

**CENTRO PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
FATEC SANTO ANDRÉ**

**Tecnologia em Eletrônica Automotiva**

**LEANDRO MACIEL LIMA**

**ESTUDO SOBRE OS SISTEMAS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS  
E HÍBRIDOS**

**Santo André  
2021**

**LEANDRO MACIEL LIMA**

**ESTUDO SOBRE OS SISTEMAS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS  
E HÍBRIDOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a FATEC SANTO ANDRÉ  
como requisito parcial à obtenção de título  
de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Professor Orientador:

Prof. Esp. Carlos Alberto Morioka

**Santo André  
2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

L732e

Lima, Leandro Maciel

Estudo sobre os sistemas dos veículos elétricos e híbridos /  
Leandro Maciel Lima. - Santo André, 2021. – 87f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2021.

Orientador: Prof. Esp. Carlos Alberto Morioka

1. Eletrônica. 2. Sistemas elétricos. 3. Sistemas híbridos. 4.  
Estudo. 5. Veículos. 6. Tecnologia. 7. Baterias. 8. Mobilidade. 9.  
Sistema de propulsão. 10. Emissões. I. Estudo sobre os  
sistemas dos veículos elétricos e híbridos.

629.2

**LEANDRO MACIEL LIMA**

**ESTUDO SOBRE OS SISTEMAS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS  
E HÍBRIDOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a FATEC SANTO ANDRÉ  
como requisito parcial à obtenção de título  
de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Professor Orientador  
Prof. Esp. Carlos Alberto Morioka

**MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA**

Presidente da Banca  
Prof. Esp. Carlos Alberto Morioka  
Fatec Santo André

Primeiro membro da Banca  
Prof. Fernando Garup Dalbo  
Fatec Santo André

Segundo Membro da Banca  
Profa. Me. Suely Midori Aoki  
Fatec Santo André

**Local: Fatec Santo André**  
**Horário: 19:00**  
**Data: 04/12/2021**

**Santo André**

**2021**

*Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, a minha esposa Aurisicleide e a todos os familiares e amigos que me apoiaram direta ou indiretamente.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos Professores da Faculdade Tecnológica de Santo André e em especial aos Professores, Prof. Esp. Carlos Morioka pelo apoio técnico e acadêmico e Professora Suely pelo amor e a dedicação exemplar a Faculdade.

*“Feliz o homem que segue os princípios básicos da vida, pois com esses valores teremos um mundo melhor”.*

Leandro Lima

## RESUMO

Este trabalho descreve um breve resumo da história dos veículos elétricos e híbridos; relata as evoluções tecnológicas relacionadas ao sistema de propulsão, os níveis de poluentes emitidos pelos sistemas convencionais, o impacto que as novas tecnologias causam no processo de renovação de frota e a autonomia dos sistemas elétricos e híbridos. Mostra também os ciclos de produção e aplicação que os sistemas elétricos e híbridos percorrem, possibilitando uma visão ampla desse novo conceito de energia. A finalidade deste trabalho é possibilitar que as informações nele contidas auxiliem na análise da viabilidade da adoção destas novas tecnologias com base nos riscos e/ou benefícios dos sistemas elétricos e híbridos e a real finalidade desse novo conceito de propulsão apresentado inicialmente como uma fonte renovável de energia. Por fim, o trabalho ainda apresenta de forma detalhada os sistemas híbridos e elétricos utilizados em duas grandes marcas fabricantes de veículos de luxo (Porsche e Volvo).

**Palavras-chave:** Veículo Híbrido. Veículo Elétrico. Baterias. Mobilidade. Emissões.



## **ABSTRACT**

This work describes a brief summary of the history of electric and hybrid vehicles; reports the technological developments related to the propulsion system, the levels of pollutants emitted by conventional systems, the impact that new technologies have on the fleet renewal process and the autonomy of electric and hybrid systems. It also shows the production and application cycles that electric and hybrid systems go through, enabling a broad view of this new energy concept. The purpose of this work is to enable the information contained therein to assist in the analysis of the feasibility of adopting these new technologies based on the risks and/or benefits of electric and hybrid systems and the real purpose of this new propulsion concept initially presented as a renewable source of energy. energy. Finally, the work also presents in detail the hybrid and electric systems used in two major luxury vehicle manufacturers (Porsche and Volvo).

**Keywords:** Hybrid Vehicle. Electric Vehicle. Batteries. Mobility. Emissions.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Avenida 23 de Maio .....	19
Figura 2 - Mapa da região metropolitana .....	20
Figura 3 - Veículo elétrico Lohner-Porsche.....	44
Figura 4 – Porsche Cayenne V6 Hybrid.....	45
Figura 5 - Tração Micro Híbrida .....	46
Figura 6 - Tração híbrido Suave .....	47
Figura 7 - Tração Híbrido Série .....	48
Figura 8 – Tração híbrida diversificada.....	49
Figura 9 - Tração híbrido diversificada série.....	50
Figura 10 - Porsche 911 GT3 R híbrida.....	50
Figura 11 - Tração híbrida paralelo.....	51
Figura 12 - Localização dos Componentes.....	52
Figura 13 - Localização dos componentes modificados .....	54
Figura 14 - Compressor do Ar Condicionado.....	55
Figura 15 - Circuito interno e externo da eletrônica de potência.....	56
Figura 16 – Bateria de alta tensão .....	57
Figura 17 - Módulo híbrido.....	59
Figura 18 - Cronologia da Volvo .....	61
Figura 19 – Sistema série Volvo .....	62
Figura 20 – Sistema paralelo Volvo .....	62
Figura 21 – Plataforma XC90 T8 Plug-In Hybrid.....	63
Figura 22 – Visão geral dos componentes do sistema de alta tensão.....	65
Figura 23 - Caixa de fusível OBC e conector.....	66
Figura 24 - Módulo OBC .....	67
Figura 25 - Localização CIDD.....	68
Figura 26 - Motor Elétrico ERAD .....	69
Figura 27 - ELAC .....	73
Figura 28 - CISG.....	74
Figura 29 - Proteção do circuito de encravamento de alta tensão.....	75
Figura 30 - Bateria de alta tensão.....	76
Figura 31 - Sensor de temperatura NTC.....	78

.Figura 32 - Aspecto geral do MSD.....	79
Figura 33 - Módulo que compõe a bateria de alta tensão.....	80
Figura 34 - Posicionamento do módulo de bateria .....	81
Figura 35 - Aspecto geral do CVTN.....	82
Figura 36 - Unidade de corte da bateria .....	83
Figura 37 - Suporte de fusível da bateria de alta tensão .....	84

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - População da cidade São Paulo e região leste metropolitana.....	21
Quadro 2 - População da região metropolitana zona norte. ....	21
Quadro 3 - População da região metropolitana zona oeste.....	22
Quadro 4 - População da região metropolitana zona sudeste.....	22
Quadro 5 - População da região metropolitana zona sudoeste. ....	22
Quadro 6 - População do estado de São Paulo.....	23
Quadro 7 - Frota da Cidade de São Paulo e seu crescimento em 2019.....	24
Quadro 8 - Análise mensal do crescimento da frota no ano de 2019 .....	25
Quadro 9 - Composição da frota da cidade de São Paulo.....	27
Quadro 10 - Velocidade média por sentido (bairro centro) e (centro bairro)...	28
Quadro 11 - Categorização da frota de veículos .....	35
Quadro 12 - Poluentes considerados neste Inventário .....	36
Quadro 13 - Quilometragem por litro de combustível para motocicletas .....	39
Quadro 14 - Implantação do PROCONVE veículos leves (Fases “L”).....	41
Quadro 15 - Características técnicas.....	58
Quadro 16 - Dados técnicos do módulo híbrido.....	60
Quadro 17 - Pesos.....	64
Quadro 18 - Desempenho .....	64
Quadro 19 - Especificações.....	64

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise geral do crescimento da frota no ano de 2019 .....	26
Gráfico 2 - Composição da frota da cidade de São Paulo .....	27
Gráfico 3 - Participação dos veículos nas vias de São Paulo .....	29
Gráfico 4 - Participação automóveis nas vias / Faixa de horário .....	30
Gráfico 5 - Análise global de da elevação da temperatura .....	31
Gráfico 6 - Anormalidade relativa da temperatura entre 1981 e 2010 .....	32
Gráfico 7 - Emissão Global de combustível Fóssil.....	33
Gráfico 8 - Análise anual de emissões CO2 .....	33
Gráfico 9 - Evolução da Frota por categoria .....	36
Gráfico 10 - Frota estimada de automóveis por tipo de combustível .....	37
Gráfico 11 - Frota estimada de comerciais leves por tipo de combustível .....	37
Gráfico 12 - Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto .....	38
Gráfico 13 - Quilometragem por litro de combustível para automóveis .....	38
Gráfico 14 - Frota estimada de veículos leves por fase do PROCONVE .....	42
Gráfico 15 - Limites de CO, HC, NOx e CHO para veículos leves.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Air Condition Control Module	(ACCM)
Amper	(A)
Bairro Centro	(BC)
Bus Rapid Transit	(BRT)
Companhia De Engenharia De Tráfego	(CET)
Continuous Current Continuous Current	(CCCC)
Corrente Alternada	(AC)
Corrente Continua	(CC)
Departamento Estadual De Trânsito	(DETRAN)
Direct Current Direct Current	(DCDC)
Electric Ac Compressor	(ELAC)
Empresa Paulista De Planejamento Metropolitano S/A	(EMPLASA)
Instituto Brasileiro Geografia E Estatística	(IBGE)
Inverter Generator Module	(IGM)
Ministério Do Meio Ambiente	(MMA)
Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores	(PROCONVE)
Scalable Product Architecture Platform	(SPA)
Sistema De Gerenciamento Da Bateria Alta Tensão	(BMS)
Volts	(V)
Watts	(W)

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 Objetivo .....	17
1.2 Motivação .....	18
1.3 Justificativa .....	18
1.4 Estrutura do Trabalho .....	18
<b>2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
2.1 Mobilidade na cidade de São Paulo .....	19
2.2 Emissões .....	31
2.3 Ministério do Meio Ambiente .....	34
2.3.1 Composição da frota .....	35
2.3.2 PROCONVE .....	39
<b>3 RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>43</b>
3.1 SISTEMAS HÍBRIDOS PORSCHE .....	43
3.1.1 História dos sistemas elétricos e híbridos Porsche .....	43
3.1.2 Tipos de sistemas híbridos Porsche .....	45
3.1.3 Componentes Removidos .....	51
3.1.4 Estratégia de funcionamento .....	52
3.1.5 Componentes adicionais para o sistema híbrido .....	53
3.1.6 Compressor do ar-condicionado .....	54
3.1.7 Eletrônica de potência .....	55
3.1.8 Bateria de alta tensão .....	56
3.1.9 Módulo híbrido .....	59
3.2 SISTEMAS HÍBRIDOS DA VOLVO .....	61
3.2.1 Sistema híbrido Série .....	61
3.2.2 Sistema híbrido paralelo .....	62
3.2.3 Apresentação do Sistema e seus componentes .....	63
3.2.4 OBC Módulo de carregamento de bordo .....	66
3.2.5 Módulo IGM (Inverter Generator Module) .....	67
3.2.6 Motor ERAD .....	69

3.2.7 Tomada para veículo elétrico (EVI).....	70
3.2.8 Compressor do ar-condicionado ELAC.....	72
3.2.9 Motor e Gerador CISG.....	73
3.2.10 Proteção do circuito de encravamento, circuitos de alta tensão.....	75
3.2.11 Bateria.....	75
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
4.1 Sugestão para trabalhos futuros .....	85
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>86</b>



## **INTRODUÇÃO**

Na atualidade, a maior parte da população do mundo vive em cidades. Reflexo disso são os altos índices de aglomeração urbana, que dificultam a mobilidade e concentram a poluição.

Diante dessa realidade, organizações internacionais como a Organização das Nações Unidas (ONU), criaram agendas para minimizar impactos nocivos à sociedade, como por exemplo, a Agenda 2030, que dentre vários temas correlacionados, trata diretamente da questão de transporte e mobilidade sustentáveis, já que por décadas os sistemas atuais se utilizam de combustíveis de fontes não renováveis. Esta agenda está mudando paulatinamente este cenário, sobretudo com a implantação de sistemas híbridos e elétricos nos meios de locomoção, como carros e motocicletas, por exemplo.

Ao analisar as maneiras operantes do mercado ao todo, não se consegue visualizar de forma clara quais as medidas estão sendo adotados para o ciclo de vida dos produtos comercializados e os seus processos de reciclagens.

Sabe-se que cada vez mais as indústrias são direcionadas para o crescimento financeiro e assim os impactos ambientais dessas operações não são analisados, gerando as grandes devastações que em alguns casos são irreversíveis.

### **1.1 Objetivo**

Este trabalho tem o objetivo de apresentar um estudo com base em material teórico sobre os sistemas de veículos elétricos e híbridos Volvo e Porsche bem como a partir da experiência em campo obtida no mercado pós-venda de assistência técnica especializada destas marcas. Através de uma abordagem mais detalhada, este estudo visa compreender as complexidades e necessidades existentes nos projetos destes sistemas para se tornar uma realidade viável de implantação, e desta forma traçar as estratégias necessárias do ponto de vista do fabricante, da política governamental de infraestrutura e da formação técnica de mão de obra que irá lidar com essas novas realidades tecnológicas. Para tal, foi realizada uma análise no segmento automobilístico de combustão interna em relação ao alto volume de emissões de gases que este contribui para o aquecimento global e outros impactos, de maneira que se possa compreender.

## **1.2 Motivação**

Devido à intensa discussão a respeito da redução e controle de emissões de poluentes sabe-se que o segmento automobilístico atual, com sistemas de motores ciclo Otto e ciclo Diesel, estão migrando aos poucos para os sistemas híbridos e elétricos. Isto é motivo de grandes debates no que se refere às fontes geradoras de energias desses novos sistemas, seus impactos no meio e, principalmente, depois de sua implantação, os cuidados durante a manutenção destes veículos.

Estas questões formaram a base da motivação para este trabalho.

## **1.3 Justificativa**

A justificativa para a realização deste trabalho é a baixa ou quase nenhuma disponibilidade de referências bibliográficas que abordem, de uma forma mais detalhada, o tema dos sistemas de veículos híbridos e elétricos encontrados no mercado atualmente, sendo que a abordagem do tema nos materiais encontrados comumente é quase sempre feita de forma genérica. Neste trabalho foram reunidos materiais provenientes de duas montadoras de veículos com a finalidade de fornecer informações de modo que o conhecimento do público interessado a respeito do universo que envolve tais tecnologias possa ser ampliado.

## **1.4 Estrutura do Trabalho**

A estrutura deste trabalho é composta por capítulos sendo que no Capítulo 1 é feita uma introdução geral ao tema e a apresentação do objetivo, motivação, justificativa e estrutura deste trabalho. No Capítulo 2 é apresentada uma pesquisa bibliográfica dos métodos e dados estatísticos da cidade de São Paulo, elaborados pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) sobre a mobilidade da cidade de São Paulo, os níveis de emissões atuais, os conceitos de análises, métodos e os órgãos reguladores, além da composição de frota e programas de controle de poluição realizados pelo Ministério do Meio Ambiente. No capítulo 3 são apresentadas as informações sobre os sistemas híbridos e elétricos das marcas Porsche e Volvo, apresentando uma breve história das evoluções desses sistemas, suas tecnologias atuais, bem como dos conceitos atuais das baterias e suas aplicações nos veículos híbridos e elétricos. O Capítulo 4 apresenta as considerações finais a respeito deste trabalho seguido das sugestões para trabalhos futuros.

