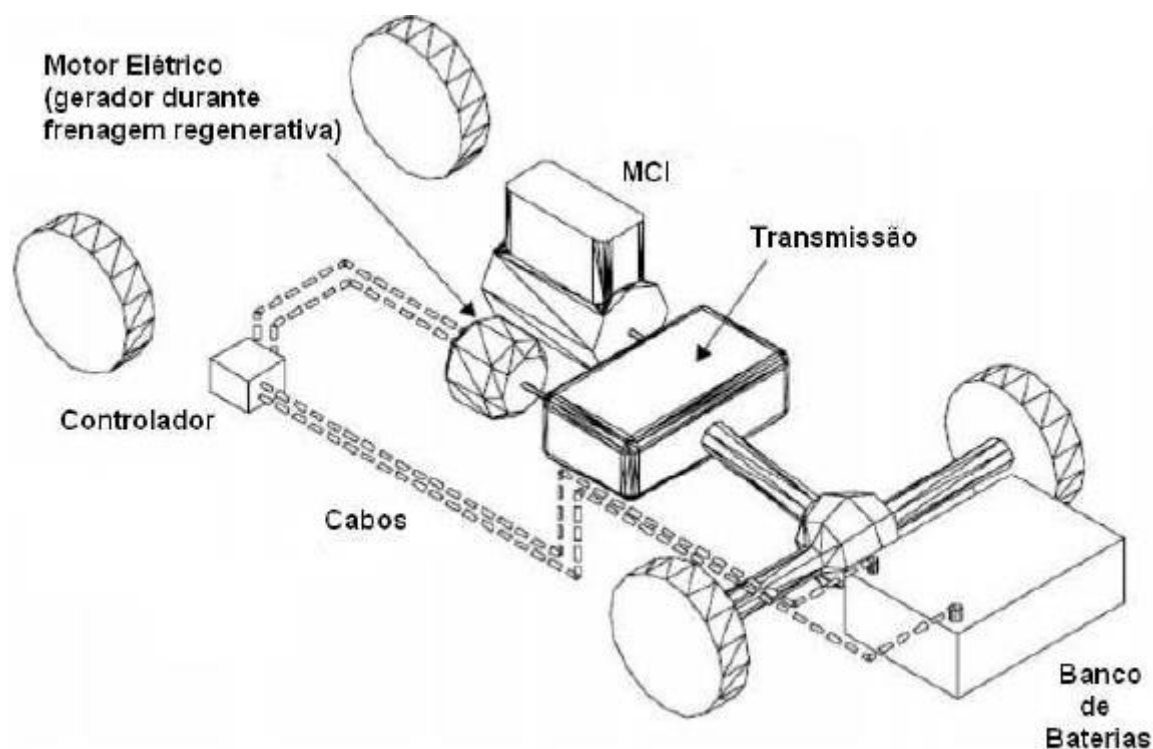
2.2.2.2. *Híbrido em paralelo*

Na construção em paralelo, o veículo poderá ter propulsão de maneira direta pelo motor de combustão interna, por via de um sistema de engrenagens com o intuito de transmitir a potência gerada por meio desta máquina térmica as rodas e/ou por intermédio de motores elétricos supridos por outra(s) fonte(s) de energia, geralmente um banco de baterias. (REVOREDO,2007)

Também, Silva (2017), comenta que, na arquitetura paralela, o sistema de propulsão elétrica e mecânica são unidos no mesmo sistema de transmissão. Esta arquitetura possibilita uma operação individual ou conjunta dos dois tipos de motores de tração para se obter o que chamamos de *boost* de potência.

Segundo Trindade (2016), na propulsão desta topologia, motor elétrico e MCI estão conectados de forma mecânica às rodas e podem exercer propulsão ao veículo de forma independente ou combinada. Se uma embreagem for introduzida entre os dois motores, o MCI pode ser desligado durante a condução para diminuir as perdas do sistema. No caso, se uma segunda embreagem entre o motor elétrico e a transmissão for inserida, o MCI pode gerar energia através do motor elétrico e recarregar a bateria.

Figura 7- Arquitetura de um veículo elétrico híbrido em paralelo visto em perspectiva

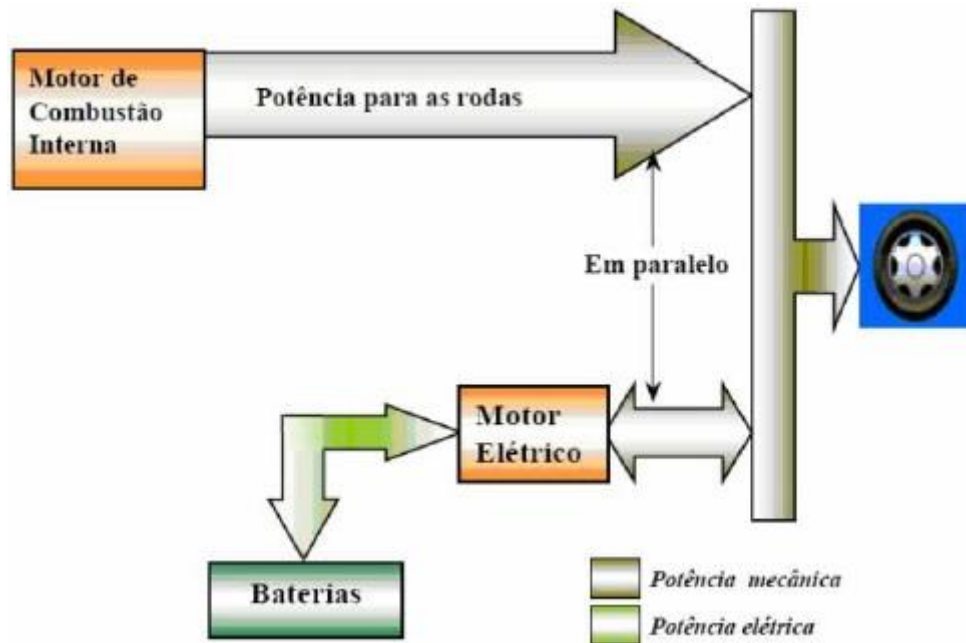


Fonte: Revoredo (2007).

Um veículo híbrido é caracterizado como em paralelo quando seu acionamento é proporcionado diretamente por um motor, que fornece potência às rodas do veículo, como em um veículo convencional movido a MCI. O mesmo é auxiliado por um motor elétrico que pode ser acoplado mecanicamente a transmissão e/ou rodas de acordo com sua classificação. Nesta topologia, dependendo da classificação e capacidade das baterias, o veículo pode ser propulsionado apenas pelo motor elétrico. (OLIVEIRA,2019)

O motor elétrico, suprido pelo banco de baterias, aciona o motor de combustão interna quando solicitado e traciona o veículo em baixas velocidades, típicas de grandes cidades, com engarramentos constantes, quando a bateria está carregada. O MCI, quando em funcionamento, movimenta o veículo em velocidade de cruzeiro e carrega a bateria simultaneamente através do próprio motor elétrico que funciona como um gerador. (LUCZKIEWICZ,2017)

Figura 8- Diagrama esquemático do funcionamento de um veículo híbrido em paralelo



Fonte: Corrêa (2013).

De acordo com Oliveira (2019), a combinação das possíveis propulsões mecânica e/ou elétrica possibilita várias combinações diferentes, que serão escritas logo abaixo:

1ª configuração: definida quando o motor elétrico é acoplado a saída do eixo primário do motor de combustão interna. Exemplo: ISG- *Integrated Starter Generator*, BSG- *Belt Starter Generator*.

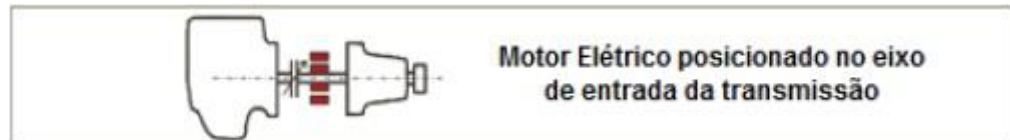
Figura 9- 1ª configuração da topologia em paralelo



Fonte: Oliveira (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

2ª configuração: definida quando o motor elétrico é acoplado ao eixo primário de entrada da transmissão, com o objetivo de aproveitar a relação de transmissão. Exemplo: *Toyota Prius*.

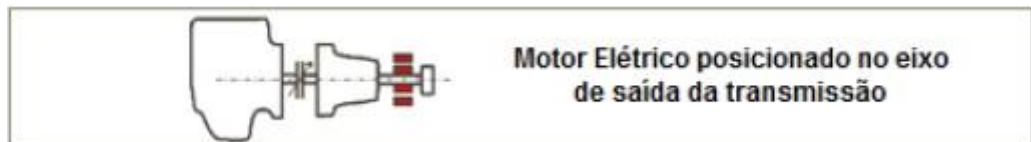
Figura 10- 2ª configuração da topologia em paralelo



Fonte: Oliveira (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

3ª configuração: definida quando o motor elétrico é acoplado ao eixo secundário de saída da transmissão e/ou diferencial, com objetivo de aproveitar a relação do diferencial. Exemplo: *Toyota Prius*

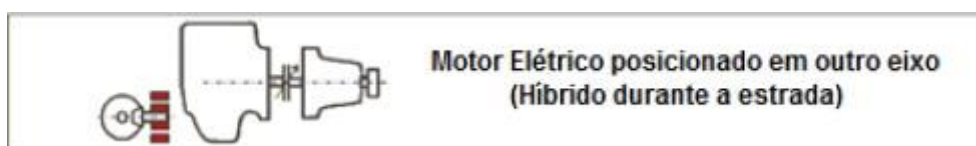
Figura 11- 3ª configuração da topologia em paralelo



Fonte: Oliveira (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

4ª configuração: definida quando o motor elétrico é acoplado a algum eixo externo ao motopropulsor, como por exemplo o primário do veículo ou diretamente nas rodas. Exemplo: *BMW i3*.

Figura 12- 4ª configuração da topologia em paralelo



Fonte: Oliveira (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

2.2.2.3. Diferenças entre híbridos em série e em paralelo

Segundo Khan e Bakhsh (2018), as principais diferenças entre os veículos híbridos em série e em paralelo são as seguintes:

Tabela 1 - Diferenças entre veículos híbridos em série e paralelo

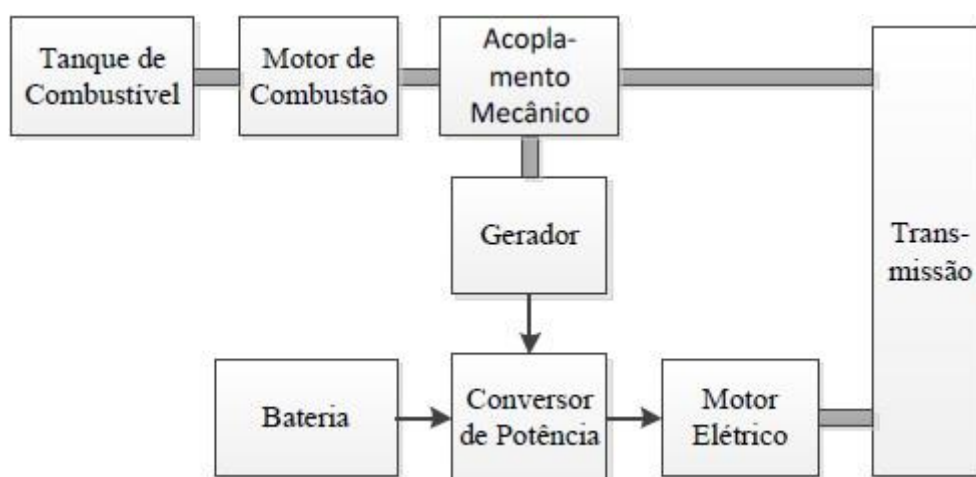
Parâmetros	Híbrido em série	Híbrido em paralelo
Motor de combustão interna	Menor	Maior
Motor elétrico e bateria	Maior	Menor
Gerador	Gerador separado	Motor elétrico atua como gerador
Motor a gasolina	Não é acoplado as rodas	Acoplado as rodas
Eficiência	Mais eficiente dirigindo nas cidades	Mais eficiente em autoestradas em maiores e mais constantes velocidades

Fonte: Khan e Bakhsh (2018).