## 2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica que se segue, apresenta os métodos e dados estatísticos da cidade de São Paulo, elaborados pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) sobre a mobilidade da cidade de São Paulo, os níveis de emissões atuais, os conceitos de análises, métodos e os órgãos reguladores, além da composição de frota e programas de controle de poluição realizados pelo Ministério do Meio Ambiente.

### 2.1 Mobilidade na cidade de São Paulo

Os automóveis atualmente são um dos meios de transportes mais utilizados, principalmente nas grandes metrópoles nas quais se concentram os trânsitos caóticos conforme a Figura 1 ilustra. Apesar dos esforços dos órgãos governamentais e *Startups*, as soluções atuais não atendem a todos de modo geral e principalmente nos modelos individuais.

O último estudo realizado no ano de 2017 pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) na cidade de São Paulo relatou a participação de cada segmento.

Figura 1 - Avenida 23 de Maio



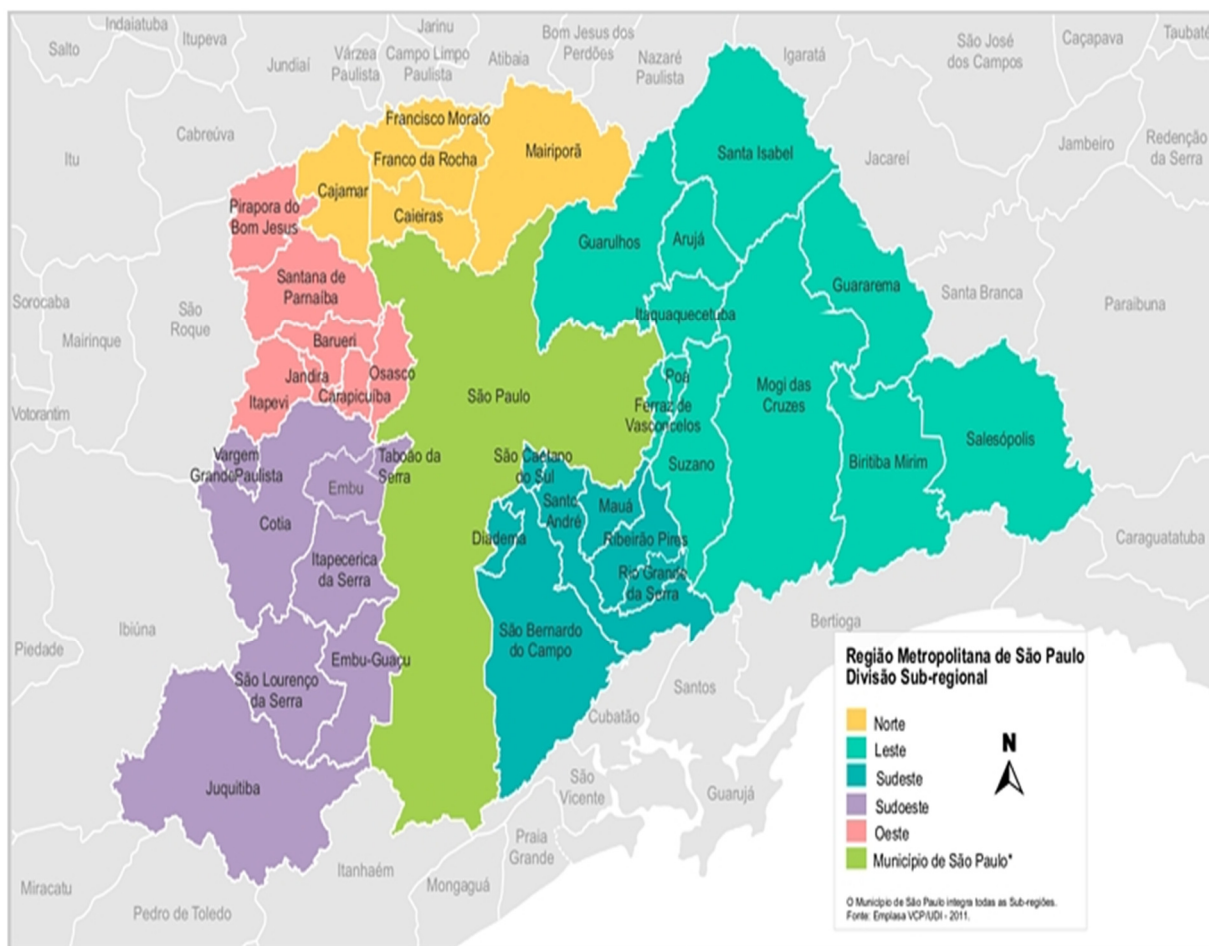
Fonte: Estadão, 2008.

São Paulo está na 6ª posição das maiores metrópoles do mundo conforme reportagem da revista eletrônica *Veja* e apresentada na Figura 2. Essas grandes

metrópoles vêm acumulando níveis altíssimos de congestionamentos, um crescimento contínuo ano após ano. Este sistema caótico e o crescimento descontrolado vêm gerando inúmeros prejuízos ao longo do tempo. (Veja, 2017)

Diariamente milhares de veículos circulam nas principais vias da cidade principalmente em horários de picos gerando filas superiores a 150 km, além da população da cidade de São Paulo, as regiões metropolitanas contribuem para esse aumento. Atualmente a população da cidade de São Paulo é de 11.253,503 pessoas conforme relatório do Instituto Brasileiro Geografia e Estatística. (IBGE, 2018)

Figura 2 - Mapa da região metropolitana



A região metropolitana é composta por 39 cidades totalizando uma população de 9.394,415 somando com a cidade de São Paulo temos um total de 21.571.181 de

pessoas conforme o estudo da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (EMPLASA, 2018), representados nos Quadros de 1 a 5.

Quadro 1 - População da cidade São Paulo e região leste metropolitana

Municípios	Área (km²) <sup>1</sup>	População 2018 <sup>1</sup>	Densidade Demográfica 2018 (hab/km²) <sup>1</sup>	TGCA 2010/2018(%) <sup>2</sup>	PIB 2016 (mil reais) <sup>1</sup>	Distância até São Paulo (km) <sup>3</sup>	Sub-Região
<b>São Paulo</b>	1.521,11	12.176.866	8.005,25	0,99	687.035.889		
<b>Arujá</b>	96,17	88.455	919,81	2,10	4.730.400	45	Leste
<b>Biritiba-Mirim</b>	317,41	32.251	101,61	1,52	738.495	79	Leste
<b>Ferraz de Vasconcelos</b>	29,56	191.993	6.494,15	1,66	2.859.009	45	Leste
<b>Guararema</b>	270,82	29.451	108,75	1,65	1.427.047	79	Leste
<b>Guarulhos</b>	318,68	1.365.899	4.286,18	1,40	53.974.919	16	Leste
<b>Itaquaquecetuba</b>	82,62	366.519	4.436,09	1,64	6.507.690	36	Leste
<b>Mogi das Cruzes</b>	712,54	440.769	618,59	1,61	14.426.294	57	Leste
<b>Poá</b>	17,26	116.530	6.749,88	1,19	4.343.585	42	Leste
<b>Salesópolis</b>	425,00	17.022	40,05	1,07	196.020	101	Leste
<b>Santa Isabel</b>	363,33	56.792	156,31	1,49	1.238.723	61	Leste
<b>Suzano</b>	206,24	294.638	1.428,64	1,46	9.468.888	44	Leste
<b>Total Sub-Região Leste</b>	2.839,62	3.000.319	1.056,59	1,50	99.911.072		

Fonte: EMLASA, 2018.

Quadro 2 - População da região metropolitana zona norte.

<b>Caleiras</b>	97,64	100.129	1.025,47	1,84	2.706.457	38	Norte
<b>Cajamar</b>	131,39	75.638	575,69	2,09	13.020.610	41	Norte
<b>Francisco Morato</b>	49,00	174.008	3.551,11	1,50	1.372.211	48	Norte
<b>Franco da Rocha</b>	132,78	152.433	1.148,05	1,85	2.460.082	47	Norte
<b>Mairiporã</b>	320,70	98.374	306,75	2,47	1.639.191	37	Norte
<b>Total Sub-Região Norte</b>	731,50	600.582	821,03	1,87	21.198.551		

Fonte: EMLASA, 2018.

Quadro 3 - População da região metropolitana zona oeste

Barueri	65,70	271.308	4.129,40	1,50	47.088.302	30	Oeste
Carapicuíba	34,54	398.611	11.538,56	0,95	5.214.113	26	Oeste
Itapevi	82,06	234.352	2.835,20	1,95	12.147.662	40	Oeste
Jandira	17,45	123.481	7.076,68	1,65	3.419.632	34	Oeste
Osasco	64,95	698.850	10.728,36	0,55	74.402.691	22	Oeste
Pirapora do Bom Jesus	108,49	18.604	171,48	2,12	268.354	55	Oeste
Santana de Parnaíba	179,95	136.517	758,64	2,88	8.485.338	40	Oeste
<b>Total Sub-Região Oeste</b>	<b>553,75</b>	<b>1.879.721</b>	<b>3.394,55</b>	<b>1,18</b>	<b>151.026.091</b>		

Fonte: EMPLASA, 2018.

Quadro 4 - População da região metropolitana zona sudeste.

Diadema	30,73	420.934	13.696,93	1,09	13.229.745	21	Sudeste
Mauá	61,91	468.148	7.561,87	1,45	13.963.846	27	Sudeste
Ribeirão Pires	99,08	122.607	1.237,52	1,02	3.021.839	55	Sudeste
Rio Grande da Serra	36,34	50.241	1.382,49	1,68	578.087	50	Sudeste
Santo André	175,78	716.109	4.073,85	0,72	25.837.046	24	Sudeste
São Bernardo do Campo	409,53	833.240	2.034,62	1,07	42.131.380	19	Sudeste
São Caetano do Sul	15,33	160.275	10.454,31	0,89	13.286.711	14	Sudeste
<b>Total Sub-Região Sudeste</b>	<b>828,70</b>	<b>2.771.554</b>	<b>3.344,45</b>	<b>1,04</b>	<b>112.048.654</b>		

Fonte: EMPLASA, 2018.

Quadro 5 - População da região metropolitana zona sudoeste.

Cotia	323,99	244.894	755,24	2,48	10.991.458	31	Sudoeste
Embu das Artes	70,40	270.843	3.847,31	1,51	10.004.647	27	Sudoeste
Embu-Guaçu	155,64	68.856	442,40	1,16	1.063.716	49	Sudoeste
Itapeverica da Serra	150,74	173.672	1.152,11	1,63	3.853.304	34	Sudoeste
Juquitiba	522,17	31.235	59,82	1,05	442.469	72	Sudoeste
São Lourenço da Serra	186,46	15.667	84,03	1,44	196.331	54	Sudoeste
Taboão da Serra	20,39	285.570	14.006,77	1,96	8.350.023	30	Sudoeste
Vargem Grande Paulista	42,49	51.702	1.216,83	2,33	1.745.432	44	Sudoeste
<b>Total Sub-Região Sudoeste</b>	<b>1.472,28</b>	<b>1.142.239</b>	<b>775,83</b>	<b>1,84</b>	<b>36.647.378</b>		

Fonte: EMPLASA, 2018.

O Estado de São Paulo tem uma área de 228219,63 m<sup>2</sup> com uma população de 45538,936 de habitantes, conforme mostrado no Quadro 6. (Plasma, 2018)

Quadro 6 - População do estado de São Paulo.

RMSP	7.946,96	21.571.281	2.714,41	1,15	1.107.867.636		
Estado de São Paulo	248.219,63	45.538.936	183,46	1,24	2.038.004.931		

Fonte: EMPLASA, 2018.

Não podemos deixar de mencionar as características viárias do Estado. As principais rodovias de interligações das grandes cidades direcionam diariamente milhares de veículos de transportes de cargas, coletivos e de passeios, em poucas horas os índices de trânsitos alcançam números assustadores. Algumas medidas foram adotadas ao longo do tempo a exemplo do rodízio de veículos leves e a restrição dos veículos pesados em horários específicos.

A grande complexidade desse cenário é a relação de capacidade operacional da via versus a demanda diária na qual é submetido, um exemplo dessa limitação operacional é, um veículo parado na via há 15 minutos gera uma lentidão de aproximadamente de 3 km conforme dados fornecidos pela CET. (CET, 2016)

Além das ocorrências diárias de acidentes ou veículos quebrados, o trânsito de São Paulo é submetido a situações atípicas como quedas de aeronaves, quedas de pontes, alagamentos, protestos. Quando ocorrem esses bloqueios temos um sério agravante principalmente nas principais vias sendo elas, a Marginal Pinheiros e a Marginal Tietê na qual possuem uma média de fluxo de 1.000.000 de veículos por dia tornando uma via com características únicas conforme dados mencionados pela CET.

Outro aspecto que devemos mencionar é o crescimento desordenado da frota dos veículos particulares. O último levantamento do Departamento de Trânsito de São Paulo (DETRAN) no ano de 2019 indicou uma frota da capital de 9.053.322 veículos conforme ilustração do gráfico 1, um crescimento que a cada ano vem aumentando a lentidão na cidade.

A reportagem da *Discovery Channel* Brasil no ano de 2008 mencionou que esse cenário nem sempre foi assim, na década de 30 os crescimentos dessas grandes cidades acompanhavam o desenvolvimento das linhas de Bonde e a sua cobertura estava estendida a todos os bairros, mas a popularização do veículo e os ônibus urbanos com viagens mais longas mudou esse modelo de expansão gerando o cenário caótico e desorganizado que vivenciamos hoje. (*Discovery Channel*, 2016)

Em São Paulo, 30% da população perde o tempo de 3 a 4 horas em média no trânsito, somando as poluições geradas e os acidentes, atingimos prejuízos de R\$15.000.000,00 todos os anos. Quando analisamos as vias e os tipos de veículos que a utilizam, 80% dessa frota são veículos de passeios e sempre está transportando somente um passageiro neste caso o motorista. (*Discovery Channel*, 2016)

Esse cenário será mais detalhando adiante ao demonstrar os estudos que a CET realizou. No Quadro 7 é possível notar a legenda que é dada a frota da cidade de São Paulo.

Quadro 7 - Frota da Cidade de São Paulo e seu crescimento em 2019

Legenda
Coluna 1: ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo e quadriciclo
Coluna 2: micro-ônibus, camioneta, caminhonete e utilitário
Coluna 3: automóvel
Coluna 4: ônibus
Coluna 5: caminhão
Coluna 6: reboque e semirreboque
Coluna 7: outros (caminhão-trator, trator de rodas, trator de esteiras, trator misto, chassi/plataforma, sidecar, motor-casa)

Fonte: DETRAN, 2017.



A Companhia de Engenharia de Tráfego fez um acompanhamento mensal de frota da cidade de São Paulo e do Estado, entre os meses de janeiro a agosto, a frota do teve um crescimento de 590,102 veículos conforme os dados indicados no Quadro 8.

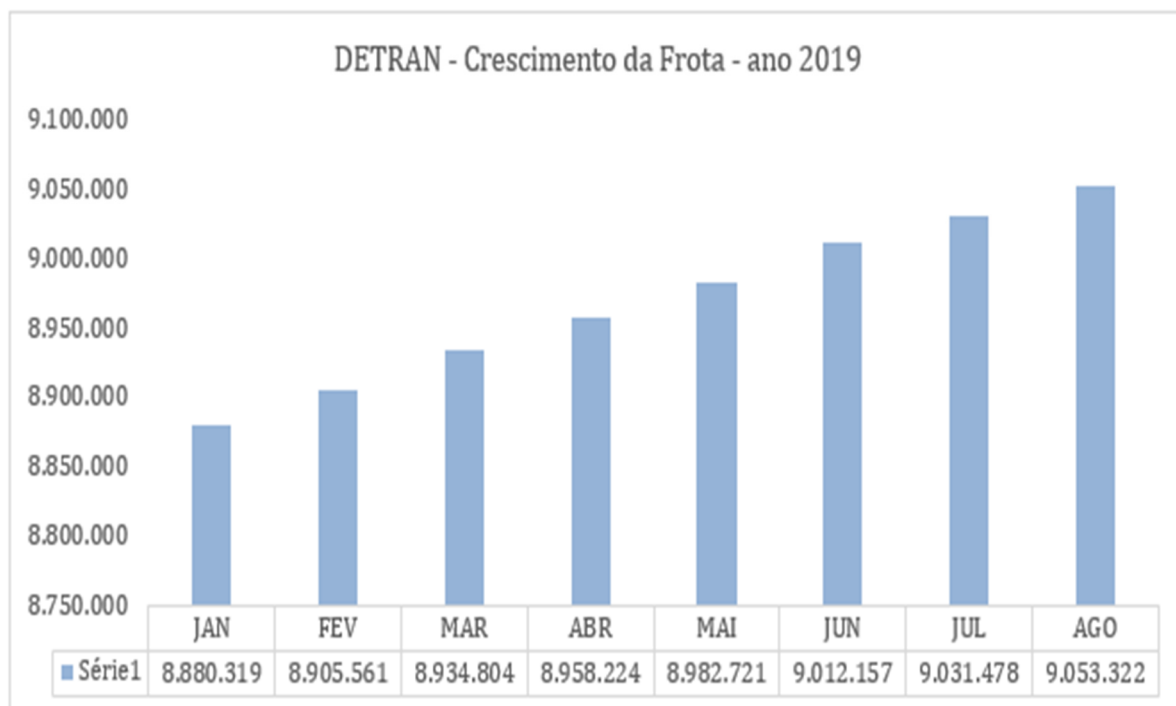
Quadro 8 - Análise mensal do crescimento da frota no ano de 2019

2019								
ago/19								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.247.714	1.174.427	6.303.678	49.613	175.526	94.554	7.810	9.053.322
Estado	5.933.430	3.724.886	19.271.056	169.231	894.596	628.170	124.881	30.746.250
jul/19								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.242.817	1.169.458	6.292.816	49.399	174.872	94.318	7.798	9.031.478
Estado	5.915.815	3.709.435	19.229.008	168.947	892.847	625.244	124.820	30.666.116
jun/19								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.237.923	1.165.779	6.282.895	49.147	174.421	94.220	7.772	9.012.157
Estado	5.899.537	3.696.249	19.189.810	168.515	891.660	622.518	124.764	30.593.053
mai/19								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.231.774	1.159.202	6.267.299	48.976	173.721	93.992	7.757	8.982.721
Estado	5.877.836	3.676.035	19.136.433	167.983	889.602	619.072	124.716	30.491.677
abr/19								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.226.545	1.154.008	6.253.968	48.855	173.366	93.728	7.754	8.958.224
Estado	5.858.578	3.660.182	19.094.003	167.462	888.090	616.456	124.671	30.409.442
mar/19								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.221.908	1.149.454	6.240.591	48.773	172.855	93.477	7.746	8.934.804
Estado	5.841.445	3.646.288	19.055.259	167.160	886.298	613.887	124.648	30.334.985
fev/19								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.216.020	1.142.557	6.225.307	48.600	172.316	93.015	7.746	8.905.561
Estado	5.819.693	3.627.455	19.004.268	166.791	884.433	610.517	124.617	30.237.774
jan/19								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.211.160	1.136.834	6.211.505	48.472	171.887	92.738	7.723	8.880.319
Estado	5.801.550	3.612.364	18.960.128	166.496	883.108	607.939	124.563	30.156.148

Fonte: DETRAN, 2019.

O Gráfico 1 apresenta o crescimento da frota da cidade de São Paulo no ano de 2019.

Gráfico 1 - Análise geral do crescimento da frota no ano de 2019

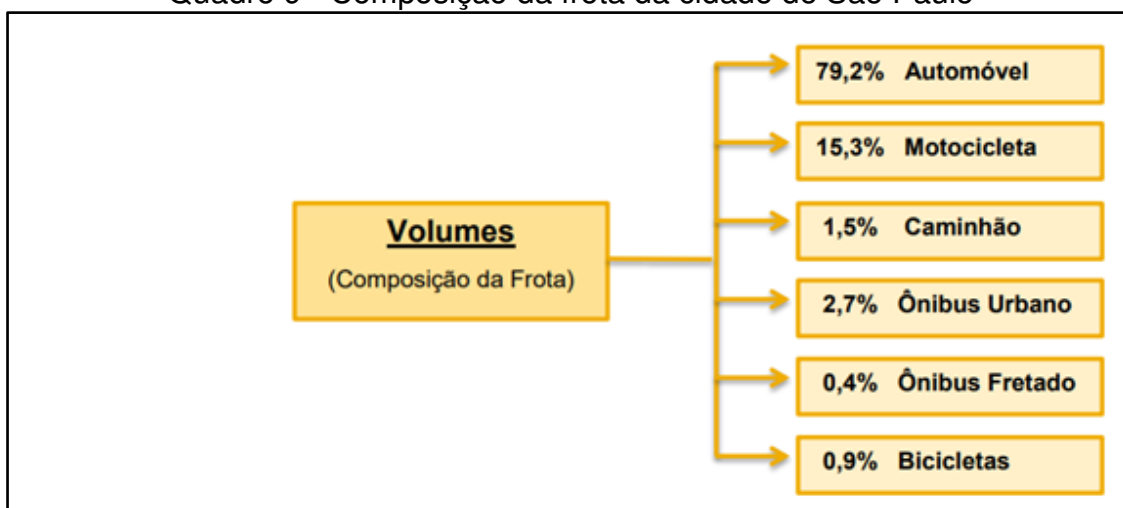


Fonte: DETRAN, 2019.

O estudo da CET e o Departamento de Pesquisas de Tráfego (DPT) é sistematizar esses dados gerando o relatório MSVP (Mobilidade no Sistema Viário Principal). A pesquisa foi baseada em 24 rotas totalizando 174 km de extensão de vias por eixo, ou 343 km considerando os dois sentidos. (CET, 2017)

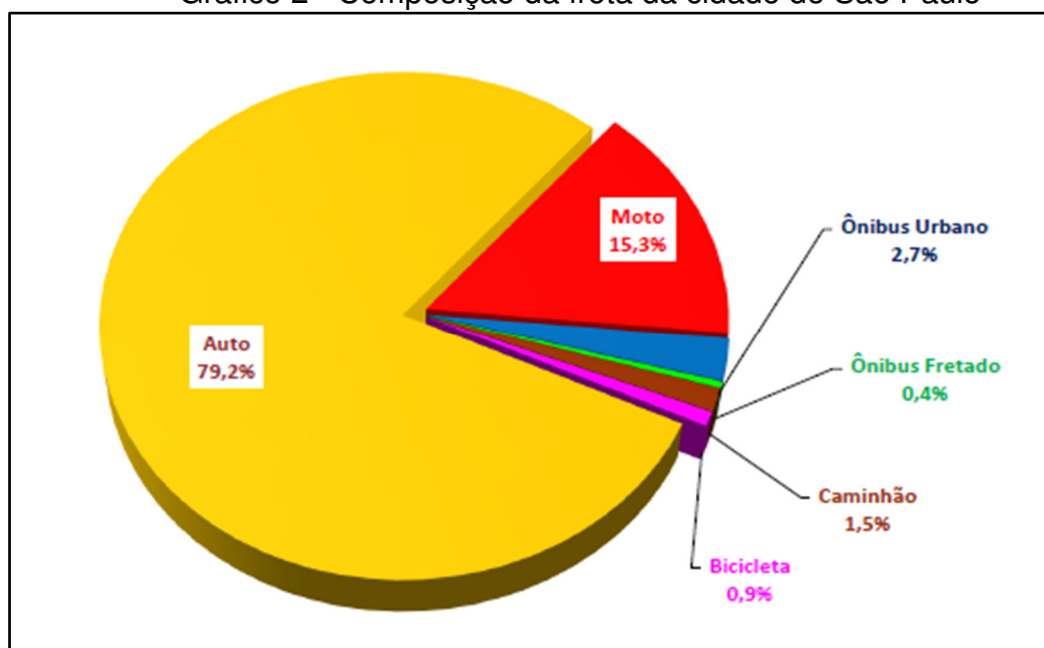
Os resultados da composição da frota nas vias pesquisadas para o MSVP 2017 são mostrados no Quadro 9 e no Gráfico 2. Os automóveis representam 79,2% da frota, seguidos pelas motocicletas com 15,3%; Caminhões são 1,5% da frota, ônibus urbanos 2,7%, ônibus fretados 0,4% e as bicicletas 0,9%.

Quadro 9 - Composição da frota da cidade de São Paulo



Fonte: CET, 2019

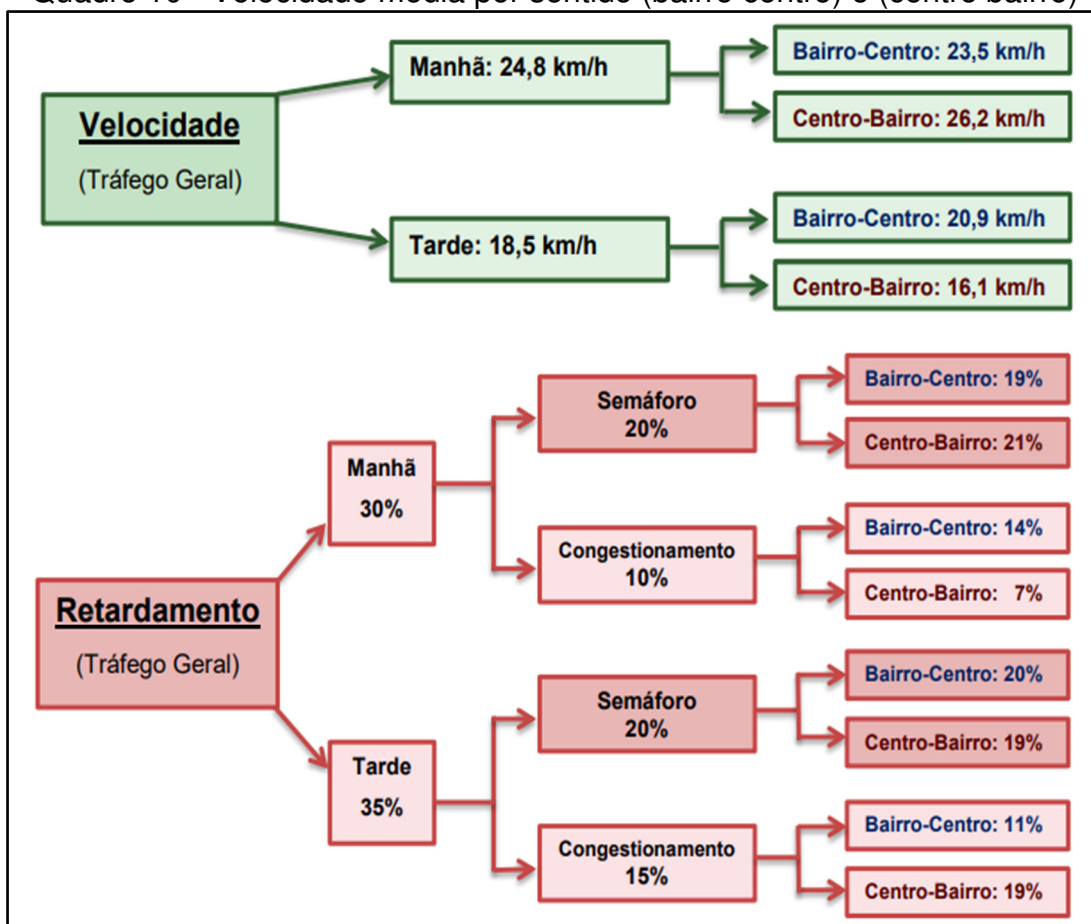
Gráfico 2 - Composição da frota da cidade de São Paulo



Fonte: CET, 2019

Outro levantamento realizado é a velocidade média dos veículos, seja nos sentidos centro bairro (CB) ou bairro centro (BC) e os fatores que impactam no retardamento desse deslocamento representado no Quadro 10.