2.2.2.4. Híbrido série-paralelo

A construção série-paralela, como o próprio nome da classificação diz, é uma combinação da topologia em série e paralela. Adiciona-se à configuração paralela um gerador de forma mecânica ao MCI para trabalhar com um sistema de geração de energia para recarregar as baterias. Esta arquitetura proporciona uma maior versatilidade para operação em modo híbrido. A recarga do sistema de armazenamento de energia pode ser feita por frenagem regenerativa ou via MCI, caso for necessário. Não existe um padrão definido para qual é a melhor arquitetura, porém a série-paralela, é a mais utilizada pelos VEHS atualmente no mercado. (SILVA, 2017)

Figura 13- Esquema da arquitetura de um veículo elétrico híbrido série-paralelo



Fonte: Ehsani e Emadi (2010 apud SILVA, 2017).

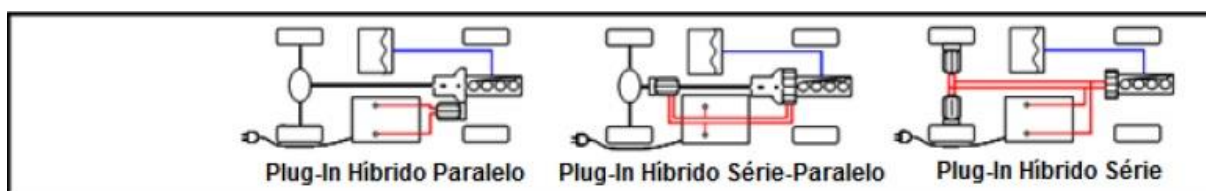
De forma análoga, para Trindade (2016), a arquitetura série-paralelo, popularmente conhecida como *power-split*, utiliza um MCI e dois motores elétricos, todos conectados de forma mecânica às rodas. Nesta configuração, a transmissão do veículo pode ser uma transmissão planetária, o que faz o sistema funcionar tanto com a topologia em série quanto a topologia paralela, o que depende da velocidade do veículo e outros parâmetros de operação. Um exemplo dessa aplicação é o veículo *Toyota Prius*.

2.2.2.5. Híbrido Plug-in

Um veículo elétrico híbrido que possui um sistema de recarga externo (tomada, plug) é denominado Plug-in. Eles possuem a mesma base de construção dos automóveis híbridos comuns com relação a posição espacial dos propulsores (série, paralelo e série-paralelo), se diferenciam pela autonomia das baterias e o seu sistema de recarga. Uma grande desvantagem é o tamanho da bateria. (OLIVEIRA,2019)

De acordo com Emadi (2014 apud Oliveira, 2019), esta topologia melhora a funcionalidade híbrida completa com a capacidade de conectar fontes externas de energia elétrica. Aumentando assim consideravelmente a proporção de utilização de acionamento elétrico em relação ao uso da energia térmica de propulsão. Devido a uma maior percentagem do sistema de propulsão elétrica, os VEHs plug-in possuem uma capacidade maior de frenagem regenerativa em comparação aos VEHs tradicionais. Os VEHs plug-in são muito desejáveis para os ciclos urbanos. Segue abaixo um esquema de como seriam as diferentes arquiteturas plug-in.

Figura 14- Esquema das diferentes arquiteturas plug-in



Fonte: Oliveira (2019), modificado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

2.2.3. Componentes dos veículos híbridos

De acordo com Souza (2010), dentre os componentes ou sistemas que compõem o desenvolvimento da propulsão de um veículo elétrico híbrido, destacam-se os armazenadores de energia, os motores, os geradores e o sistema de transmissão. Nas seções posteriores serão descritos de forma sucinta informações pertinentes a respeito de alguns destes componentes.

2.2.3.1. Motor de combustão interna alternativo

2.2.3.1.1 Classificação dos motores de combustão interna alternativos quanto ao tipo de ignição

Segundo Brunetti (2012), combustão seria uma reação química de oxidação exotérmica de um combustível. Para que o combustível reaja com o comburente, neste caso o oxigênio do ar, e se inicie a reação, se faz necessária uma energia de ativação, neste caso essa energia se chamaria ignição. Quanto a ignição, os motores alternativos podem se classificar de duas formas, que serão descritas a seguir:

1ª Motores de ignição por faísca ou Otto: nestes tipos de motores, a mistura combustível/ar é admitida, previamente dosada por um carburador ou injetada no interior dos cilindros quando há injeção direta de combustível, e inflamada por uma faísca através dos eletrodos do dispositivo denominado vela de ignição. Para isso, o combustível deve possuir um alto índice de octano, isto é, dificuldade de entrar em auto-ignição, que é o caso da gasolina e do álcool etílico. (BRUNETTI,2012)

2ª Motores de ignição espontânea ou Diesel: nesta configuração, o pistão do motor comprime somente ar até que o mesmo atinja uma temperatura suficiente para que o mesmo só de entrar em contato com o combustível injetado promova a combustão. Para isso, o combustível injetado deve possuir uma alta cetanagem, isto é, facilidade de entrar em auto-ignição, que é o caso do óleo Diesel. (BRUNETTI,2012)

2.2.3.1.2 Classificação dos motores de combustão interna de ignição por centelha, alternativos, quanto ao número de tempos

Para introduzirmos a seção, começamos com a mesma linha de raciocínio utilizada em Brunetti (2012). Fluido ativo, seria a mistura gasosa de combustível e ar que sofrerá um fenômeno químico de combustão iniciado por uma energia de ativação, seja ela, proveniente de uma faísca ou do contato do combustível aspergido com o ar a uma elevada temperatura. Processo, seria o “caminho” que uma substância (neste caso formada por ar e combustível no estado de vapor) experimenta passando de uma configuração de uma gama de parâmetros (propriedades) iniciais para uma configuração de uma gama de parâmetros diferentes final. Ciclo de operação, ou simplesmente ciclo, seria a sequência de processos sofridos pelo fluido ativo, processos estes, que se repetem para a obtenção de trabalho útil. O conceito de “tempo”

seria, todos os processos que ocorrem dentro do volume de controle do fluido ativo quando a cabeça do pistão se movimenta do Ponto Morto Superior (PMS) até o Ponto Morto Inferior (PMI) e vice-versa, ou, quando o pistão percorre o curso descendente ou ascendente do pistão dentro do cilindro. De acordo com o número de tempos, será apresentada as seguintes classificações que podem ser utilizadas tanto para classificar os Motores de Combustão Interna (MCI) alternativos como para os Motores de Combustão Externa (MCE) alternativos, que são: motores alternativos a quatro tempos e motores alternativos a dois tempos e ignição por faísca.

1ª Motores alternativos a quatro tempos: também de acordo com a sistemática de Brunetti (2012), motores alternativos a quatro tempos, são motores que a cada quatro cursos do pistão (duas voltas do virabrequim), completam um ciclo, os quatro tempos com suas respectivas fases serão descritos a seguir:

- Primeiro tempo: admissão

O pistão se movimenta no sentido do PMS para o PMI, a válvula de admissão abre, e o movimento descendente do pistão provoca uma depressão que succiona a mistura ar/combustível para o interior da câmara de combustão. (ANTONELLO,2015)

- Segundo tempo: compressão

Neste tempo, ocorre o fechamento da válvula de admissão e o pistão se desloca do PMI em direção ao PMS, comprimindo a mistura ar/combustível. (ANTONELLO,2015)

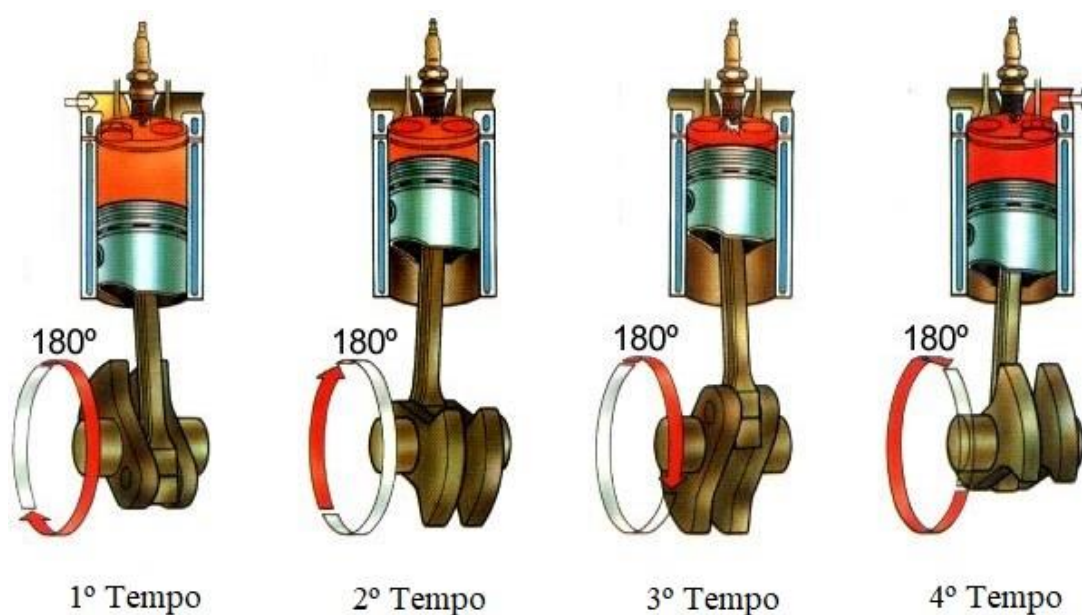
- Terceiro tempo: expansão

Próximo ao PMS, a faísca é gerada pela vela, provocando a ignição da mistura, a combustão eleva a temperatura e pressão dentro da câmara, fornecendo energia para movimentar o pistão, realizando assim trabalho útil do motor. (ANTONELLO,2015)

- Quarto tempo: escape

Ocorre a abertura da válvula de exaustão e os gases provenientes da combustão são expelidos pela força ascendente do pistão. (ANTONELLO,2015)

Figura 15- Desenho esquemático do motor a quatro tempos



Fonte: Curso de geração de energia da faculdade de engenharia da UERJ (2014).

2ª Motores alternativos a dois tempos e ignição por faísca: neste tipo de motores, em dois cursos do pistão se realizarão quatro fases, e diferente dos motores a quatro tempos, estas quatro fases ocorrerão com uma volta do virabrequim.

- Primeiro tempo: expansão e escape

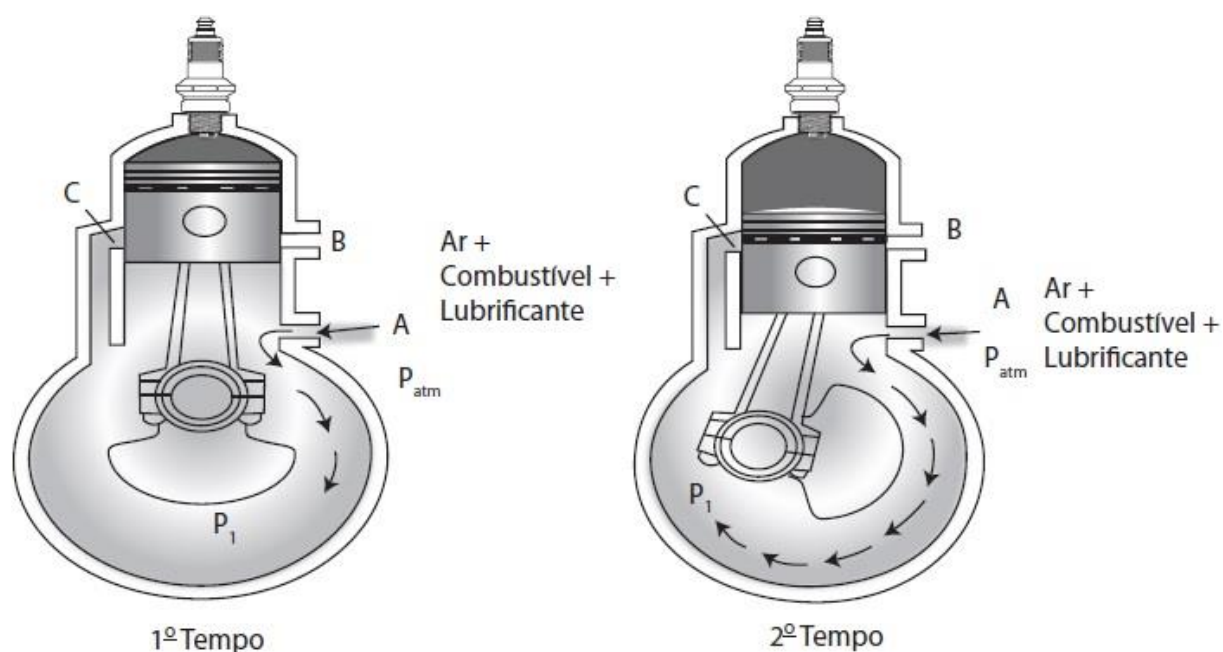
Tendo como referência, a figura 16, supondo que o pistão esteja no PMS e a mistura esteja comprimida, ao ser gerada a faísca pela vela de ignição, a combustão tem início e devido a pressão gerada, o pistão é deslocado até o PMI. Durante este movimento, o pistão comprime o conteúdo do cárter e, num certo ponto do curso, a passagem de escapamento é descoberta, também denominada janela de escape (B), pelas quais os gases quentes de combustão, ainda com pressão elevada, escapam naturalmente tendo em vista o gradiente de pressão gerado. Em

sequência, o pistão descobre a janela de admissão (C) que coloca o cárter em comunicação com o cilindro, forçando o preenchimento do seu interior com mistura nova. Em um instante desse processo, as passagens (B) e (C) estão abertas simultaneamente, podendo haver fluxo de mistura nova junto com os gases de escapamento que estão sendo expelidos para o exterior. (BRUNETTI, 2012)

- Segundo tempo: admissão e compressão

Com auxílio também da figura 16, o pistão se desloca do PMI até o PMS. Ao longo do seu curso ascendente, a janela de admissão se fecha, a seguir, fecha a janela de escapamento (B) e abre a passagem (A), de maneira que, em virtude da sucção (depressão) criada no cárter durante o deslocamento do pistão, o cárter é preenchido com nova mistura, ao mesmo tempo a mistura é comprimida e o ciclo reiniciado. (BRUNETTI, 2012)

Figura 16- Desenho esquemático do motor a dois tempos



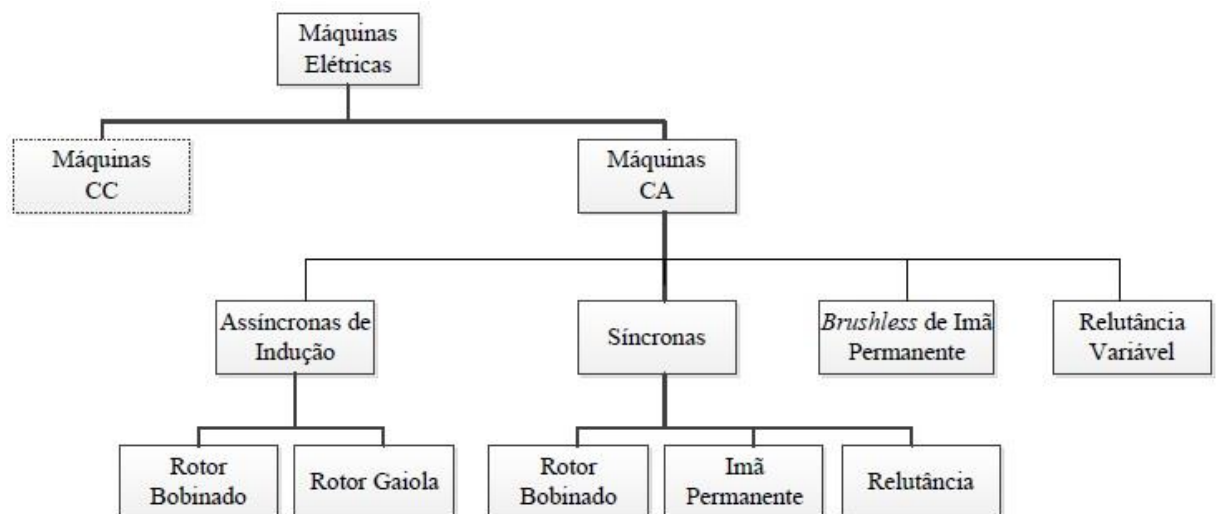
Fonte: Brunetti (2012).

2.2.3.2. Máquinas elétricas

Máquinas elétricas utilizadas com o objetivo de gerar tração são caracterizadas por possuir movimento rotativo, onde a parte fixa é chamada de estator e a parte rotacional chamada de rotor. Essas máquinas podem trabalhar transformando energia elétrica em energia mecânica via trabalho de eixo, neste caso são denominadas de motores. E também, ao contrário, quando a energia mecânica é transformada em energia elétrica, este tipo de máquina elétrica é denominado gerador. As máquinas elétricas rotativas podem ser divididas em máquinas de corrente contínua (CC) e máquinas de corrente alternada (CA). (SILVA, 2017)

Entre as máquinas de corrente alternada estão as máquinas de indução, as máquinas síncronas, a máquina de relutância variável e *Brushless* de ímã permanente. (SILVA, 2017)

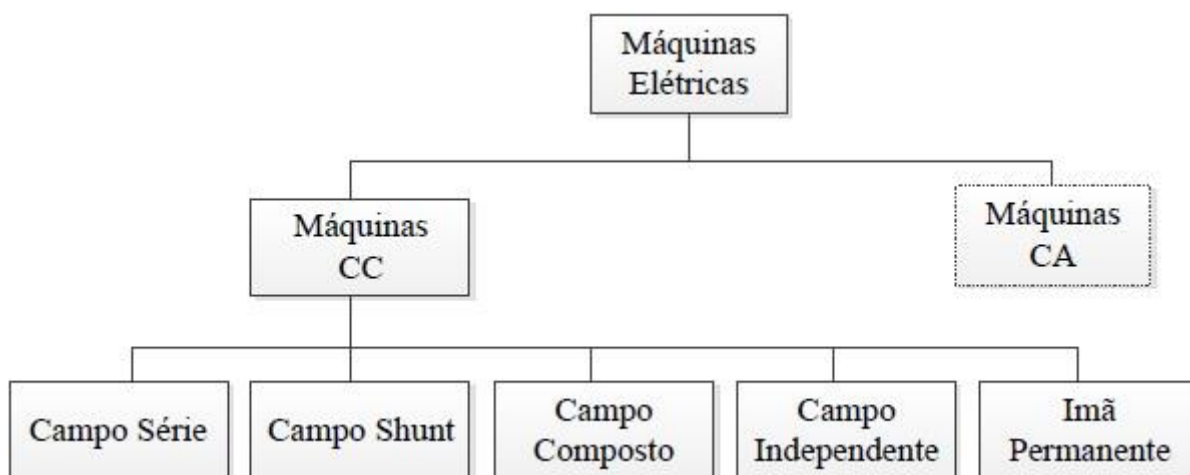
Figura 17- Tipos de máquinas elétricas de corrente alternada



Fonte: Silva (2017).

Segundo Silva (2017), os diferentes tipos de máquinas CC estão expostos na figura 18.

Figura 18- Tipos de máquinas elétricas de corrente contínua



Fonte: Silva (2017).

2.2.3.3. Armazenadores de energia

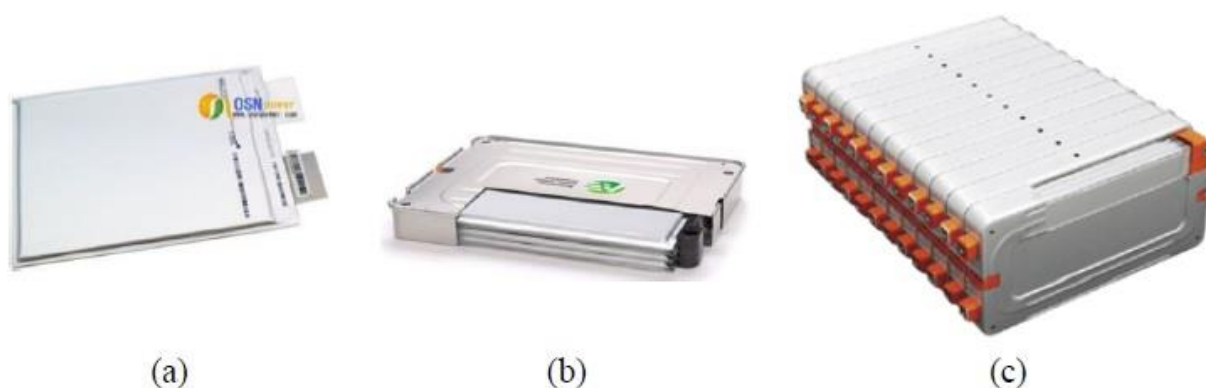
Os armazenadores de energia são os responsáveis pela autonomia de funcionamento dos veículos, com exceção de alguns tipos de trens, tais como os utilizados no Metrô, e também no Trólebus, ônibus alimentados por redes específicas de energia elétrica que fazem com que estes possam ser conduzidos em trajetos determinados (SOUZA,2010). Nos veículos a MCI, os armazenadores de energia presentes são os tanques de combustível. Estes reservatórios possuem capacidade de armazenamento de combustível suficiente para a realização de diferentes percursos. O uso dos mesmos consiste em uma preocupação em relação à segurança que está relacionada à resistência a colisões, tendo que se evitar acidentes que ocasionem incêndios ou explosões. Se comparados a alguns tipos de baterias estes combustíveis chegam a armazenar até cem vezes mais energia por unidade de massa. BOSCH (2005 apud SOUZA, 2010)

Para veículos que se locomovem via tração elétrica, os armazenadores de energia podem ter dois tipos de princípios de funcionamento, eletroquímico e eletrostático. Os armazenadores eletroquímicos mais utilizados são as baterias, possuindo uma gama de características. Já os eletrostáticos são representados pelos capacitores. Nas seções a seguir serão apresentados alguns tipos de baterias e supercapacitores. (SOUZA,2010)

2.2.3.3.1 Baterias

Conforme Silva (2017) relata, existem diversos modelos de baterias, que possuem variação quanto a tecnologia dos materiais utilizados. A bateria embarcada no veículo é formada por um conjunto de células, que são associadas para se obter a capacidade de energia e nível de tensão desejado para a aplicação escolhida. Segue abaixo uma imagem ilustrando uma célula de íon-lítio em (a), o arranjo destas células formando um módulo (b) e em (c), o pack da bateria para ser inserido no veículo.