Quadro 10 - Velocidade média por sentido (bairro centro) e (centro bairro)

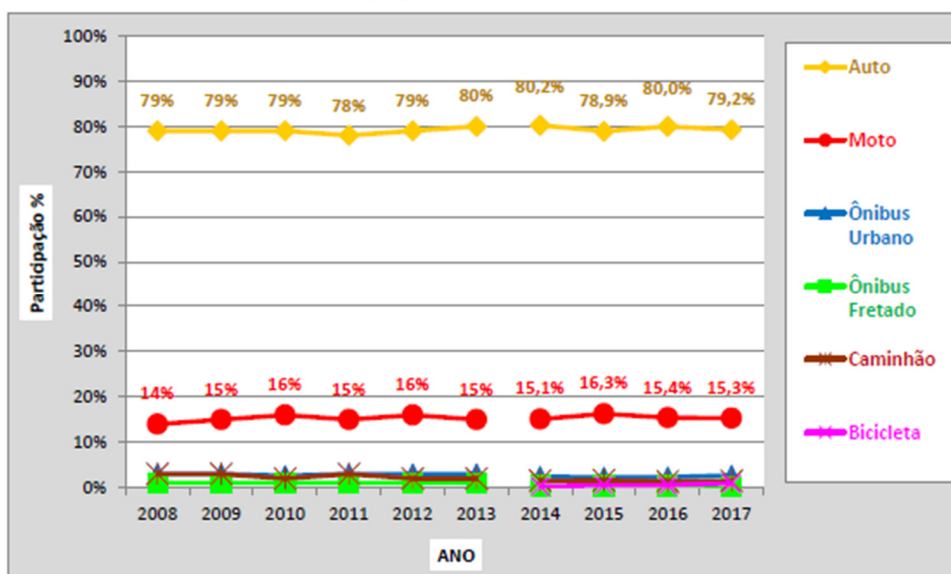


Fonte: CET, 2019

A participação dos veículos nas vias conforme os dados apresentados pela CET no Gráfico 3 - Participação dos veículos nas vias de São Paulo indicaram o seguinte cenário:

- Automóveis nas vias pesquisadas variaram entre 79% e 80%;
- Motocicletas entre 15% e 16%;
- Os ônibus urbanos entre 2% e 3%;
- Ônibus fretados 0,5%;
- Caminhões 1,5%;
- Bicicletas 0,5%;

Gráfico 3 - Participação dos veículos nas vias de São Paulo

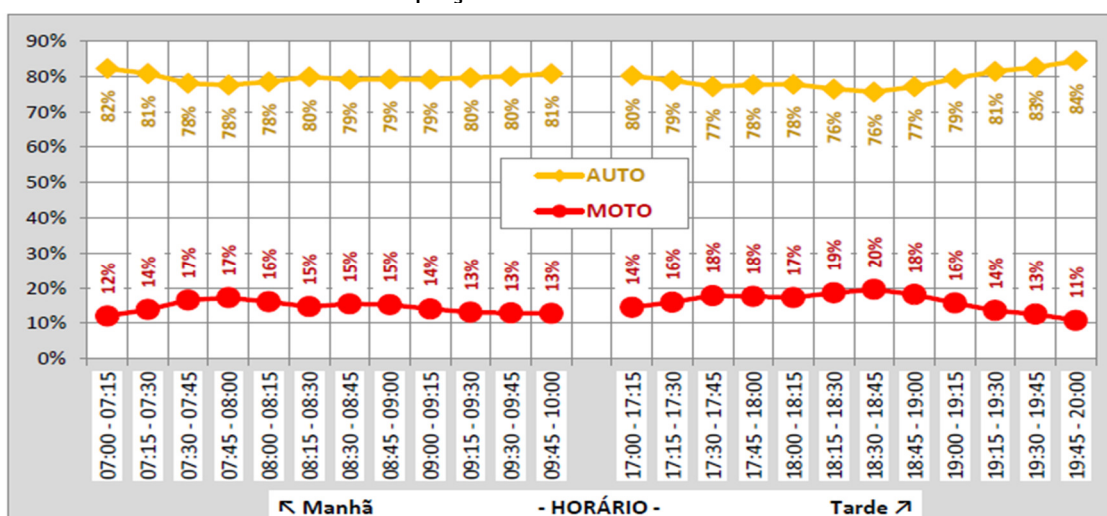


Fonte: CET, 2019

O Gráfico 4 demonstra a demanda de fluxo por faixa de horário. A análise foi realizada com os intervalos de 15 minutos, comparando os percentuais de participações, os automóveis e motocicletas representam os maiores volumes:

- Autos e motos representam 94%;
- Os automóveis correspondem de 78% a 82%;
- Motocicletas 12% a 17%;

Gráfico 4 - Participação automóveis nas vias / Faixa de horário



Fonte: CET, 2019

Quando esses dados são comparados com os recursos digitais presentes nos smartphones entre outros dispositivos, a zona de cobertura geográfica permite a elaboração dessas informações mais detalhadas, comparados com os parâmetros da CET. Esse levantamento é realizado em tempo real, a exemplo o *Wazer* e o *Google Maps*, possibilitando a criação de uma dinâmica mais eficiente para a cidade de São Paulo e auxiliando o tráfego de um modo geral.

Outros meios que auxiliam no trânsito são os transportes públicos a exemplos da cidade de Curitiba e Londres, mas é preciso entender a dinâmica de deslocamento dessa população além de investimentos de médio e longo prazo.

Entendemos que esses tópicos possuem várias complexidades em sua estrutura, deste modo o principal objetivo deste estudo é visualizar o cenário com uma visão macro. Todos esses cenários impactam diretamente nas emissões de gases.

Outro ponto que o estudo não revelou foi a participação dos veículos eletrificados, devido à baixa participação comparado com a frota.

## 2.2 Emissões

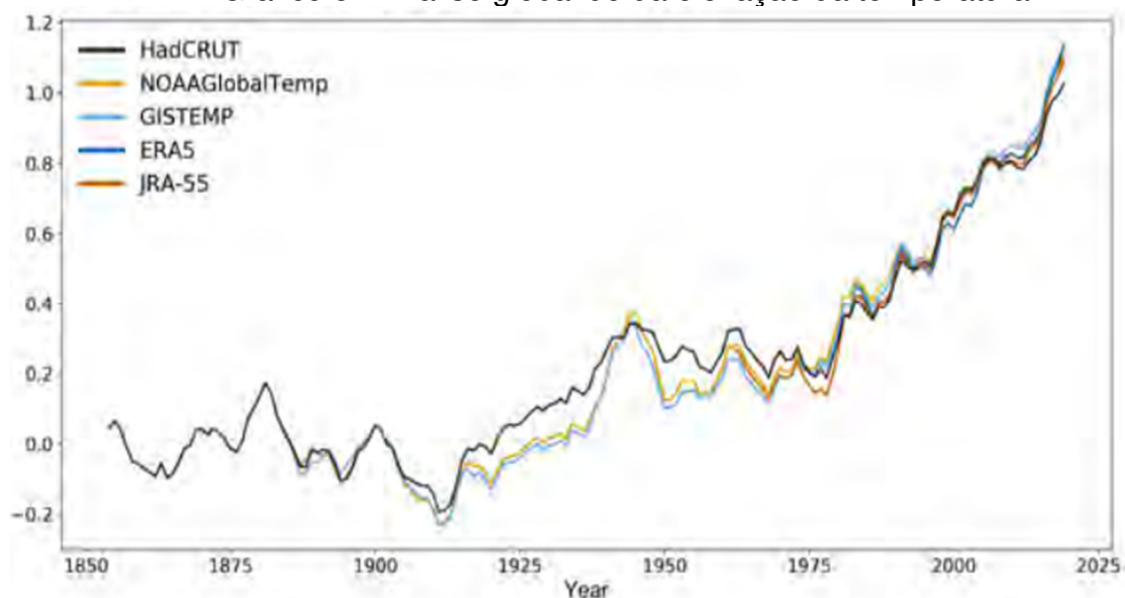
Nas últimas décadas, os cientistas estão nos alertando sobre os efeitos colaterais das mudanças climáticas principalmente o aquecimento global. As emissões desses gases geram grandes caos e prejuízos para saúde e os sistemas públicos, sendo agravados para os países mais pobres ou subdesenvolvidos. (WMO, 2018)

Pesquisa realizada a nível mundial pelo *World Meteorological Organization* (WMO), classificou alguns pontos chaves com base nos estudos dos efeitos climáticos. (WMO, 2018)

De acordo com a WMO 2018, a temperatura média global para os períodos de 2015 a 2019 estão se direcionado para ser o mais quente de qualquer período equivalente já registrado. Isto é atualmente estimado em 1,1 °C acima dos tempos pré-industriais (1850-1900) e 0,2 °C mais quente que em 2011-2015. (WMO, 2018)

Emissões globais de CO<sub>2</sub> fóssil continuam a crescer conforme dados do Gráfico 5, mais de 1% ao ano e 2% em 2018 atingindo um novo recorde, no período de 2017 foi registrado o crescimento das emissões de carvão, apesar do crescimento extraordinário em energia renovável, os combustíveis fósseis ainda dominam o sistema energético global.

Gráfico 5 - Análise global de da elevação da temperatura

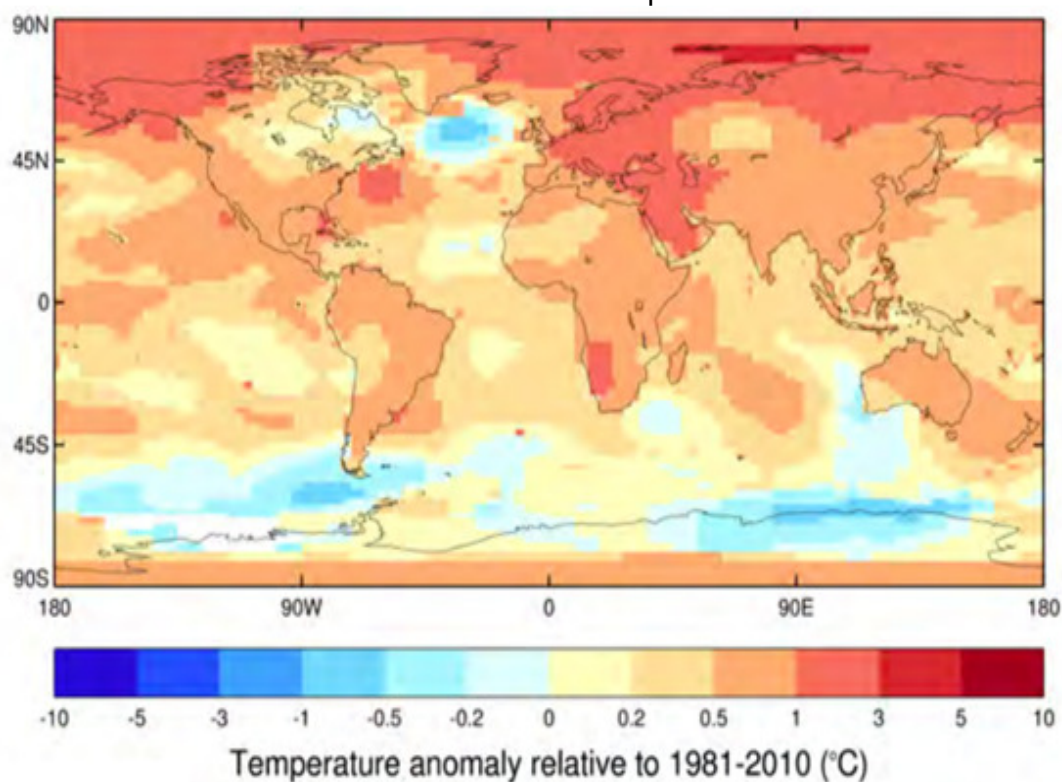


Fonte: WMO, 2019

Outro ponto importante mencionado é estabelecer um limite no aumento da temperatura para valores a 1,5 ° C conforme ilustra o Gráfico 6. Com este objetivo todos alcançaríamos metas mundiais a exemplo do desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza. As mudanças climáticas submetem a terra em um cenário de risco em relação a sua capacidade de fornecer alimentos, água, saúde entre outros tópicos.

Mediante a esse cenário entendemos a importância do cumprimento do acordo de Paris na qual exige uma ação imediata e abrangente que inclua uma descarbonização profunda complementada por medidas políticas ambiciosas, proteção e aprimoramento de sumidouros de carbono e biodiversidade e esforço para remover o CO<sub>2</sub> da atmosfera.

Gráfico 6 - Anormalidade relativa da temperatura entre 1981 e 2010

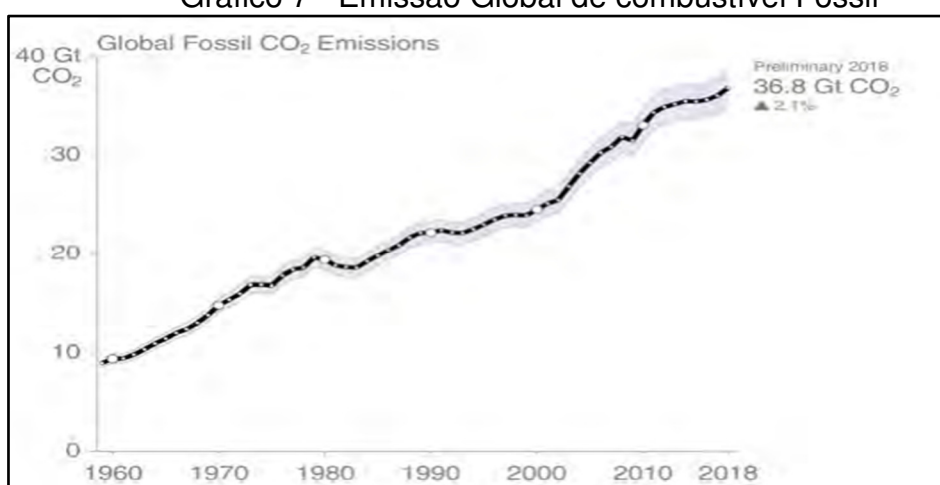


Fonte: WMO, 2019



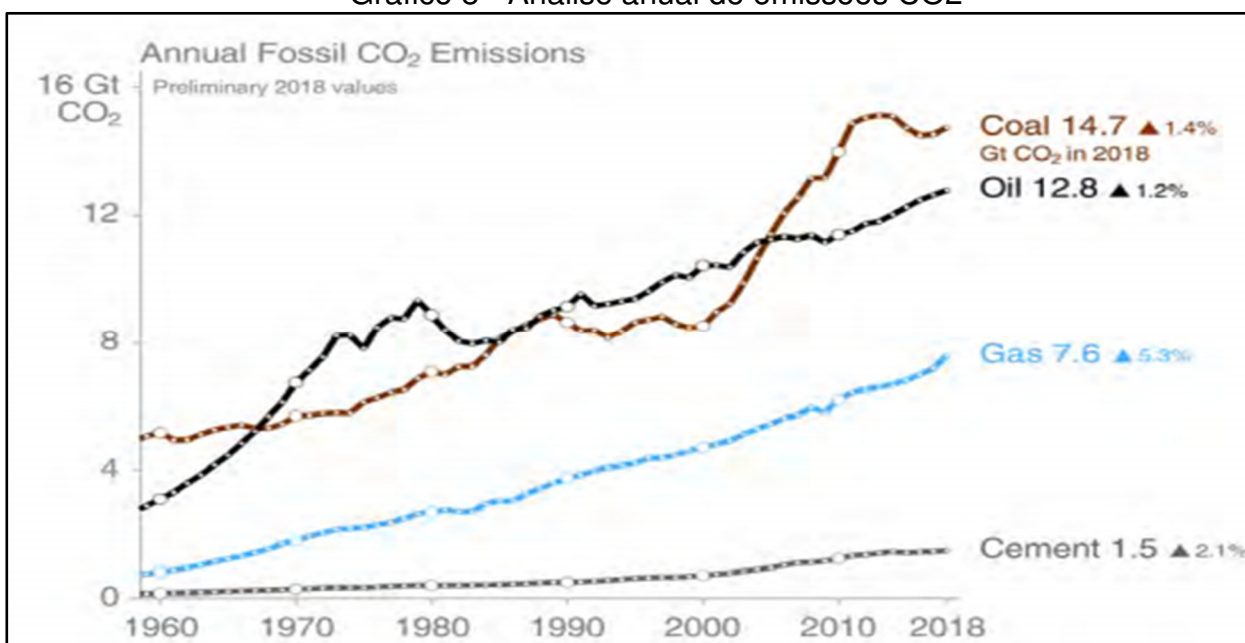
Reduzir a emissão de combustível fóssil é uns dos tópicos mais mencionados pelo (WMO) conforme ilustração do Gráfico 7 e no Gráfico 8. Não podemos deixar de mencionar o acordo de Paris, na qual exige uma ação imediata e abrangente que inclua uma descarbonização profunda complementada por medidas políticas ambiciosas, proteção e aprimoramento de sumidouros de carbono e biodiversidade e esforço para remover o CO<sub>2</sub> da atmosfera. (WMO, 2019)

Gráfico 7 - Emissão Global de combustível Fóssil



Fonte: WMO, 2019.

Gráfico 8 - Análise anual de emissões CO<sub>2</sub>



Fonte: WMO, 2019.