Figura 19- Modelo de bateria



Fonte: Silva (2017).

De acordo com Castro e Ferreira (2010), os tipos de baterias mais utilizados em aplicações veiculares são as de chumbo-ácido (PbA), as de níquel-hidreto metálico (NiMH), as de sódio (também conhecidas como ZEBRA: Zero Emission Battery Research Activity) e as de íon-lítio.

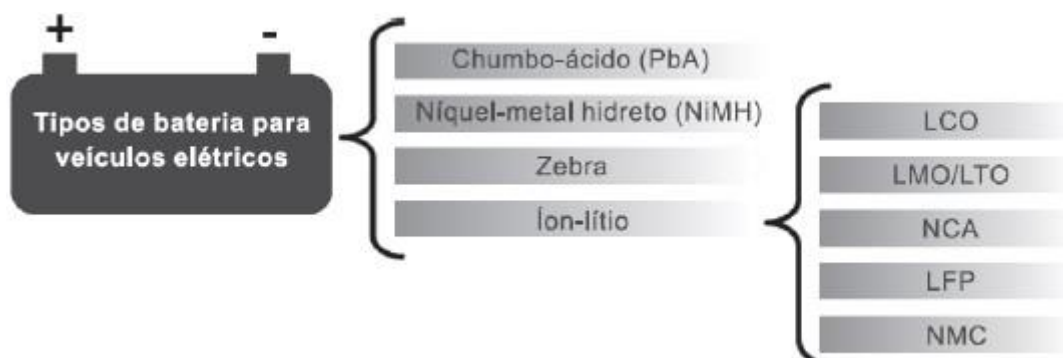
As baterias de chumbo-ácido são as mais utilizadas em veículos com motor a combustão interna para o acionamento de partes elétricas, como ignição eletrônica, ar condicionado, vidro elétrico, computador de bordo, alarme, trava elétrica, e som automotivo. Porém, podem ser utilizadas para fim de tração. Possuem como desvantagem o seu custo para um curto ciclo de vida. Por possuírem em sua composição componentes perigosos (chumbo e ácido sulfúrico), há normas ambientais que regulam seu recolhimento, descarte e eventual reciclagem (CASTRO E FERREIRA, 2010)

Segundo Silva (2017), a bateria de níquel-hidreto metálico apresenta uma vida útil de aproximadamente 10 anos, porém possui a desvantagem de possuir um peso maior, principalmente devido à presença de grande quantidade de níquel.

Baterias de sódio, “ZEBRA” ou ainda de “sal fundido” são uma tecnologia relativamente madura, mas que têm como limitação a necessidade do aquecimento para cerca de 270 °C para funcionamento, o que consome bastante energia. Sua vantagem é não conter materiais tóxicos, como as de chumbo-ácido. (CASTRO E FERREIRA, 2010)

As baterias de íon-lítio, que existem desde meados de 1980, são as mais utilizadas em veículos elétricos, em função do grande conhecimento desta tecnologia devido ao seu uso em outros segmentos. O lítio é o mais leve de todos os metais usados em baterias, possui o maior potencial eletroquímico e fornece a maior densidade de energia por peso (SANTOS,2017). De acordo com LARMINIER e LOWRE (2003 apud SILVA, 2017), apresentam maior capacidade energética por volume, porém, seu custo é proporcional. A alta densidade de energia desta tecnologia contribuiu para a utilização em equipamentos eletrônicos portáteis, como notebooks e celulares. A figura 20 ilustra os principais tipos de baterias para veículos elétricos.

Figura 20- Tipos de baterias utilizadas em veículos elétricos



Fonte: Castro e Ferreira (2010).

Fazendo uma comparação dos tipos de baterias citados, observa-se que as de íon-lítio obtêm melhor desempenho, embora tenham custo mais elevado e problema de segurança. Já as de chumbo-ácido obtêm desempenho pior, mas custo mais baixo, enquanto as difundidas de níquel-hidreto metálico figuram em posição intermediária quanto a desempenho e custo. Por fim as ZEBRA, têm como principal limitante o fato de serem desenvolvidas apenas por uma

empresa (CASTRO E FERREIRA, 2010). A tabela 2 apresenta um comparativo entre os principais tipos de baterias para veículos elétricos.

Tabela 2- Comparativo entre os tipos de baterias quanto as variáveis escolhidas

		Energia (Wh/kg)	Vida útil (ciclos)	Custos	Segurança	Problemas
PbA		30-50	200-300	X	Estável	Baixa energia
NiMH		60-80	300-500	3X	Estável	Opção intermediária. Não lidera em custo, nem em desempenho.
Zebra		100-110	>1.000	3X	Estável	Desenvolvimento limitado a uma empresa
Íon-lítio	NCA	100-130	>800	5X	Necessitam de proteção	Custo e segurança
	NMC	100-130	>1.000			
	LFP	90-110	>2.000			

Fonte: Castro e Ferreira (2010).

2.2.3.3.2 Supercapacitores

Os projetos de baterias são centrados na obtenção de máxima energia específica com máxima potência específica e um alto ciclo de vida, devido à dificuldade de se obter de forma simultânea essas duas características, surgiu a idéia de unir uma fonte de alta energia com uma fonte de alta potência. A fonte de alta energia (alta energia específica) seriam as baterias e a fonte de potência (alta potência específica) seriam os supercapacitores. A fonte de potência pode ser recarregada durante momentos de menor demanda ou frenagem regenerativa. (SOUZA,2010)

Os supercapacitores possuem uma potência específica muito maior e uma energia específica muito menor do que as baterias. A energia específica possui um limiar de poucos Wh/kg, porém a potência específica pode atingir 3kW/kg, muito superior que qualquer tipo de bateria. Devido a sua baixa energia específica é difícil utilizá-los como fonte primária de energia, porém as vantagens do seu uso como fonte auxiliar de energia são grandes. LEITMAN (2009 apud SOUZA, 2010)

Juntos, as baterias e os supercapacitores formam um sistema de armazenamento denominado misto. A decomposição dos requisitos de energia e potência faz com que as baterias possam ser otimizadas atingindo assim máxima energia específica e alto ciclo de vida. (EHSANI, GAO, et al., 2005)

2.3. ENGENHARIA ECONÔMICA

Segundo Motta (2011), o desafio da Engenharia Econômica consiste em definir, de maneira tão precisa quanto possível, alternativas de investimentos e prever suas consequências, reduzidas a termos monetários elegendo-se um instante de referência temporal e considerando que o dinheiro varia no tempo, um dos princípios básicos desta ciência.

Um mesmo objetivo pode ser alcançado de várias maneiras. No mundo contemporâneo, que é competitivo e globalizado, obtém sucesso quem atingir o objetivo da maneira mais econômica, ou, ainda para um mesmo nível de investimento, o investidor ou a empresa com maior rentabilidade. Muitas vezes, o objetivo proposto só será alcançado após transcorrido um determinado tempo para maturação do investimento. Para cada uma das alternativas possíveis, é necessário um Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica, bem fundamentado, para que se possa decidir ponderadamente. (MOTTA,2011)

2.3.1. Taxa mínima de atratividade

Para avaliar a viabilidade de uma alternativa de investimento, é necessário definir uma taxa de juros a ser utilizada como parâmetro para a avaliação econômica. Essa taxa de juros é denominada taxa mínima de atratividade (NOGUEIRA,2013).

De acordo com NOGUEIRA (2007 apud NOGUEIRA, 2013), alguns aspectos influenciam nesta decisão, como:

- a disponibilidade de recursos;
- o custo dos recursos;
- a taxa de juros paga no mercado por grandes bancos ou por títulos governamentais, para o montante de dinheiro envolvido;
- a previsibilidade do fluxo;
- o horizonte de planejamento do projeto, a curto prazo ou a longo prazo;
- as oportunidades estratégicas que o investimento pode oferecer;
- a aversão ou a propensão ao risco que o investidor pode ter;

A taxa mínima de atratividade geralmente utilizada como parâmetros, são: SELIC, Taxa de pares de renda fixa CDI, CDB. (VIEIRA et al., 2016)

2.3.2. Valor presente líquido

De acordo com Nogueira (2013), o método do valor presente líquido, também conhecido como VPL, consiste em avaliar se uma determinada alternativa de investimento, em valores da data 0 (zero), apresenta lucro ou prejuízo. O VPL é calculado transferindo para a data 0 (zero) todos os desembolsos e recebimentos da alternativa de investimentos descontados a uma determinada taxa de juros. A taxa de juros utilizada é a que se denominou anteriormente de taxa mínima de atratividade.

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2010 apud RIGO, 2017), calcula-se o *VPL* pela equação a seguir:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+k)^t} \right) - FC_0 \quad (2)$$

Onde: *VPL* é o fluxo de caixa do investimento [R\$]; FC_t é a entrada ou fluxo de caixa no período t [R\$]; n é o número de períodos na linha do tempo; t é o período genérico na linha do tempo; k é a TMA adotada [% ao período]; FC_0 é o investimento inicial.

A avaliação, se o investimento é satisfatório ou não, deverá ser realizada a partir da análise do resultado do VPL. Sua aprovação está condicionada ao fato do VPL ser maior do que 0 (zero). Se o VPL resultar em um valor negativo, o retorno do investimento será inferior ao mínimo esperado, desta maneira, o investimento deverá ser rejeitado. Na situação que o VPL for igual a 0 (zero), o retorno do projeto será igual a TMA, não sendo suficiente para tornar a alternativa analisada atrativa. (NOGUEIRA,2013)

2.3.2. Payback simples e Payback descontado

O método do *Payback* avalia o tempo de recuperação do capital investido. Se o tempo de retorno do capital investido na alternativa de investimento analisada estiver dentro do estabelecido pelo investidor, alternativa será viável e aprovada, caso contrário, será rejeitada. Na determinação desse tempo, vários fatores são considerados, mas deve-se dar destaque especial à avaliação de riscos. (NOGUEIRA, 2013)

2.3.2.1. Payback simples

O *Payback* simples, é o período em que os valores dos investimentos (fluxos negativos) se anulam com os respectivos valores de caixa (fluxos positivos). *Payback* simples calcula o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento. É considerado como mais apropriado em ambientes de risco elevado do que o *VPL*, pois leva em conta o prazo de retorno do investimento. SCHAICOSKI (2002 apud VIEIRA et al., 2016).

$$Payback = \frac{Investimento\ inicial}{Resultado\ do\ fluxo\ de\ caixa} \quad (3)$$

2.3.2.1. Payback descontado

O cálculo do *Payback* descontado é basicamente igual ao do *Payback* simples, mas um pouco mais elaborado, leva-se em consideração a variação do dinheiro no tempo. Se pretende tratar o fluxo de caixa considerando uma taxa de desconto conforme as expectativas de quem estiver realizando a análise. Segundo Samanez (2009 apud RIGO, 2017), o cálculo do *Payback* descontado pode ser feito de acordo com a seguinte equação.

$$\sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+k)^t} \right) - FC_0 = 0 \quad (4)$$

Onde: FC_0 é o investimento realizado no momento zero [R\$]; FC_t é a entrada ou fluxo de caixa de cada período t [R\$], k é a TIR [% ao período]; n é o período estimado para o horizonte de planejamento.

2.3.3. Custo/Valor anual uniforme equivalente

O método pode ser aplicado ao caso de um “benefício anual líquido” (VAUE), e não apenas “custo anual” (CAUE). No entanto, geralmente emprega-se o CAUE em alternativas que envolvem só custos, não gerando receitas. Fica-se com aquela opção que apresentar o menor custo anual equivalente, calculado a dada taxa mínima de atratividade. O Valor/Custo

anual uniforme equivalente é, por definição, a transformação de todos os fluxos de caixa (investimentos, custos operacionais, valor residual, etc.) em uma série anual uniforme equivalente (MOTTA, 2011).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise de viabilidade econômica proposta no trabalho foi escolhido o modelo híbrido Toyota Prius ®, modelo 2018, comparando sua vida útil com o automóvel de MCI à gasolina da mesma montadora, Toyota Corolla ® 2019. No início do trabalho foi feita uma pesquisa de campo em uma renomada concessionária da Toyota ®, na cidade de Santa Maria RS, denominada CarHouse ®. Nesta empresa foram coletados os investimentos para compra, custos de revisões, de manutenções, do consumo dos dois automóveis e o preço da bateria (exclusivamente para o veículo híbrido). Através da internet, foram obtidos valores de quilometragem média anual percorrida do motorista, preço da gasolina e TMA. Na primeira seção desta parte do trabalho serão expostas informações sobre os veículos utilizados. Na segunda seção serão descritos os procedimentos de pesquisa que foram realizados e por último, na terceira seção, serão propostas e descritas as situações que foram simuladas na planilha, que diferem de acordo com a necessidade de cada motorista em utilizar o automóvel, o que muda muito o modo de observar o problema.

3.1 VEÍCULOS UTILIZADOS PARA A ANÁLISE

3.1.1. Veículo convencional: Toyota Corolla

O veículo convencional escolhido para se efetuar a análise é o Toyota Corolla 2019. O Corolla é um sedã flex (opera à álcool e gasolina), ciclo Otto, na sua versão GLI Upper 16 V Aut., possui um volume deslocado de 1,8 L, potência de 144 CV @ 6000 rpm (abastecido 100% com etanol) e torque de 18,6 kgf.m @ 4800 rpm (abastecido 100% com etanol).

Figura 21- Toyota Corolla 2019 GLI Upper 16V Aut.



Fonte: TOYOTA (2018).

3.1.1. Veículo híbrido: Toyota Prius

O veículo híbrido escolhido para a análise é o Toyota Prius 2018. O Prius é um sedã que opera à ciclo Atkinson (Otto adaptado), propulsionado por um motor de combustão interna à gasolina e por um motor elétrico. O MCI possui o volume deslocado de 1,8 L, razão de compressão de 13:1, diâmetro X curso do pistão 80,5 x 88,3 (mm), potência de 98 CV @ 5200 rpm e torque de 14,2 kgf.m @ 3600 rpm. O motor elétrico possui a potência de 72 CV e torque de 16 kgf.m.

Figura 22- Toyota Prius 2018



Fonte: Toyota (2019).

3.2 PROCEDIMENTO DA PESQUISA REALIZADA

Os dados para realização da análise de viabilidade econômica proposta foram obtidos por meio de uma pesquisa de campo e por meio da internet. A pesquisa de campo foi feita através de visitas a concessionária ligada a Toyota®, denominada CarHouse®, em Santa Maria RS, endereço, Rua do Acampamento, 713 e por meio de entrevistas a taxistas da cidade os quais relataram por meio de sua experiência, estimativas de suas médias anuais de quilometro rodado e após isto, foi calculada uma média de todos estes valores. A pesquisa de dados na internet foi realizada por meio de edições eletrônicas de jornais e de sites de entidades governamentais.

3.2.1. Pesquisa de campo

Do dia 29/04/2019 até dia 28/10/2019, foram efetuadas visitas a concessionária CarHouse e os seguintes dados foram levantados, tais como, o preço de aquisição dos veículos, seus consumos, revisões, manutenções e preço da bateria do veículo híbrido:

Tabela 3- Dados coletados na CarHouse via gerente

Modelo de automóvel	Preço do veículo (R\$)	Consumo na cidade (km/L)	Consumo na estrada (Velocidade de cruzeiro) (km/L)
Corolla	92.700	9,5	15,5-16
Prius	127.000	18-19	24-25

Fonte: CarHouse Santa Maria (2019).

Tabela 4- Revisões do Prius 10- 60 mil km

Revisão	Mão de obra (R\$)	Preço peças (R\$)	Total da revisão (R\$)
1ª revisão- 10.000 km ou 12 meses	Grátis	244,69	244,69
2ª revisão- 20.000 km ou 24 meses	366,71	248,29	615,00
3ª revisão- 30.000 km ou 36 meses	184,31	244,69	429,00
4ª revisão- 40.000 km ou 48 meses	411,71	506,29	918,00
5ª revisão- 50.000 km ou 60 meses	234,31	284,69	519,00
6ª revisão- 60.000 km ou 72 meses	448,71	700,29	1.149,00

Fonte- CarHouse Santa Maria (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

Quadro 1 – Manutenções do Prius

Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Disco de freio dianteiro	2 unidades	R\$ 420,98	R\$ 841,96
Jogo de pastilhas de freio dianteiras	1 unidade	R\$ 431,46	R\$ 431,46
Troca de discos e pastilhas de freio dianteiros	-	-	R\$ 246,40

Disco de freio traseiro	2 unidades	R\$ 559,68	R\$ 1.119,36
Jogo de pastilhas de freio traseiras	1 unidade	R\$ 325,54	R\$ 325,54
Troca de discos e pastilhas de freio traseiros	-	-	R\$ 246,40
Amortecedor Dianteiro	2 unidades	R\$ 777,29	R\$ 1554,58
Subconjunto de suporte de amortecedor dianteiro	2 unidades	R\$ 372,59	R\$ 745,18
Troca de amortecedores dianteiros	-	-	R\$ 708,40
Amortecedor Traseiro	2 unidades	R\$ 605,54	R\$ 1.211,08
Troca de amortecedor traseiro	-	-	R\$ 431,20
Palheta do limpador de para-brisa dianteiro 1	1 unidade	R\$ 81,91	R\$ 81,91
Palheta do limpador de para-brisa dianteiro 2	1 unidade	R\$ 199,04	R\$ 199,04
Troca das palhetas do limpador de para-brisa	-	-	R\$ 61,60
Borracha do limpador de para-brisa dianteiro 1	1 unidade	R\$ 25,90	R\$ 25,90

Borracha do limpador de para-brisa dianteiro 2	1 unidade	R\$ 43,10	R\$ 43,10
Troca do refil do limpador de para-brisa dianteiro	-	-	R\$ 61,60
Palheta do limpador de para-brisa traseiro	1 unidade	R\$ 75,24	R\$ 75,24
Troca de palheta do limpador de para-brisa traseiro	-	-	R\$ 61,60
Borracha do limpador de para-brisa traseiro	1 unidade	R\$ 30,29	R\$30,29
Troca do refil do limpador de para-brisa traseiro	-	-	R\$ 61,60
Elemento do filtro de A/C	1 unidade	R\$ 187,93	R\$ 187,93
Troca de filtro de A/C	-	-	R\$ 61,60

Fonte- CarHouse Santa Maria (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

Tabela 5- Preço da bateria do Prius

Preço da bateria do Prius (R\$), data: 29/04/2019
9.548,00

Fonte: CarHouse Santa Maria (2019).

Tabela 6- Revisões do Corolla 10- 60 mil km

Revisão	Mão de obra (R\$)	Preço peças (R\$)	Total da revisão (R\$)
1ª revisão- 10.000 km ou 12 meses	Grátis	278,49	278,49
2ª revisão- 20.000 km ou 24 meses	332,91	282,09	615,00
3ª revisão- 30.000 km ou 36 meses	150,51	278,49	429,00
4ª revisão- 40.000 km ou 48 meses	483,91	434,09	918,00
5ª revisão- 50.000 km ou 60 meses	153,51	278,49	432,00
6ª revisão- 60.000 km ou 72 meses	320,91	282,09	603,00

Fonte- CarHouse Santa Maria (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

Quadro 2- Manutenções do Corolla

Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Disco de freio dianteiro	2 unidades	R\$ 350,00	R\$ 700,00
Jogo de pastilhas de freio dianteiras	1 unidade	R\$ 415,00	R\$ 415,00
Troca de discos e pastilhas de freio dianteiros	-	-	R\$ 246,40
Disco de freio traseiro	2 unidades	R\$ 381,50	R\$ 763,00
Jogo de pastilhas de freio traseiras	1 unidade	R\$ 393,00	R\$ 393,00
Troca de discos e pastilhas de freio traseiros	-	-	R\$ 277,20
Amortecedor Dianteiro	2 unidades	R\$ 595,00	R\$ 1190,00

Subconjunto de suporte do amortecedor dianteiro	2 unidades	R\$ 362,12	R\$ 724,24
Troca de amortecedores dianteiros	-	-	R\$ 616,00
Amortecedor Traseiro	2 unidades	R\$ 535,00	R\$ 1.070,00
Troca de amortecedores traseiros	-	-	R\$ 431,20
Palheta do limpador de para-brisa dianteiro 1	1 unidade	R\$ 54,30	R\$ 54,30
Palheta do limpador de para-brisa dianteiro 2	1 unidade	R\$ 167,70	R\$ 167,70
Troca das palhetas do limpador de para-brisa	-	-	R\$ 61,60
Borracha do limpador de para-brisa dianteiro 1	1 unidade	R\$ 25,90	R\$ 25,90
Borracha do limpador de para-brisa dianteiro 2	1 unidade	R\$ 43,10	R\$ 43,10
Troca do refil do limpador de para-brisa dianteiro	-	-	R\$ 61,60
Elemento do filtro de A/C	1 unidade	R\$ 83,00	R\$ 83,00

Troca de filtro de A/C	-	-	R\$ 61,60
------------------------	---	---	-----------

Fonte- CarHouse Santa Maria (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

Efetuando uma média dos valores informados por diversos taxistas da cidade, constatamos que a média anual de km rodado por um taxista na cidade de Santa Maria, de uma maneira até um pouco conservadora, resulta em torno de 50.000 km por ano.

3.2.1. Pesquisa na internet

Para elaboração da planilha de análise de viabilidade econômica alguns dados tiveram de ser obtidos através do recurso da internet. Foram coletados os dados de preço médio da gasolina na cidade de Santa Maria e quantidade média anual de km rodado por um motorista para cada estado do Brasil. Segue abaixo os seguintes dados obtidos:

Tabela 7- Preço da gasolina na cidade de Santa Maria- RS

Data	Média do preço da gasolina (R\$/L)
13 de Junho	4,568
16 de Julho	4,572

Fonte: Noronha (2019), via Diário de Santa Maria, adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

Quadro 3- Quantidade de quilômetros rodados por ano em diferentes estados brasileiros

Estado	km/ano
Tocantins	17.600
Distrito Federal	14.600
Mato Grosso	14.600
Roraima	14.300
Goiás	13.700
Mato Grosso do Sul	13.700
Rio Grande do Norte	13.400

Acre	13.300
Paraíba	13.100
Paraná	13.100
Sergipe	13.100
Maranhão	13.000
São Paulo	13.000
Alagoas	12.900
Minas Gerais	12.900
Amazonas	12.800
Santa Catarina	12.800
Piauí	12.600
Amapá	12.500
Bahia	12.500
Rondônia	12.500
Rio Grande do Sul	12.200
Pará	12.100
Ceará	11.900
Espírito Santo	11.700
Rio de Janeiro	11.600
Pernambuco	11.100

Fonte: Gazeta do povo (2019), adaptado por Luís Eduardo Vieira Thiellet.