Após entender esse cenário compreendemos a extrema importância dos efeitos climáticos e suas consequências, deste modo vamos estudar os impactos que os veículos de modo geral contribuem para esse cenário, quais são os órgãos regulamentadores que analisam cada segmento, evoluções ao longo do tempo e as soluções encontradas para retenção de emissões de gases.

Não podemos deixar de mencionar que sobre o evento que ocorreu no mês de setembro de 2021 COP26 organizado pelas Nações Unidas. O evento destacou a urgência de medidas efetivas sobre a redução de emissões de gases e a redução do aquecimento global, além de mencionar os acordos firmados entre os países.

### **2.3 Ministério do Meio Ambiente**

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) iniciou no ano de 2011 uma comissão de acompanhamento e avaliação do programa de controle da poluição do ar por veículos automotores. Em umas das suas apresentações mencionou as principais justificativas desse acompanhamento. A poluição do ar, notadamente nos grandes aglomerados urbanos, é um dos maiores problemas ambientais da atualidade, com implicações graves na saúde da população e no meio ambiente. A concentração de poluentes no ar decorre das emissões provenientes de fontes estacionárias, como por exemplo, as indústrias, incineradores, as caldeiras etc. Devemos mencionar os sistemas móveis, a exemplo dos veículos automotores em geral, conjugadas a outros fatores, tais como, clima, geografia, uso do solo, distribuição e tipologia das fontes, condições de emissões e a dispersão dos poluentes.

No caso brasileiro em particular, vem sofrendo um acelerado processo de urbanização pode-se inferir que a poluição nas regiões metropolitanas decorre em sua maior parte das emissões dos veículos automotores, tendo-se em conta o crescimento significativo da frota automotiva nos últimos anos, somado a um processo de desconcentração industrial na área urbana.

Nessa reunião utilizaram os dados do 1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores e rodoviários. Esse estudo tem como objetivo permitir a implementação de leis e normas a fim de proporcionar melhorias ambientais

e climáticas conforme o PRONAR Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR, 2011).

### 2.3.1 Composição da frota

As evoluções das frotas bem como sua composição no Brasil vêm sendo observadas desde os anos de 2012, conforme relata o estudo do 1º Inventário deste modo nasceu a necessidade de mapear esses grupos dos quais combustíveis são utilizados, os gases que são analisados e o tempo de utilização.

Foram classificados 11 grupos e a maior divisão foi realizada nas categorias de ônibus (micro-ônibus, ônibus urbano e ônibus rodoviário). A mesma metodologia foi utilizada para os caminhões, gerando os grupos (semileves, leves, médios, semipesados, pesados) conforme a capacidade do Peso Bruto Total (PBT) ilustrados no Quadro 11.

Quadro 11 - Categorização da frota de veículos

Categoria	Motor
Motocicletas	Otto / Gasolina
	Otto / Flex Fuel
Automóveis	Otto / Gasolina
	Otto / Etanol
	Otto / Flex Fuel
	Otto / GNV
Comerciais leves	Otto / Gasolina
	Otto / Etanol
	Otto / Flex Fuel
	Diesel
Micro-ônibus	Diesel
Ônibus urbanos	Diesel
Ônibus rodoviários	Diesel
Caminhões semileves (PBT > 3,5 t. < 6 t.)	Diesel
Caminhões leves (PBT ≥ 6t. < 10 t.)	Diesel
Caminhões médios (PBT ≥ 10 t. < 15 t.)	Diesel
Caminhões semipesados (PBT ≥ 15 t.; PBTC < 40 t.)	Diesel
Caminhões pesados (PBT ≥ 15 t.; PBTC ≥ 40 t.)	Diesel

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

O Quadro 12 mostra a relação de poluentes considerados neste inventário.

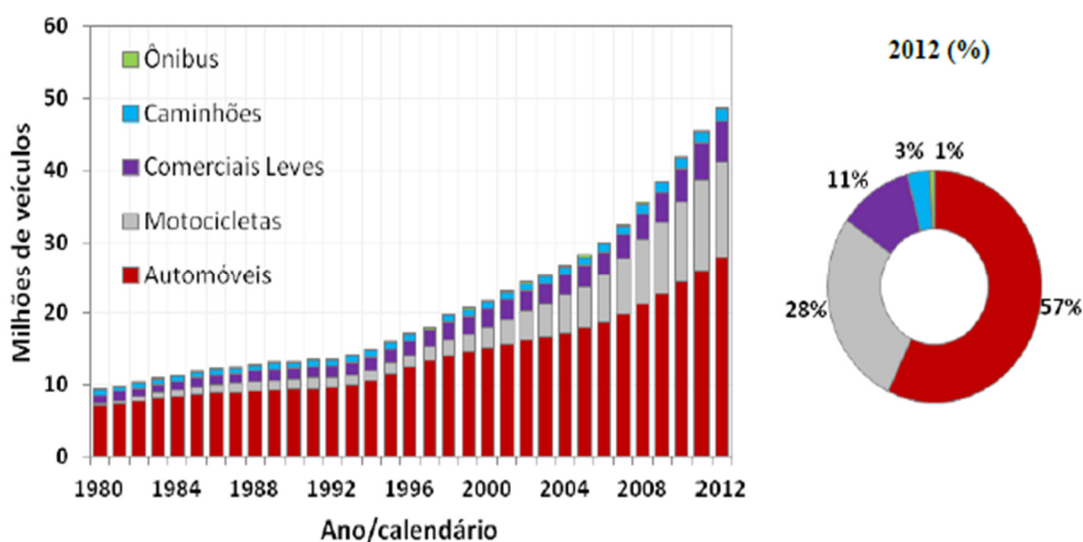
Quadro 12 - Poluentes considerados neste Inventário

Poluentes	Automóveis e comerciais leves do ciclo Otto		Motocicletas		Veículos do ciclo Diesel	Veículos a GNV
	Gasolina C	Etanol hidratado	Gasolina C	Etanol hidratado		
<b>Emissões de escapamento</b>						
Monóxido de carbono (CO)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Material particulado (MP) *	✓		✓		✓	
Aldeídos (RCHO)	✓	✓				✓
Hidrocarbonetos não-metano (NMHC <sub>escap</sub> )	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metano (CH <sub>4</sub> )	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Emissões evaporativas (NMHC<sub>evap</sub>)</b>	✓	✓				
<b>Emissões por desgaste de freios e pneus (MP)</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Emissões por desgaste de pista (MP)</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

A evolução da frota por categoria apresentado no Gráfico 9.

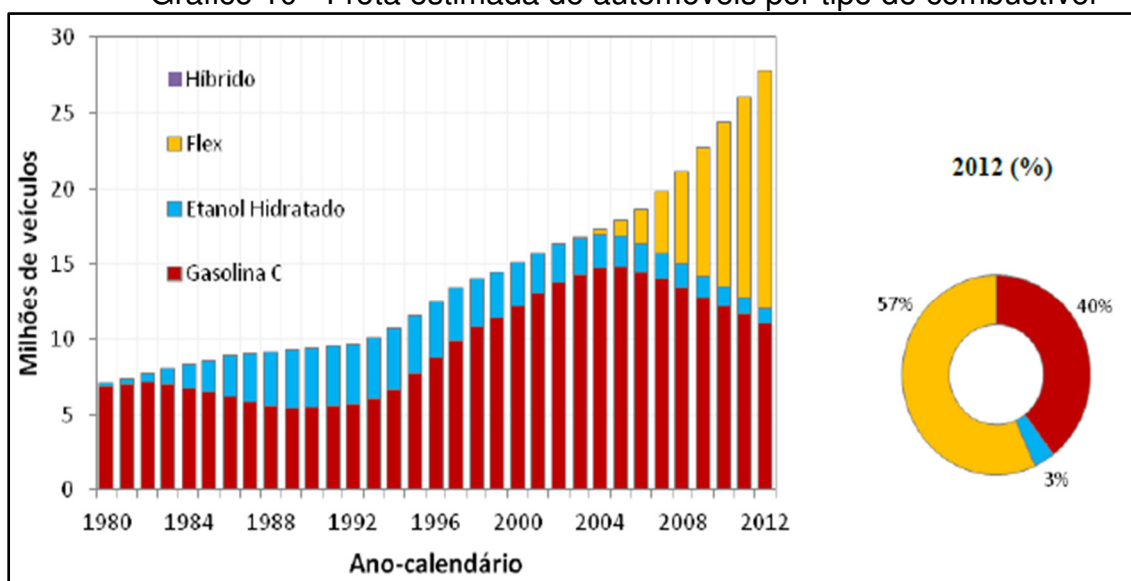
Gráfico 9 - Evolução da Frota por categoria



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

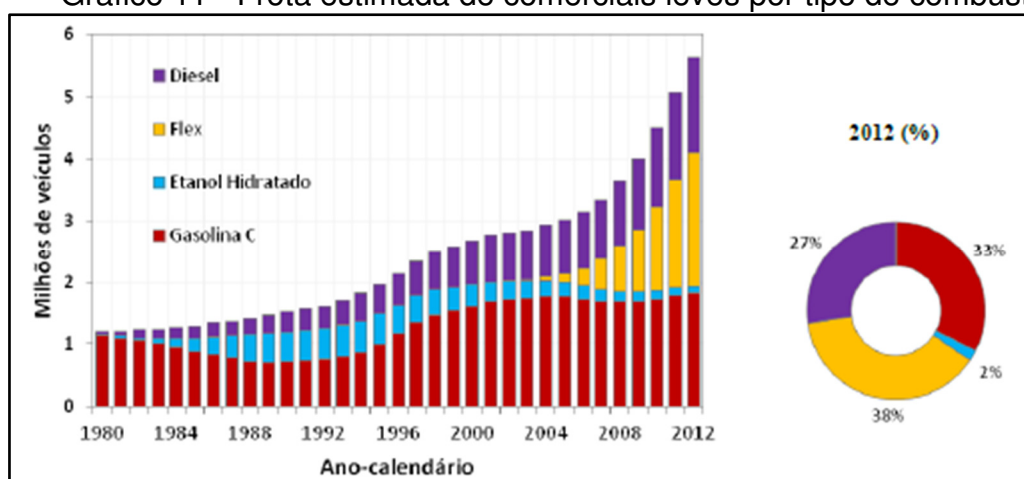
Ao analisar os dados da frota representados no gráfico 10 e 11, localizamos os principais combustíveis utilizados, o resultado foi composto na seguinte ordem que 57% são movidos a sistemas *flex* (álcool e gasolina), 40% utilizam gasolina e 3% utilizam Etanol Hidratado.

Gráfico 10 - Frota estimada de automóveis por tipo de combustível



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

Gráfico 11 - Frota estimada de comerciais leves por tipo de combustível

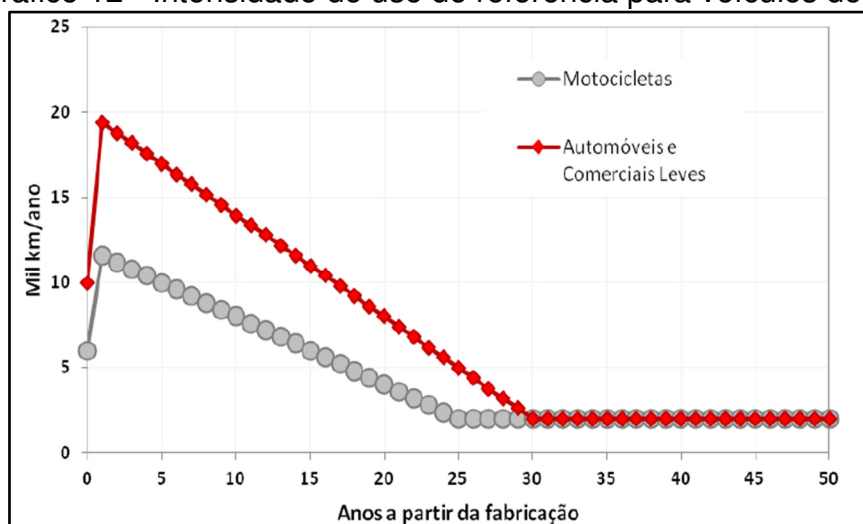


Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

Um aspecto importante a estudar é a intensidade de uso do veículo considerando a data inicial o ano de fabricação e o total de deslocamento realizado ao longo do tempo é ilustrado no gráfico 12, deste modo conseguimos entender em

uma visão geral desse comportamento de deslocamento e em alguns caso o baixo deslocamento pode ser um reflexo do grande volume de veículos nas vias.

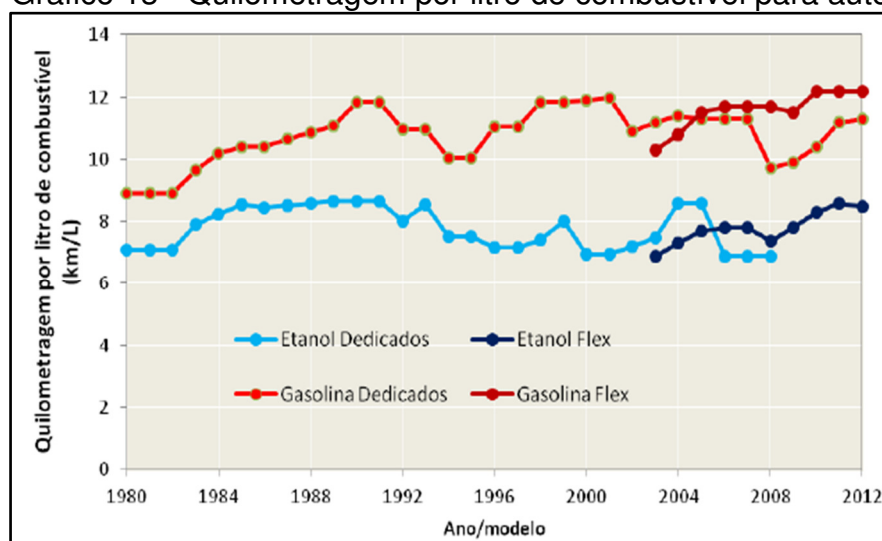
Gráfico 12 - Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

O estudo representado no gráfico 13 levantou a curva característica da autonomia usando como referência o quilometro por litro, essas informações demonstram as evoluções tecnológicas que estão sendo aplicadas ao longo do tempo permitindo reduções significativas, a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) auxílio no levantamento desses dados.

Gráfico 13 - Quilometragem por litro de combustível para automóveis



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

O mesmo levantamento foi realizado para as motocicletas, e a CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) auxílio no levantamento desses dados representados no quadro 13.

Quadro 13 - Quilometragem por litro de combustível para motocicletas

Ano de fabricação	Gasolina C	Flex Fuel	
		Gasolina C	Etanol Hidratado
Até 2003	37,38	-	-
2004	37,45	-	-
2005	37,45	-	-
2006	37,20	-	-
2007	37,09	-	-
2008	37,20	-	-
2009	37,27	42,84	28,01
2010	37,04	42,84	28,01
2011	36,14	42,84	28,01
2012	37,19	43,20	29,30

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

### 2.3.2 PROCONVE

Na década de 80 o Ministério do Meio Ambiente e o Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabeleceram o programa de inspeção veicular chamado de PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) foi instituído no ano de 1986 tendo como principal objetivo a redução de poluições do ar geradas por veículos ou fontes moveis, e as suas principais metas ou estratégias para o processo de análises são:

- Veículos leves e pesados;
- Limites máximos para emissão de poluentes;
- Metodologias de ensaios fases sucessivas com limites cada vez mais severos;
- Prazos para desenvolvimento dos veículos;
- Adaptação da indústria de autopeças e a melhoria de especificações dos combustíveis;
- Não estabelece a utilização de nenhuma tecnologia específica;
- Homologação prévia dos produtos;
- Acompanha a conformidade da produção;
- Programas de inspeção e manutenção.