3.3 HIPÓTESES DE CÁLCULO UTILIZADAS

Algumas análises foram desenvolvidas, a primeira, na hipótese de que o motorista não utilize o seu automóvel como instrumento de trabalho, por exemplo, alguém que faça o trajeto do centro para UFSM e vice-versa, que vá ao mercado, use seu veículo para momentos de lazer e etc., para este caso foi utilizada a média anual de quilômetros rodados de uma pessoa no estado do Rio Grande do Sul. Outra, no caso de um taxista, que rode muitos quilômetros por ano dentro da cidade de Santa Maria-RS. A média anual de quilômetros rodados pelos taxistas foi calculada de acordo com informações fornecidas por próprios profissionais da área na cidade. E por fim foram simuladas outras planilhas com as médias anuais de quilometragem

percorrida por um motorista com valores entre 30.000 km/ano e 60.000 km/ano variando de dez em dez mil.

Lanzuolo e Ferreira (2015) sugerem, que discos e pastilhas de freio devem ser trocados de 25 em 25 mil km, como artifício de cálculo e ao mesmo sendo mais conservador foi considerada uma troca dos mesmos a cada 20.000 km. Segundo Jornal do Carro, Estadão (2014) e Meu automóvel, Terra (2013), os amortecedores são fabricados para durar em média 40.000 km, esse foi o valor considerado nos cálculos. Diário do Nordeste (2011) sugere que, na região Sul, no qual o clima é mais ameno, o tempo de troca dos limpadores de para-brisa deve ser de 9 meses a 1 ano. O tempo de troca dos limpadores de para-brisa considerado foi de um ano. Por último, por experiência própria, foi definida uma troca de filtro de ar condicionado anual, valor considerado razoável para higienização e conforto térmico de um automóvel.

A TMA escolhida para efetuar os cálculos foi a taxa básica de juros brasileira, ou SELIC do dia de 04/11 que é de 5.40% ao ano aproximadamente. O preço da gasolina escolhido foi o mais atualizado encontrado, que foi o de 16/07/2019 citado na seção anterior. E por fim, o preço da bateria do Prius, foi o informado dia 29/04/2019, também constado na seção anterior.

3.4 MÉTODO DE CÁLCULO DA PLANILHA

O investimento inicial será a diferença do preço de aquisição dos dois modelos de automóveis. Para o fluxo de caixa ser montado, o mesmo foi elaborado em sua maior parte através das diferenças dos custos anuais com gasolina dos dois veículos. Como os gastos de combustível do Prius são bem menores do que os do Corolla, isto se traduzirá em um fluxo de caixa positivo de economia de combustível que em um determinado horizonte de planejamento implicará em um retorno do investimento feito. Destes ganhos, foram subtraídos os custos referentes as diferenças dos valores das revisões e manutenções anuais entre os dois carros, revisões e manutenções estas que em sua grande parte são mais caras para o Prius, funcionando no sentido de desacelerar a recuperação de capital, e o custo do preço da bateria que deve ser subtraído no oitavo ano do fluxo de caixa que é um custo exclusivo do veículo híbrido. Nas revisões, como só foi obtida pela concessionária a tabela até o sexto ano, ela foi repetida sucessivamente a partir do sétimo ano.

No caso do motorista comum em especial, com o intuito de simplificar a planilha, não foram considerados os custos de manutenções, prevendo um *Payback* muito longo mesmo omitindo os custos das mesmas. Para os ganhos anuais no fluxo de caixa do 7º ano em diante

foi utilizada a média dos seis primeiros anos com exceção de que para os anos múltiplos de oito foi descontado também o valor da bateria.

Para as planilhas nos demais casos, de 30.000 a 60.000 km/ano, utilizando também de um artifício de cálculo, divide-se a média de quilômetro rodado anual por 10.000, implicando deste quociente, os menores períodos de tempo levados em consideração nos fluxos de caixa (em meses) que serão particionados os períodos de tempo em anos. Todas as quantias que não estão localizadas em anos exatos como, 12 meses, 24 meses, 36 meses, 48 meses e etc., foram transferidas para estas datas à taxa SELIC. Após o fluxo de caixa estar montado, todos os indicadores econômicos foram calculados e de acordo com os resultados obtidos as conclusões serão discutidas em seção posterior.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para cada caso serão apresentados os respectivos fluxos de caixa (exceto na seção do motorista comum, o motivo será explicado mais adiante) e os resultados das variáveis econômicas obtidas destes, tais como, *Payback* descontado, VPL e VAUE. Na última parte, serão discutidos estes resultados.

4.1 MOTORISTA COMUM

Segue em anexo uma tabela com o resultado obtido para o motorista comum que percorre 12.200 km/ano:

Tabela 8- Indicadores econômicos para um motorista comum

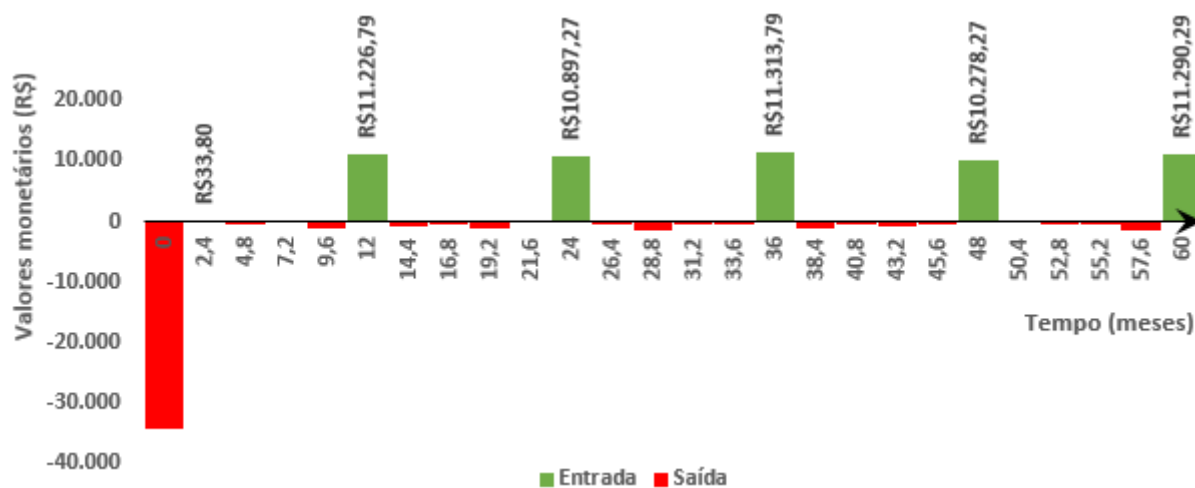
Indicador econômico	Resultado
<i>Payback</i> descontado	<u>MUITO INVIÁVEL</u> (período de retorno do investimento extremamente longo)
VPL	
VAUE	

Fonte: Autor (2019).

4.2 TAXISTAS

No caso dos taxistas, os seus veículos são utilizados como instrumento de trabalho. Munidos de informações de diversos profissionais da área pesquisados, como citado anteriormente, chegou-se à conclusão de que um taxista roda em média por ano aproximadamente 50.000 km na cidade de Santa Maria. Seguem abaixo os fluxos de caixa (completo e com custos subtraídos dos ganhos anuais devido ao consumo de gasolina) e valores dos indicadores econômicos calculados com a quilometragem obtida:

Figura 23- Fluxo de caixa detalhado, para a média de distância percorrida anual de 50.000 km/ano de um taxista na cidade de Santa Maria-RS



Fonte: Autor (2019).

Figura 24- Fluxo de caixa dos ganhos anuais com economia de gasolina, descontados os custos de revisões e manutenções, para a média de distância percorrida anual de 50.000 km/ano



Fonte: Autor (2019).

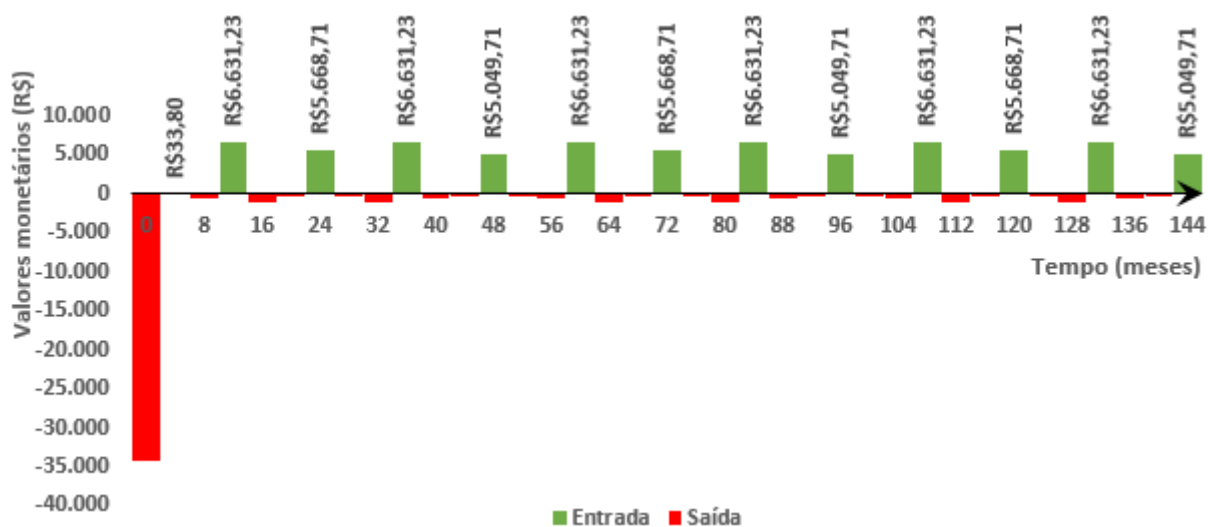
Tabela 9- Indicadores econômicos para taxistas

Indicador econômico	Resultado
<i>Payback</i> descontado	5 anos
VPL	R\$ 4356,59
VAUE	R\$ 1017,33

Fonte: Autor (2019)