O responsável pelas diretrizes gerais é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) para o programa de inspeção e manutenção de veículos estabelecendo controle de manutenção e os níveis de emissão de poluentes dos veículos.

Após a regulamentação do órgão foi elaborado 3 grupos sendo eles veículos leves, veículos pesados, motocicletas e veículos similares. Cada grupo possui fases para o processo de análise de emissões conforme a divulgação do MMA.

Todo o processo de análise de emissões no Brasil iniciou com os veículos leves e estendeu para os demais segmentos, esses limites de emissões de gases dos foram estabelecidos pela resolução CONAMA nº 18/1986, gerando as seguintes fases L1, L2 e L3. Já nas fases L4 e L5 foram estabelecidas pela resolução CONAMA nº 315/2002.

No ano de 2009 o CONAMA aprovou a Resolução nº 415, que introduziu a Fase L6 entrando em operação no ano de 2013. Já na fase L6 o órgão estabeleceu novos limites para a emissão de gases do escapamento dos veículos leves de passeio e os veículos comerciais. As duas categorias são para uso rodoviário conforme a nova especificação e utilizam os motores de ciclo Otto ou diesel.



O Quadro 14 mostra as fases da implantação do PROCONVE.

Quadro 14 - Implantação do PROCONVE veículos leves (Fases “L”)

Fase	Implantação	Característica / inovação
Fase L1	1988 - 1991	Caracterizada pela eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção. Iniciou-se também nesta fase o controle das emissões evaporativas. As principais inovações tecnológicas que ocorreram nesta fase foram: reciclagem dos gases de escape para controle das emissões de NOx; injeção secundária do ar no coletor de exaustão para o controle de CO e HC; implantação de amortecedor da borboleta do carburador para controle do HC e a otimização do avanço da ignição.
Fase L2	1992 - 1996	A partir dos limites verificados na Resolução CONAMA nº 18/1986, nessa fase investiu-se na adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo. As principais inovações nos veículos foram a injeção eletrônica, os carburadores assistidos eletronicamente e os conversores catalíticos. Em 1994 iniciou-se o controle de ruído dos veículos.
Fase L3	1997 - 2004	Em face da exigência de atender aos limites estabelecidos a partir de 1º de janeiro de 1997 (Resolução CONAMA nº 15/1995), ocorreram reduções bastante significativas em relação aos limites anteriores, e o fabricante/importador empregou, conjuntamente, as melhores tecnologias disponíveis para a formação de mistura e controle eletrônico do motor como, por exemplo, o sensor de oxigênio (denominado "sonda lambda").
Fase L4	2005 - 2008	Tendo como referência a Resolução CONAMA nº 315/2002, a prioridade nesta fase que teve início no ano de 2005 é a redução das emissões de HC e NOx, (substâncias precursoras de ozônio). Para o atendimento desta fase, se deu o desenvolvimento de motores com novas tecnologias como a otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos de injeção, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica.
Fase L5	2009 - 2013	Com os limites de emissão da Resolução CONAMA nº 315/2002, da mesma forma que na fase L4, a prioridade na fase L5 é a redução das emissões de HC e NO. De maneira análoga à fase L4, as inovações tecnológicas se deram na otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica. Nesta fase deu-se a redução de 31% das emissões de hidrocarbonetos não-metano para os veículos leves do ciclo Otto e de 48% e 42% para as emissões de NOx para os veículos leves do ciclo Otto e Diesel, respectivamente. Além disso, as emissões de aldeídos foram reduzidas em, aproximadamente, 67% para os veículos do ciclo Otto.
Fase L6	A partir de 2013	A fase L6 determinou reduções de 67% e 65% nas emissões de CO e Nox, respectivamente, além de melhorias na qualidade dos combustíveis. A principal inovação tecnológica prevista nessa fase é a utilização de dispositivos/sistemas para autodiagnose (OBD), obrigatória para veículos automotores leves do ciclo diesel, a partir de 1º de janeiro de 2015.

Fonte: PROCONVE, 2019.

Os objetivos alcançados pelo PROCONVE na qual iniciou suas atividades no ano 1986, demonstram excelentes resultados nos processos de implementações, conforme em todas as evoluções das fases seguindo elevando os níveis de exigências para as mais severas.

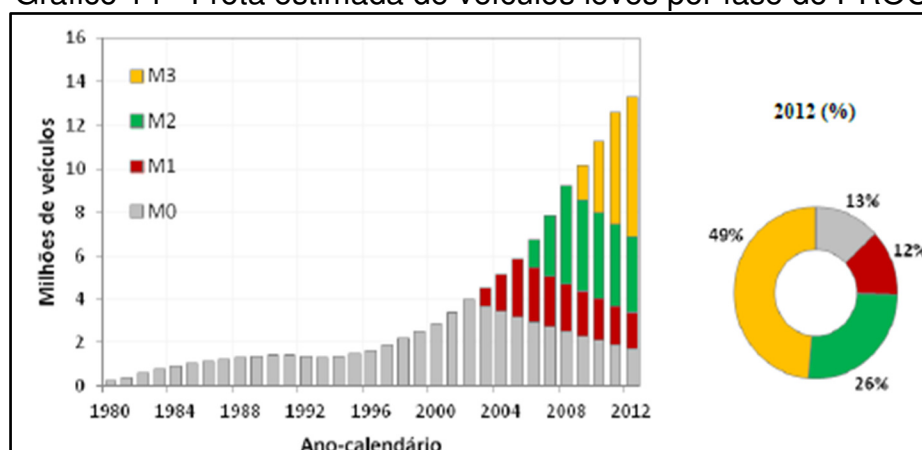
Um levantamento realizado nos veículos na década de 1980 demonstrou que em média as emissões atingiam cerca de 50g/Km de CO (monóxido de carbono), com a implementação da primeira fase do PROCONVE, foi determinado a redução foi de 50% dos veículos que eram produzidos no Brasil. No ano de 1989 os níveis de reduções de emissões de poluentes foram aumentados para 12g/Km, após 24 anos o limite foi alterado para 1,3g/Km e assim o Brasil foi se adequando as normais a níveis internacionais. (MMA 2011)

Ao iniciar as exigências para os veículos pesados as reduções foram alcançadas foram na ordem de 80%, essas ações proporcionaram grandes benefícios principalmente para o ar das regiões metropolitanas, na qual recebem os maiores números de veículos comerciais sendo eles ônibus e caminhões.

Todas as evoluções tecnológicas do programa se iniciaram através da aplicação do componente catalíticos, bem como a injeção eletrônica de combustível.

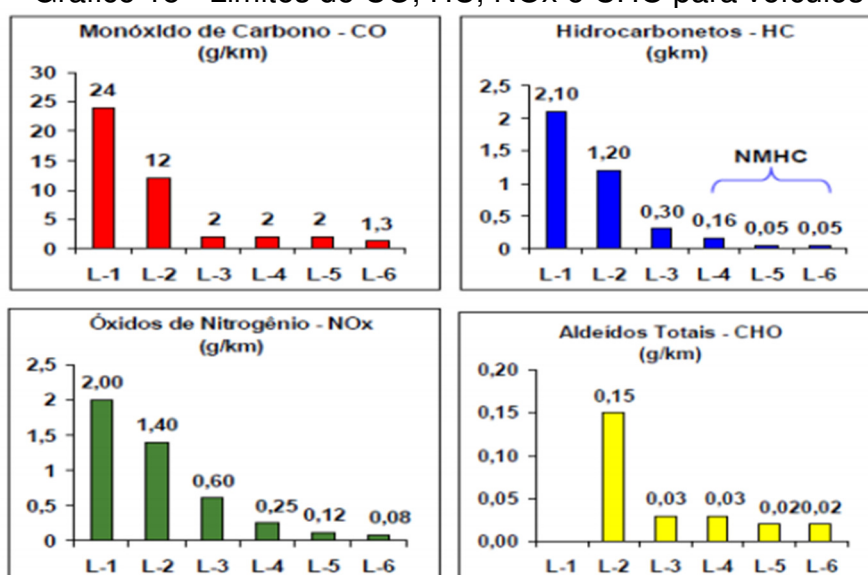
Para continuar esse processo mantendo as grandes conquistas não podemos parar de analisar as tendências tecnológicas associando com as necessidades ambientais, proporcionado um cenário ideal para o nosso futuro, dados indicados no gráfico 14 e 15.

Gráfico 14 - Frota estimada de veículos leves por fase do PROCONVE



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

Gráfico 15 - Limites de CO, HC, NOx e CHO para veículos leves



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2013.

### 3 RESULTADOS OBTIDOS

Serão apresentados a seguir os materiais informativos sobre os veículos híbridos e elétricos da Porsche e Volvo.

#### 3.1 SISTEMAS HÍBRIDOS PORSCHE

Com as normas de emissões cada vez mais severas e os recursos naturais sendo direcionados ao colapso devido à ação humana, os sistemas de propulsão híbridos e elétricos estão se tornando soluções alternativas para os meios de transportes sejam eles coletivos, individuais ou comerciais.

Nos últimos 5 anos as evoluções tecnológicas desses sistemas passaram por grandes avanços, de modo que se pode analisar os sistemas atuais aplicados, entender seus conceitos e suas funcionalidades.

Neste trabalho são demonstrados os sistemas baseados no fabricante *Porsche*, após a identificação de inúmeras informações que ao longo do tempo sofreram modificações conforme a proposta de cada produto e mercado.

##### 3.1.1 História dos sistemas elétricos e híbridos Porsche

Em 2011, a *Porsche* lançou comercialmente no Brasil o seu primeiro veículo híbrido modelo *Cayenne S Híbrido*. No processo de lançamento mencionaram os principais pontos desse novo sistema.

Pela primeira vez uma tecnologia híbrida paralela foi utilizada no modelo *Cayenne S Híbrido* para atender às altas expectativas dos clientes da *Porsche*. Apesar da crescente complexidade tecnológica e maior variedade de modelos, um alto nível de qualificação técnica é essencial em toda a área de pós-venda, especialmente para as novas tecnologias híbridas, que possuem a combinação de um motor de combustão e um motor elétrico proporcionando grandes benefícios, entre eles a redução de consumo de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub>.

Essa história iniciou em 1983 com o fundador da *Porsche*, o Professor *Ferdinand Porsche*, em seus experimentos com sistemas elétricos voltados para a área automobilística.

No museu da Porsche encontra-se um relato que aos 18 anos, o Professor *Ferdinand Porsche* começou a trabalhar na empresa de eletricidade

*Vereinigte Elektrizitätswerke-AG Béla Egger*, em Viena, mais tarde *Brown Boveri*, desenvolveu um motor elétrico no cubo cuja patente foi registrada em 1896. O veículo equipado com esse tipo de motor lembrava um veículo totalmente elétrico. (Porsche AG, 2011.)

Em 1899, Ferdinand Porsche desenvolveu para a empresa (*Vienense k. vc k Hofwagenfabrik Ludwig Lohner & Co.*) A Figura 3 apresenta o veículo elétrico *Lohner Porsche*, equipado com dois motores elétricos no cubo da roda no eixo dianteiro, e atingia a velocidade máxima considerável na época da 50 km/h. Equipado com uma bateria de 410 kg, era possível dirigir por meios elétricos até 50 km. A apresentação deste veículo foi muito comemorada como uma novidade da época na Exposição Mundial de 1900 em Paris. (Porsche AG, 2011.)

Figura 3 - Veículo elétrico Lohner-Porsche



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

Ferdinand Porsche combinou a tração puramente elétrica com um motor de quatro cilindros com uma potência de 15 Hp (*Horse Power*) e um dínamo (alternador) de 80 volts que administrava a potência para os motores elétricos montados nos cubos das rodas dianteiras, diretamente ou através da bateria. O *Lohner-Porsche Mixte* foi apresentado ao público em 1902, tornando-se o primeiro carro com tração híbrida. (Porsche AG, 2011.)

### 3.1.2 Tipos de sistemas híbridos Porsche

Os sistemas híbridos ou os sistemas de tração classificados pela Porsche possuem combinações distintas, atualmente o conceito da tecnologia híbrida se compõem pela combinação de um motor a combustão e um ou mais motores elétricos e contendo três sistemas principais:

- Tração Micro híbrida;
- Tração Híbrida suave;
- Tração Híbrida completa.

Essas classificações foram elaboradas pela Porsche no ano de 2011. O sistema foi utilizado no modelo apresentado na Figura 4, o *Cayenne S Hybrid*, com uma autonomia de 2 km.

Figura 4 – Porsche Cayenne V6 Hybrid



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

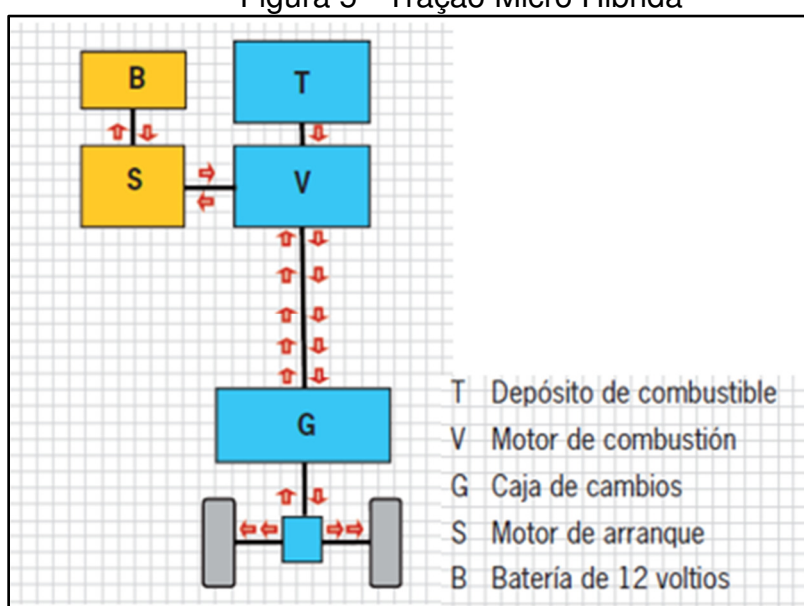
#### 3.1.2.1 Tração micro híbrido

A tração Micro híbrida ilustrada na Figura 5, tem como base os principais componentes (motor de partida e alternador). O motor de partida tem a principal funcionalidade de colocar o motor à combustão em funcionamento na primeira partida, e quando o condutor realiza uma parada não programada e permanece nesse cenário

em um determinado tempo, o sistema de gerenciamento realiza o desligamento do motor a combustão. Quando o usuário solicita o deslocamento imediato o sistema voltar a operar e coloca o motor em funcionamento.

O outro sistema é a regeneração de energia em situações de desaceleração, quando o sistema reconhece esse cenário, o alternador é submetido e sua potência máxima, convertendo a energia cinética em energia elétrica e assim é direcionada para as baterias e todos os sistemas elétrico e eletrônico do veículo.