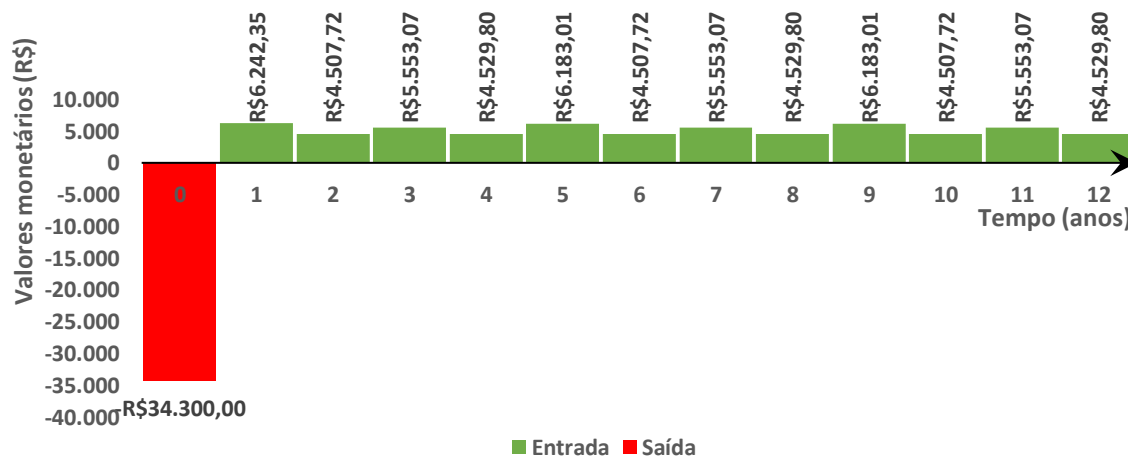
4.3 OUTRAS SIMULAÇÕES COM DIFERENTES VALORES DE MÉDIA ANUAL DE QUILOMETRAGEM RODADA

Figura 25- Fluxo de caixa detalhado, para a média de distância percorrida anual de um motorista de 30.000 km/ano



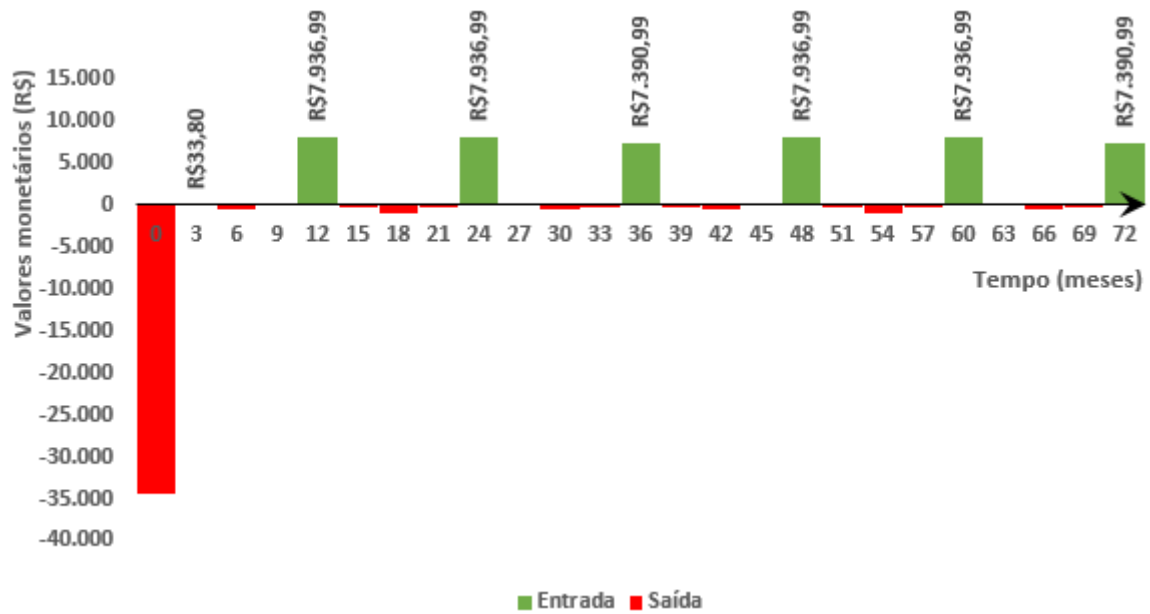
Fonte: Autor (2019).

Figura 26- Fluxo de caixa dos ganhos anuais com economia de gasolina, descontados os custos de revisões e manutenções, para a média de distância percorrida anual de 30.000 km/ano



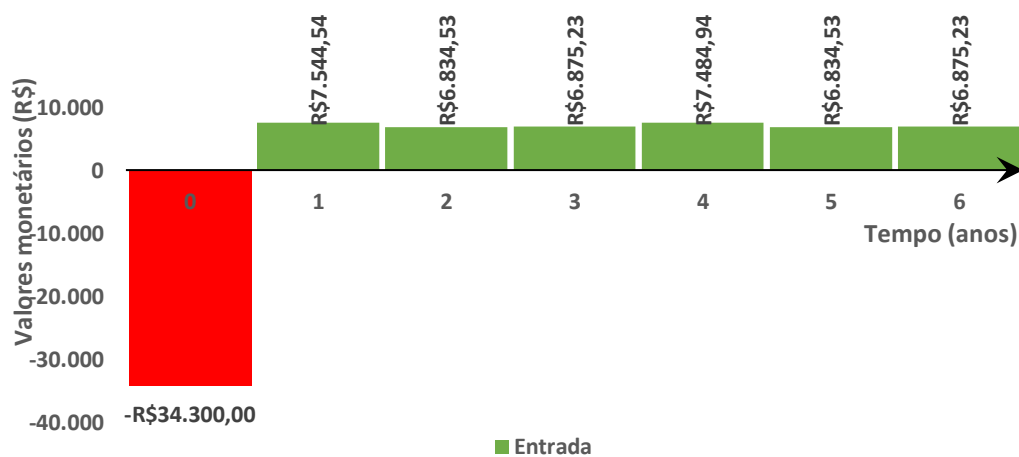
Fonte: Autor (2019).

Figura 27- Fluxo de caixa detalhado, para a média de distância percorrida anual de um motorista de 40.000 km/ano



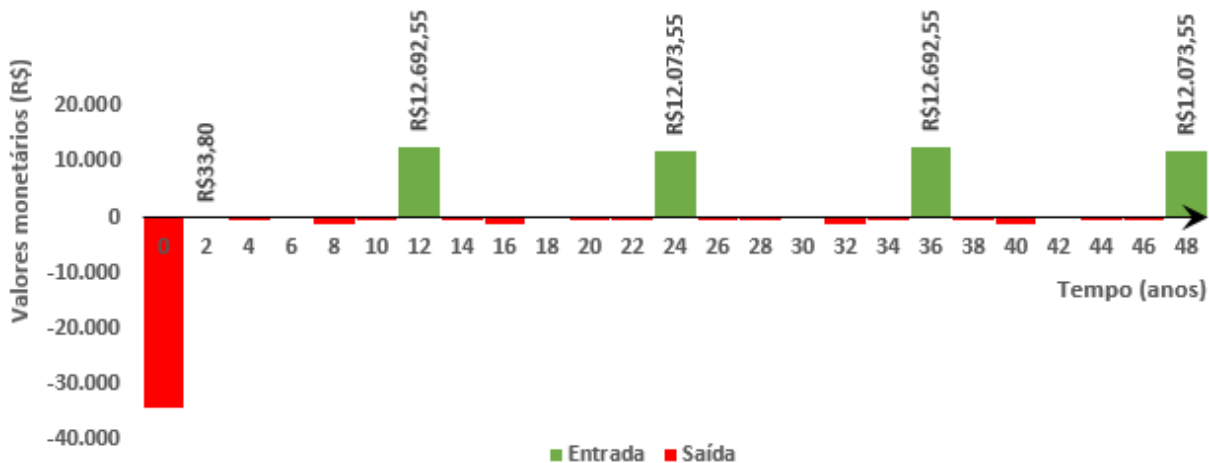
Fonte: Autor (2019).

Figura 28- Fluxo de caixa dos ganhos anuais com economia de gasolina, descontados os custos de revisões e manutenções, para a média de distância percorrida anual de 40.000 km/ano



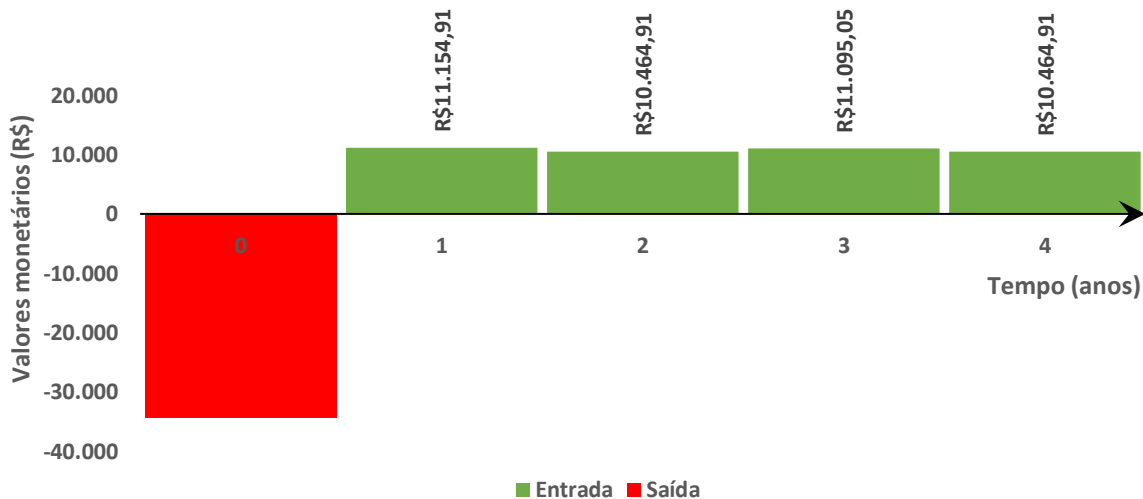
Fonte: Autor (2019).

Figura 29- Fluxo de caixa detalhado, para a média de distância percorrida anual de um motorista de 60.000 km/ano



Fonte: Autor (2019).

Figura 30- Fluxo de caixa dos ganhos anuais com economia de gasolina, descontados os custos de revisões e manutenções, para a média de distância percorrida anual de 60.000 km/ano



Fonte: Autor (2019).

Tabela 10- Indicadores econômicos para diferentes médias de quilometragem anuais

Distância percorrida anual (km/ano)	<i>Payback</i> descontado (anos)	VPL (R\$)	VAUE (R\$)
30.000	11	2.312,51	284,27
40.000	6	1.218,95	243,21
50.000	5	4.356,59	1.017,33
60.000	4	3.361,20	1.042,04

Fonte: Autor (2019).

4.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Na primeira situação a ser simulada, que é o caso do motorista comum gaúcho, os cálculos resultaram em valores muito inviáveis. Os motoristas que percorrem a média de 12.200 km/ano no Rio Grande do Sul possuem uma diferença de gasto anual com gasolina entre os dois automóveis analisados, muito pequena, implicando em um *Payback* extremamente longo, necessitando-se elaborar um fluxo de caixa extenso com um grande horizonte de planejamento, o que seria um trabalho enfadonho e sem sentido de se fazer, sendo esta a justificativa dos fluxos de caixa não estarem inseridos neste documento. Vale salientar que a troca da bateria do veículo híbrido, que dura entre 8 a 10 anos, também é um importante fator de desaceleração de recuperação de capital.

Na segunda situação, que é o caso do motorista taxista, com média anual de km rodado de aproximadamente 50.000 km/ano, o *Payback* descontado obtido foi de 5 anos. O VPL e o CAUE começaram a resultar em valores positivos a partir do ano do *Payback* descontado, os seus valores calculados foram de R\$5.005,76 e R\$ 1.428,05 respectivamente, este caso é viável.

Na terceira seção, nota-se que a partir de 40.000 km/ano o *Payback* começa a resultar em um período menor que o de troca da bateria, indicando que o investimento começa a ser interessante. Este tipo de situação é possível para taxistas de médias e grandes cidades. Para

provar que estas quilometragens anuais são possíveis, em Porto Alegre, por exemplo, de acordo com EPTC (2015), a estimativa da média de quilometragem anual realizada por um taxista no ano de 2015 foi de 97.200 km/ano. Claro que o ajuste do preço da gasolina para Porto Alegre deve ser feito, mas mesmo assim, podemos intuir que o investimento se torna muito viável neste caso.