Figura 5 - Tração Micro Híbrida



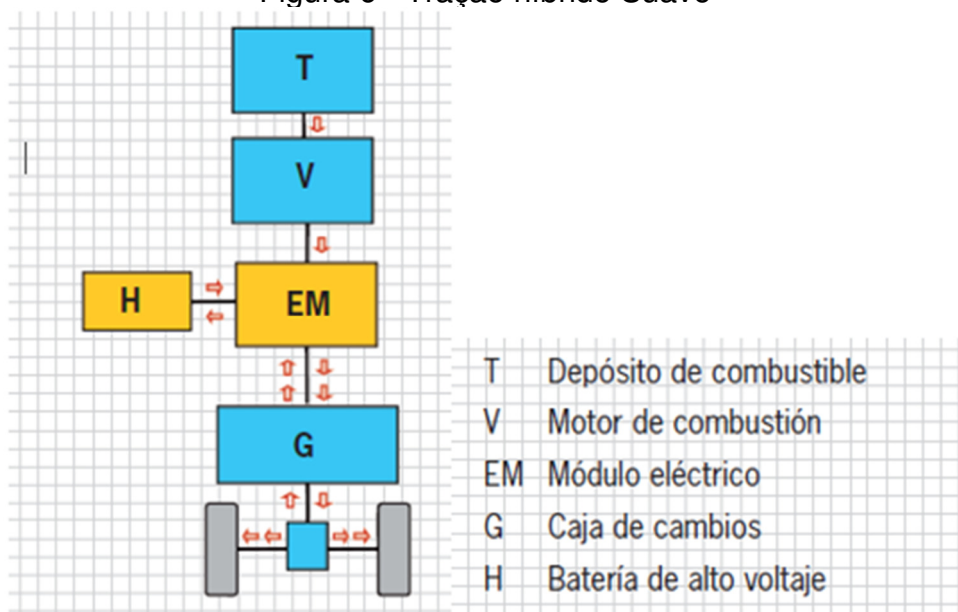
Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche A, 2011.

### 3.1.2.2 Tração híbrida suave

Quando o motor elétrico entra em funcionamento, opera em conjunto com o motor a combustão auxiliando na propulsão do veículo principalmente em baixas velocidades ou em situações de trânsito intenso, mas com limitação de deslocamento devido à baixa capacidade da bateria de alta tensão. Imagem do sistema representado na Figura 6.

Em situações de desacelerações ou frenagens o sistema identifica esse cenário e converte a energia cinética em energia elétrica gerada pelo módulo elétrico.

Figura 6 - Tração híbrido Suave



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

### 3.1.2.3 Tração híbrida total

A *Porsche* denominou o sistema híbrido total a partir das seguintes características, a combinação de um motor elétrico com grande capacidade de torque e potência, um motor a combustão e uma bateria de alta tensão como uma excelente capacidade de armazenamento de energia, com essa combinação é possível à condução do veículo puramente elétrico, funcionamentos simultâneos dos dois sistemas ou somente o funcionamento do motor a combustão. A autonomia do modo puramente elétrico está diretamente ligada à capacidade de armazenamento da bateria de alta tensão.

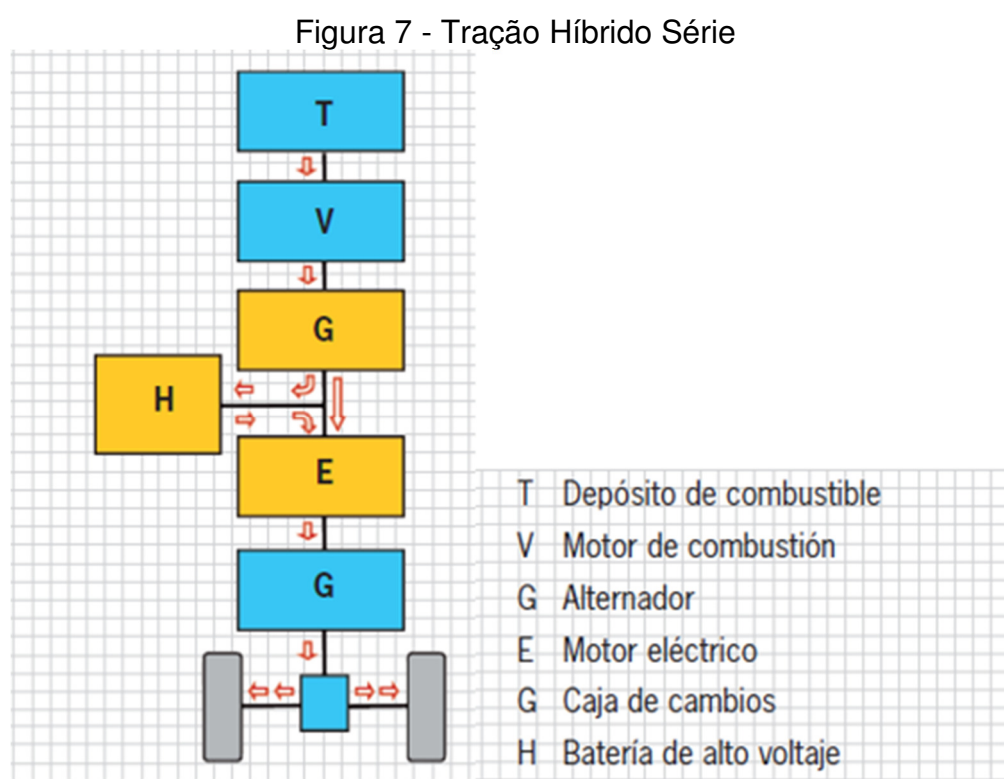
A *Porsche* classificou 3 níveis:

- Sistema série;
- Sistema misto ou diversificado;
- Sistema paralelo.

### 3.1.2.3.1 Tração híbrida série

Este sistema de tração é similar aos sistemas de locomotivas elétricas à diesel, o motor a combustão não possui nenhuma conexão com a roda, deste modo à tração do veículo é realizado somente pelo módulo elétrico.

O motor a combustão é colocado na faixa ideal de funcionamento e assim todo movimento gerado é convertido em energia elétrica e sendo direcionado para a bateria de alta tensão, conforme representado na Figura 7.



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

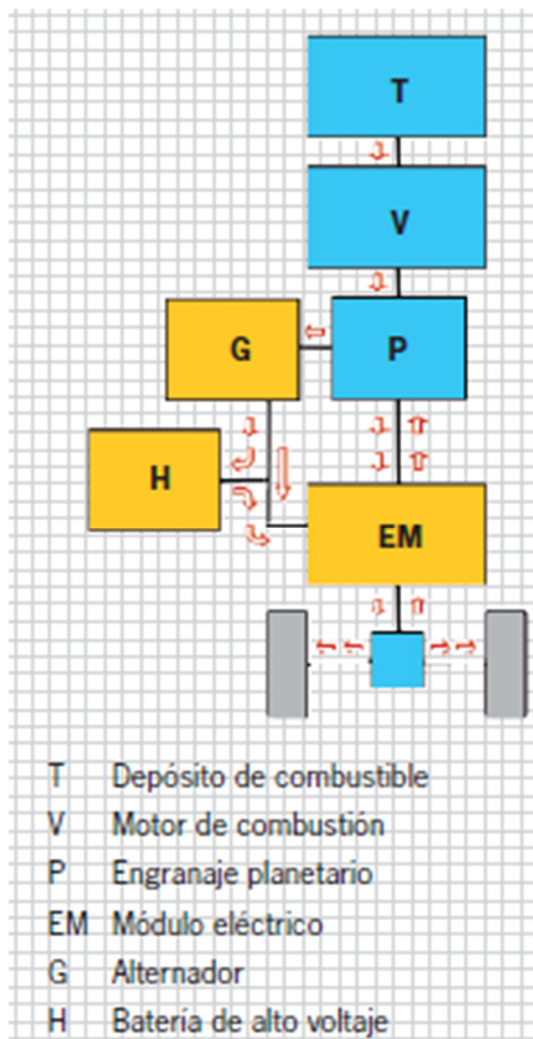
### 3.1.2.3.2 Tração híbrida diversificada

A tração híbrida diversificada possui um módulo elétrico, um motor de combustão e um alternador, que nos modelos da Porsche se encontram no eixo dianteiro, e seu acionamento ocorre por meio do motor de combustão através de um caixa de engrenagem planetária com a conexão paralela, e juntamente com o módulo elétrico conectado a caixa de velocidades do veículo.



Dependendo da estratégia de ativação da caixa de engrenagem planetária, o sistema pode escolher um dos dois modos de operações, paralelo ou série. Não se pode somar o trabalho dos dois componentes direcionando para a roda conforme representa a Figura 8.

Figura 8 – Tração híbrida diversificada



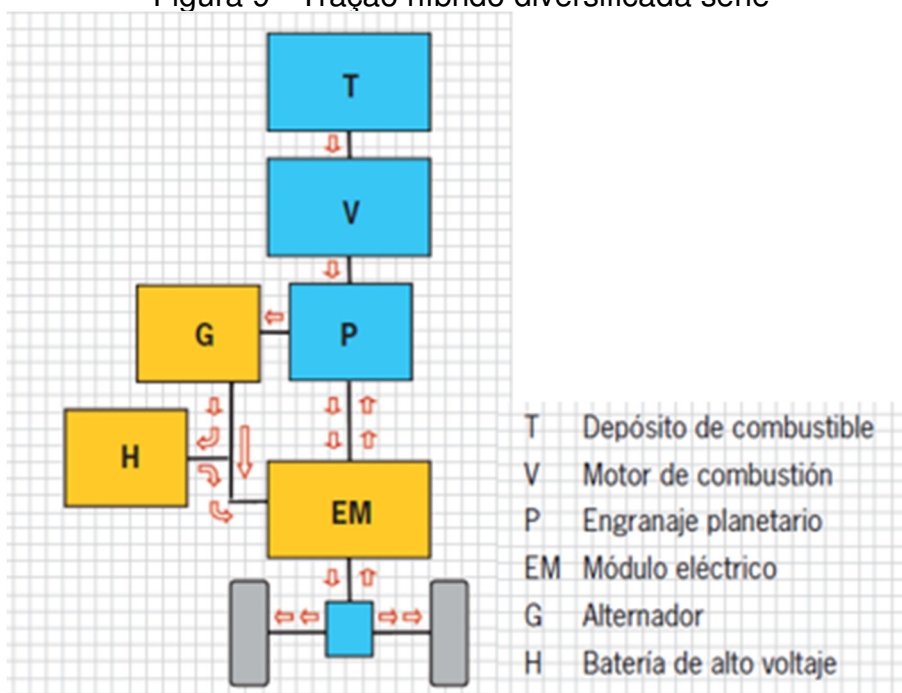
Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

### 3.1.2.3.3 Tração híbrida diversificada em série

Para os veículos com a tração híbrida diversificada em série, pode utilizar a combinação das estratégias mencionadas no tópico anterior simultaneamente, permitindo a somatória das potencias para a roda.

Esse sistema foi utilizado no modelo Porsche 911 GT3 R, um veículo designado para o conceito de competição. A imagem do sistema é representada na Figura 9.

Figura 9 - Tração híbrida diversificada série



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

A Figura 10 apresenta a utilização deste sistema no modelo Porsche 911 GT3 R híbrida.

Figura 10 - Porsche 911 GT3 R híbrida

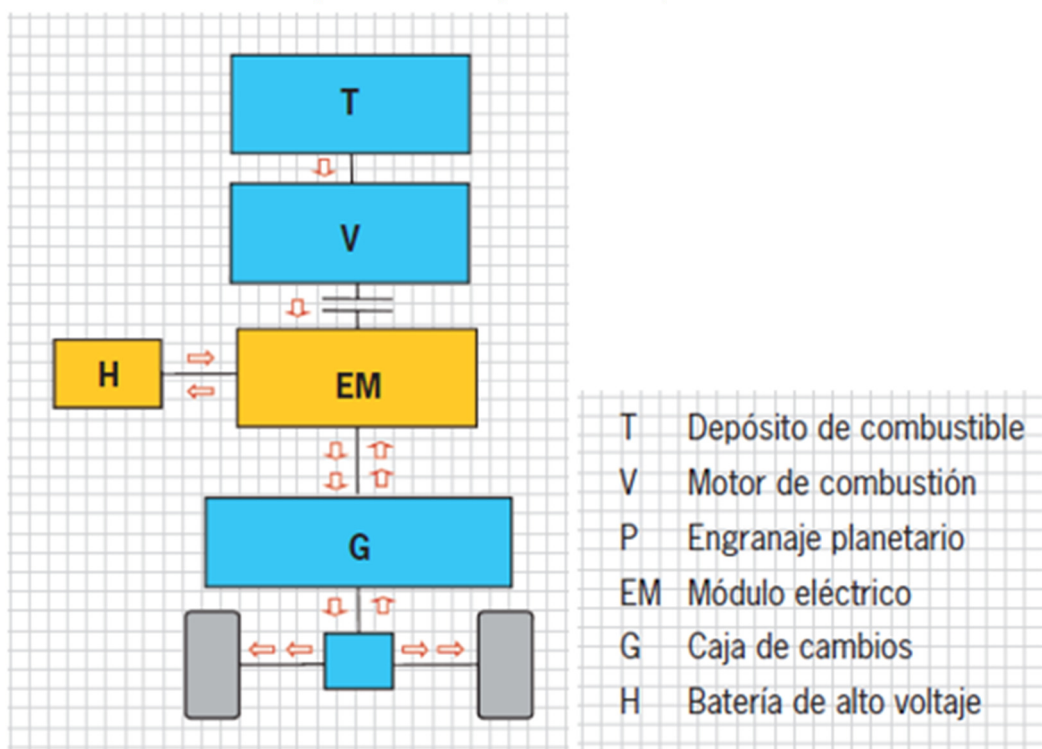


Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

### 3.1.2.3.4 Tração híbrida paralela

O sistema híbrido paralelo, mostrado na Figura 11, tem uma característica especial. Foi instalada uma embreagem, permitindo a desconexão do motor à combustão em relação ao módulo híbrido. Todas as demais funcionalidades se mantem conforme mencionadas no sistema anterior.

Figura 11 - Tração híbrida paralela



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

### 3.1.3 Componentes Removidos

Devido a aplicação do sistema híbrido, foi possível remover dois componentes adicionais em relação ao motor a combustão no modelo Cayenne S Hybrid:

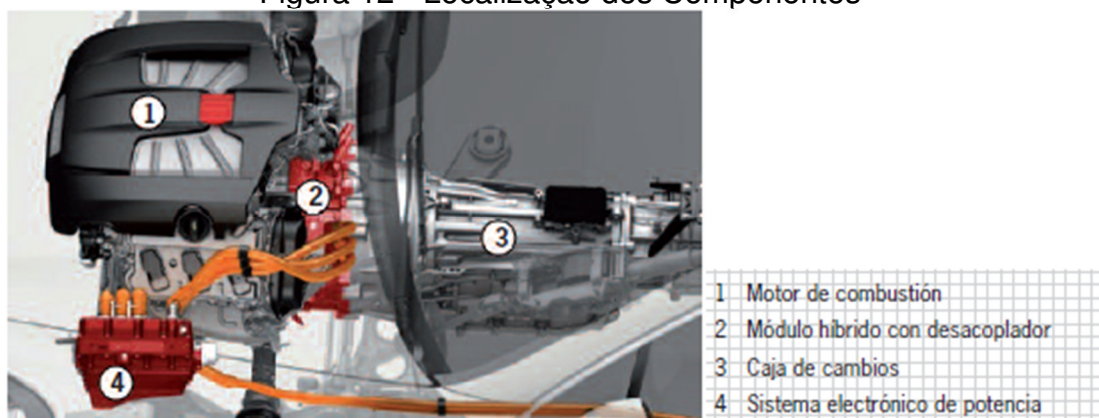
- Não é utilizado o motor de arranque convencional. No lugar do motor de arranque, é utilizado o módulo híbrido.
- Foi removido o alternador de 12V. O sistema de baixa e alta tensão é alimentado através do módulo CC/CC, conhecido como a eletrônica de

potência que direciona a energia gerada após o processo de retificação do módulo para as baterias de alta e baixa tensão.