5. CONCLUSÕES

Os veículos elétricos, sendo eles híbridos ou puros, podem ser considerados uma das melhores soluções de problemas ambientais contemporâneos. Sua alta eficiência, baixo consumo de combustível, diminuição considerável de emissões e funcionamento silencioso sinalizam como uma tecnologia importante a ser explorada. Esbarram na questão da relativamente baixa autonomia, muito ainda pode ser feito na questão de aumentar a sua distância percorrida sem que tenha de ser feita recarga ou abastecimento. Pensando em infraestrutura, ainda pesa a falta de pontos de recarga espalhados pelas cidades e estradas (porém um fator positivo é que o país possui rede elétrica disponível em grande parte do território nacional). Através dos valores encontrados no cálculo dos indicadores econômicos conclui-se que para o motorista comum brasileiro a tecnologia híbrida ainda está muito longe de ser viável, conforme vamos aumentando a quilometragem na planilha, a partir de 30.000km (menor valor fornecido pelos motoristas de táxi em Santa Maria), chegando na quilometragem média dos taxistas de Santa Maria, o cenário passa a ser viável porém devemos ressaltar que o preço de compra do veículo é elevado, nem todo indivíduo possui um aporte financeiro de R\$ 127.000,00 e condições para arcar com as manutenções que se sucedem. Algumas sugestões para trabalhos futuros seriam, a realização de estudos de formas de financiamento para se adquirir o veículo, que seja feita a mesma análise de viabilidade econômica do trabalho em cidades maiores, como as capitais, ou uma repetição do estudo para modelos mais novos ou de diferentes fabricantes de veículos híbridos na cidade de Santa Maria afim de fator de comparação. O governo deveria incentivar o uso de mobilidade “limpa” com políticas concretas, somente o discurso de preservação ambiental das empresas não será suficiente para convencer o consumidor a adquirir este tipo de veículo.

6. BIBLIOGRAFIA

ANTONELLO, M. G.; **Proposta de metodologia para o projeto de motores de combustão interna**. 2015. 179 p. Dissertação (Mestrado na área de Concentração em Gerência de Produção)-Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2015.

BERNARDES, E. J.; **Uma análise sobre a utilização de veículo híbrido na matriz de transportes da UFG campus Samambaia: economicidade aliada à sustentabilidade**. 2016. 121 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Organizacional)-Universidade Federal de Goiás(UFG)- Regional Catalão, Catalão, 2016.

BRUNETTI, F. **Motores de combustão interna: volume 1**. São Paulo, SP: Blucher, 2012

CALMON, F.; Coluna Uol Carros. **Criado em 1901, Lohner-Porsche Mixte foi o primeiro carro híbrido da história**. São Paulo/RS, 2011. Disponível em: <<https://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2011/05/20/criado-em-1901-lohner-porsche-mixte-foi-o-primeiro-carro-hibrido-da-historia.htm>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

CARHOUSE. **Santa Maria**. 2019. Disponível em: <<http://www.carhousetoyota.com.br/?dealer=carhouse-santa-maria>>. Acesso em: 27 set. 2019.

CASTRO, B. H. R.; FERREIRA, T. T.; Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. **Biblioteca digital do BNDES, setorial 32**, 2010. 267-310. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/2/BS%2032%20Ve%c3%adculos%20el%c3%a9tricos%20aspectos%20b%c3%a1sicos%2c%20perspectivas_P.pdf>. Acesso em: 22 set. 2019.

CHIARADIA, C. E. **Estudo de viabilidade da implantação de frotas de veículos elétricos e híbridos elétricos no atual cenário econômico, político, energético e ambiental brasileiro**. 2015. 163 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica)-Universidade Estadual Paulista- Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Guaratinguetá, SP, 2015.

CORRÊA, F. C.; **Desenvolvimento e análise de estratégias de gerenciamento de potência em um veículo elétrico híbrido de configuração paralela**. 2013. 159 p. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) -Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2013.

CURSO DE GERAÇÃO DE ENERGIA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UERJ. **Motores**. 2014. Disponível em: <<http://www.antonioguilherme.web.br.com/Arquivos/motores.php>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

DIÁRIO DO NORDESTE; **Quando devo trocar a palheta do para-brisas**. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/projetos/auto/quando-devo-trocar-a-palheta-do-para-brisas-1.595978>>. Acesso em: 12 out. 2019.

DRUMM, F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANDES, G. D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M. S.; KEMERICH, P. D. C.; **Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores**. REGET, v.18, n.1, p. 66-78, 2014.

DUARTE, A.; Revista online AUTOSPORT. **O primeiro híbrido do mundo saiu das mãos de Mr. Ferdinand Porsche.** Portugal, 2017. Disponível em: <<https://www.motor24.pt/sites/autosport/primeiro-hibrido-do-mundo-saiu-das-maos-mr-ferdinand-porsche/>>. Acesso em: 1 jun. 2019.

EHSANI, M. et al. **Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, Fundamentals, Theory and Design.** Boca Raton, FL, U.S.A.: CRC Press, 2005.

EPTC. Empresa Pública de Transporte e Circulação. **Transporte em números: Indicadores Anuais do Transporte Público.** Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/4.taxi.pdf>. Acesso em 27 set. 2019.

GAZETA DO POVO. **Pesquisa revela a média anual de km rodado de carro brasileiro.** 2019. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/automoveis/km-rodado-ano-carro-motorista-brasil/>>. Acesso em: 27 set. 2019.

JORNAL DO CARRO; **Veja quando trocar os amortecedores.** Disponível em: <<https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/veja-quando-trocar-os-amortecedores/>>. Acesso em: 12 out. 2019.

KHAN, M. I.; BAKHSH, F. I. Overview of Hybrid Electric Vehicles. **International Journal of Engineering Research in Electrical and Electronic Engineering (IJEREEE)**, Índia, v. 4, Issue 1, jan. 2018., ISSN (Online) 2395-2717.

LANZUOLO, G.; FERREIRA, M; **Autoajuda: Freios.** 2015. Disponível em: <<https://revistaautoesporte.globo.com/Servico/autoajuda/noticia/2015/05/autoajuda-freios.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

MAGALHÃES, M. M.; **Hibridização de um Smart ForTwo Coupé: Projeto do Método de Gestão dos Modos de Funcionamento do Sistema Híbrido.** 2014. 118 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) -Faculdade de Engenharia Da Universidade do Porto (FEUP), Porto/Portugal, 2014.

MEU AUTOMÓVEL; **Veja quando trocar e como aumentar a vida dos amortecedores.** Disponível em: <<https://www.terra.com.br/economia/carros-motos/meu-automovel/veja-quando-trocar-e-como-aumentar-a-vida-dos-amortecedores,cfdd1cc74338d310VgnVCM3000009acceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M.; **Análise de investimentos.** São Paulo, SP: Atlas, 2011.

NETO, M. S. N.; SOUZA, M. N. N.; PRADO, G. E.; CERQUEIRA, R. S.; Considerações sobre a implantação dos carros híbridos e elétricos no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, 2., 2013, Francisco Beltrão/PR. **Artigo 40** Francisco Beltrão/PR: UNIOESTE, 2013. Disponível em: <http://cac.php.unioeste.br/eventos/conape/anais/ii_conape/Arquivos/adm/Artigo40.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2019.

NOGUEIRA, E.; **Introdução à Engenharia Econômica**. São Carlos, SP: Editora UFSCAR

NORONHA, Joyce. PESQUISA: em um mês, preço da gasolina cai R\$ 0,08 em média na cidade. **Diário de Santa Maria**, Santa Maria, 17 de jul. 2019. Disponível em <<https://diariosm.com.br/not%C3%ADcias/economia/pesquisa-em-um-m%C3%AAs-pre%C3%A7o-da-gasolina-cai-r-0-08-em-m%C3%A9dia-na-cidade-1.2153959>>. Acesso em: 17 de jul. 2019.

OLIVEIRA, M. F.; **Análise comparativa de simulação numérica 1D e criação de um conceito veículo elétrico híbrido para redução do consumo de combustível segundo a norma NBR6601 U.S. FTP75**. 2019. 162 p. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica)-Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2019.

PUPPO, A. S.; Análise de possibilidades para a introdução de veículos elétricos no tráfego urbano da cidade de São Paulo: uma abordagem por meio análise morfológica. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v.4, n.2, p. 1-21, 2012.

REVISTA AUTO ESPORTE, EDITORA GLOBO S/A. **O rota 2030 não resolve o problema dos carros elétricos no Brasil**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2018/07/o-rota-2030-nao-resolve-o-problema-dos-carros-eletricos-no-brasil.html#>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

REVOREDO, T. C.; **Modelagem e gerenciamento de potência de um veículo elétrico híbrido de célula a combustível**. 2007. 149 p. Dissertação (Mestrado em ciências em engenharia elétrica)-Universidade Federal do Rio de Janeiro(UFRJ), Rio de Janeiro, 2007.

RIGO, R. M. M.; **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos na reitoria da UFSM**. 2017. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2017.

SANTOS, A. C. F. R.; **Análise de viabilidade técnica e econômica de um veículo elétrico versus veículo a combustão**. 2017. 64 p. Monografia (Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos EaD) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12590/TCCE_EEAPP_EaD_2017_SANTOS_ANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 mai. 2019.

SILVA, R. A.; **Avaliação da hibridização de um veículo nacional compacto utilizando arquitetura paralela de eixos separados**. 2017. 156 p. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica)-Universidade Federal de Minas Gerais(UFMG), Belo Horizonte, 2017.

SOMÀ, A.; Trends and Hybridization Factor for Heavy-Duty Working Vehicles: Chapter 1. **Hybrid Electric Vehicles**, Zagreb, Croácia, v.1, n.1, p. 14-43, jun., 2017. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/hybrid-electric-vehicles>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

TOYOTA. **Toyota lança linha Corolla 2019**. 2018. Disponível em: <<https://www.toyota.com.br/mundo-toyota/noticias/toyota-lanca-linha-corolla-2019/>>. Acesso em: 26 set. 2019.

TOYOTA. **Novo Prius: Seu primeiro híbrido.** 2019. Disponível em: < https://www.toyota.com.br/modelos/prius/?gclid=EAIaIQobChMI5frFh8jx5AIVkwyRCh3QmAeoEAAYASAAEgJkH_D_BwE>. Acesso em: 27 set. 2019.

TRINDADE, I. M.; **Modelagem, controle e otimização de consumo de combustível para um veículo híbrido elétrico série-paralelo.** 2016. 115 p. Dissertação (Mestrado em ciências)- Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2016.

VAZ, L. F. H.; BARROS D. C.; CASTRO, B. H. R.; Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. **Biblioteca digital do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 295-344, mar. 2015. Disponível em: < <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4284>>. Acesso em: 19 mai. 2019.

VIEIRA, D. G. C. S.; PIRES, A. V. S.; MACHADO, A. A.; LIMA, A. C.; BOTELHO, J. C.; **Avaliação de retorno de investimentos de uma empresa de materiais de construção por meio da análise de sensibilidade.** In: XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: Contribuições da Engenharia de Produção para melhores práticas de gestão e modernização do Brasil, 2016, João Pessoa/PB. Belém/PA: UEPA, 2016.