### 3.1.4 Estratégia de funcionamento

O conceito de condução do Porsche Cayenne S Hybrid corresponde a utilização do sistema híbrido paralelo em um único eixo. Conforme apresentado na Figura 12, o módulo híbrido está localizado entre o motor de combustão e caixa de câmbio, possui 15 cm de comprimento e um desacoplador integrado. É controlado pela eletrônica de potência e conforme a estratégia de funcionamento, o sistema pode interromper a transmissão de energia entre o motor de combustão e o módulo híbrido.

Figura 12 - Localização dos Componentes



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011.

O Porsche Cayenne com o sistema paralelo permite seis tipos de estratégias de condução:

- Condução 100% no modo elétrico;
- *Boost* (potência e torque máximo);
- Condução com motor a combustão aplicando o deslocamento da curva de carga;
- *Planeo*;
- Frenagem regenerativa;
- *Start-Stop*.

No modo de condução 100% elétrica, o módulo híbrido está aberto em relação a conexão com o motor a combustão. A propulsão do veículo é realizada apenas com o módulo elétrico (motor elétrico).

No modo *Boost*, o módulo híbrido está conectado no motor a combustão. Este tipo de funcionamento proporciona uma melhor curva de torque e potência.

Condução com motor a combustão aplicando deslocamento da curva de carga. Na primeira estratégia o módulo híbrido está conectado ao motor de combustão, para direcionar a melhor curva de funcionamento do motor a combustão a fim de carregar a bateria de alta tensão.

*Planeo* (deslocamento sem tração até 156 km/h). O módulo híbrido não está conectado ao motor de combustão, porque este está desligado. Nesta fase de funcionamento o módulo híbrido opera com baixa resistência ao deslocamento, aumentando a distância percorrida pelo veículo e oferecendo mais energia para o carregamento da bateria de alta tensão.

Na opção frenagem regenerativa o módulo elétrico opera como gerador, direcionando a corrente elétrica para carregar a bateria de alta tensão e alimentar o sistema de baixa tensão (12V).

Na função *start-stop*, o sistema identifica quando há a necessidade de ligar ou desligar o motor a combustão. Este recurso é muito utilizado em situação de tráfego intenso, onde ocorre inúmeras paradas.

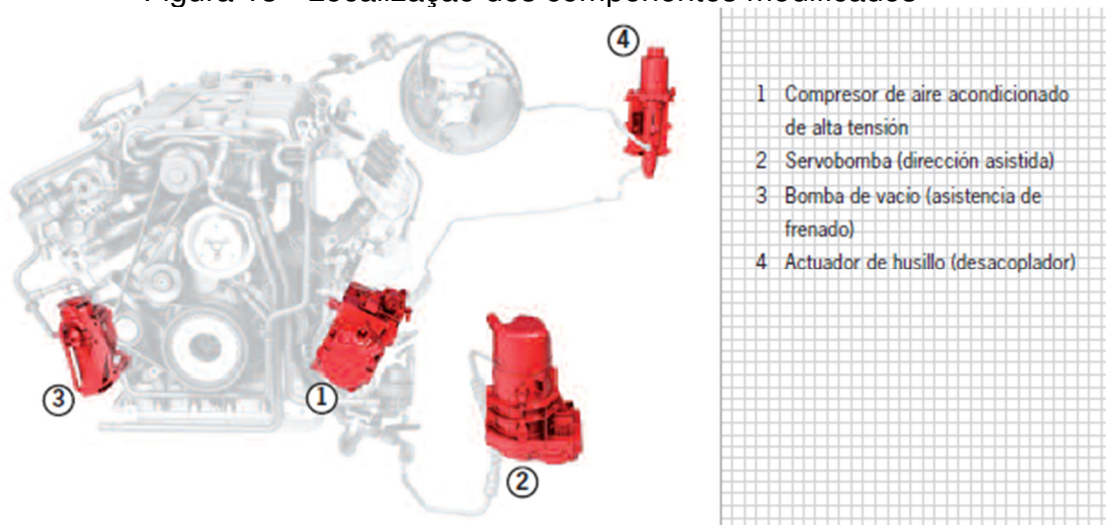
### **3.1.5 Componentes adicionais para o sistema híbrido**

Para apoiar as várias funções do veículo caso o motor a combustão não esteja em funcionamento, alguns componentes apresentados na Figura 13, foram modificados devido à ausência de funcionamento do motor a combustão quando o sistema estiver no modo elétrico:

- Compressor de ar-condicionado opera com o sistema de alta tensão;
- Eletrobomba do sistema de direção opera com o sistema de 12V;

- Bomba de vácuo elétrica para o sistema de freio;
- Bomba de óleo elétrica adicional a fim de fornecer óleo para a caixa de câmbio;
- Duas bombas de água elétricas adicionais (uma para o circuito de alta tensão e outra para o sistema de arrefecimento do motor a combustão);
- Atuador eletro-hidráulico para acionar a embreagem de conexão do módulo híbrido ao motor a combustão.

Figura 13 - Localização dos componentes modificados



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011

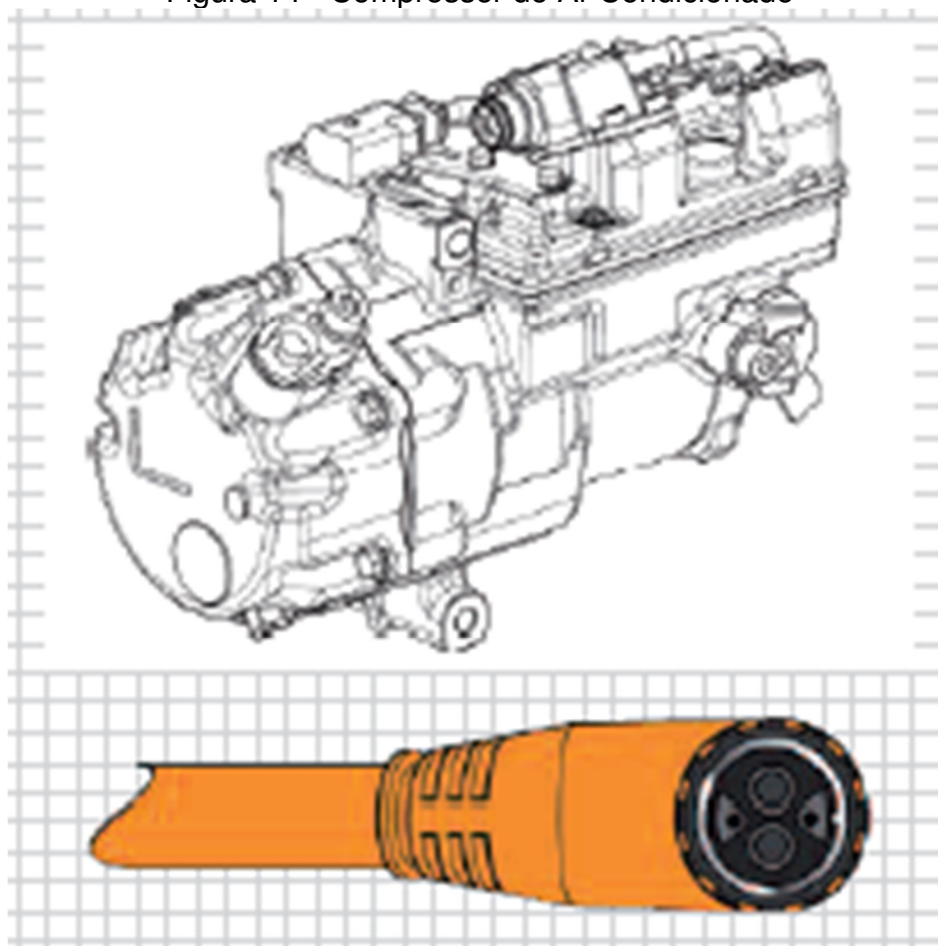
### 3.1.6 Compressor do ar-condicionado

O compressor do ar-condicionado funciona com o sistema de alta tensão. Opera com valor de 288V, podendo atingir uma potência máxima de 3,2 kW.

O responsável pelo gerenciamento do compressor do ar-condicionado é a eletrônica de potência.

O compressor do ar-condicionado está representado na Figura 14.

Figura 14 - Compressor do Ar Condicionado



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011

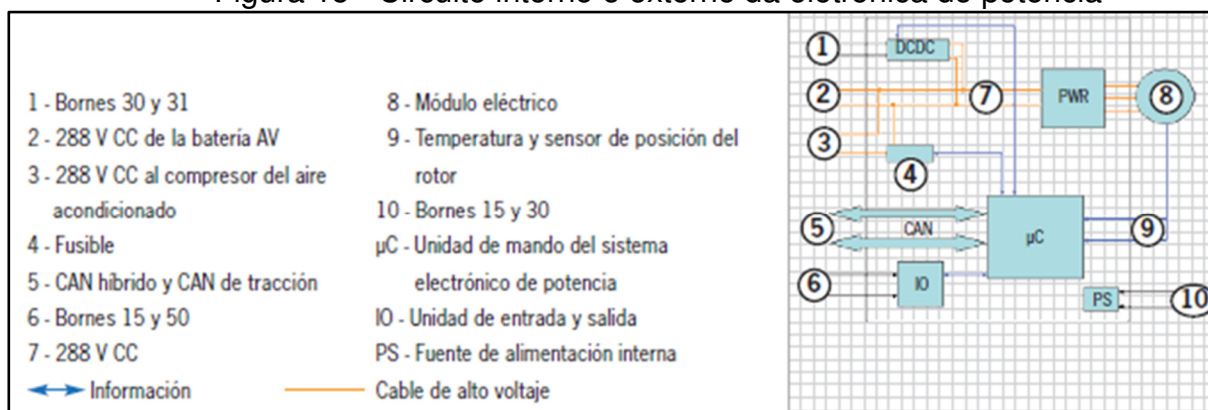
### 3.1.7 Eletrônica de potência

A eletrônica de potência é a unidade responsável por gerenciar o módulo híbrido, o compressor do ar condicionado, converter a corrente alternada em corrente contínua direcionando-a para as baterias de alta e baixa tensão. Importante mencionar os principais componentes da eletrônica de potência:

- Modulador PWR (oscilador e pulsador) 288 VCC e 288 VCA;
- Conversor CC/CC 288 V e 12V;
- Unidade de controle integrado;
- Circuito de distribuição para o compressor.

Os principais componentes da eletrônica de potência estão representados na Figura 15:

Figura 15 - Circuito interno e externo da eletrônica de potência



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011

O eletrônica de potência é um dos componentes mais importantes em relação ao processo de gerenciamento. É responsável pelo processo de modulação do módulo híbrido, quando este estiver com a opção de condução no modo elétrico. Em determinada faixa de funcionamento a eletrônica de potência converte a corrente contínua fornecida pela bateria em corrente alternada, alimentando o motor com ligação trifásica e modulando a corrente em cima do módulo híbrido.

Em caso de desaceleração do veículo, o módulo híbrido se comporta como um gerador, transformando a energia cinética em energia elétrica, capaz de gerar valores de corrente alternada de até 370A e direcionando para as baterias de alta e baixa tensão após o processo de retificação.

A corrente nominal que trafega entre a eletrônica de potência e a bateria é de aproximadamente de 100A a 150A.

### 3.1.8 Bateria de alta tensão

No modelo Cayenne S Hybrid foi utilizado a bateria NiMH (Bateria de níquel-hidreto metálico), a característica e as particularidades deste componentes atendem a segurança conforme análise dos desenvolvedores, bem como sua vida útil e toda a sua tecnologia empregada.

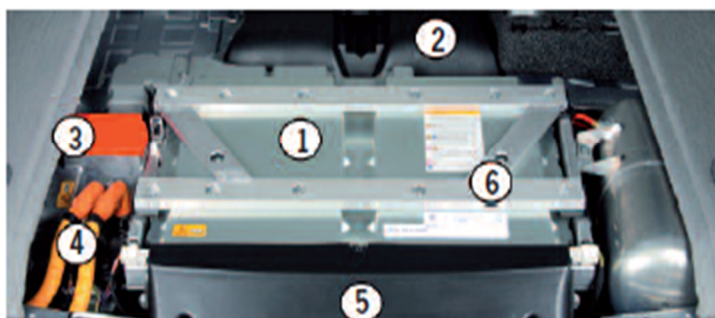


A bateria de alta tensão, apresentada na Figura 16, está alojada na região traseira, sobre o eixo e possui a seguinte estrutura de construção:

- Bateria;
- Invólucro de proteção;
- Unidade de controle de sistema elétrico com conector de serviço para desativação do sistema de alta tensão;
- Ponto de distribuição de alta tensão;
- Sistema de refrigeração da bateria;
- Sensores para gerenciamento de temperatura, tensão e corrente.

Figura 16 – Bateria de alta tensão

1	Bateria AV
2	Canais de entrada de aire (desde el habitáculo)
3	Conector de servicio (en la caja del sistema eléctrico)
4	Conexiones de alto voltaje
4	Conexiones de bajo voltaje
	- Electroventilador
	- para control/CAN-bus
5	Carcasa para 2 ventiladores eléctricos
6	Caja protectora del marco



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011

A bateria esta organizada em dez módulos com 240 células de 1,2V totalizando uma tensão de 288V, conforme os dados técnicos indicados no quadro 15.

Quadro 15 - Características técnicas

Característica	Valor/Descripción	Característica	Valor/Descripción
Tipo de batería	De níquel e hidruro metálico	Peso	Aprox. 80 kg
Potencia	38 kW (eléctrica)	Campo de trabajo a la máx. potencia	10 - 38 °C (para arranque exclusivo del motor > -30 °C)
Carga energética	1,7 kWh	Dimensiones	Longitud 347 mm Anchura 633 mm Altura 291 mm
Tensión	288 V	Rendimiento	Aprox. 90 %
Número de celdas	240 (1,2 voltios cada una)	Refrigeración	Aire de refrigeración procedente del habitáculo

Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011

A bateria de alta tensão possui uma energia total de 1,7kWh mas a carga utilizada pelo sistema opera entre 30% a 70%, em relação a energia total disponível. Essa estratégia foi adotada para aumentar a vida útil da bateria, preservando seus componentes nos momentos críticos de carga e descarga.

Outro componente muito importante para gerenciamento da bateria é o módulo BMS (Sistema de gerenciamento da bateria). Essa unidade transmite dados através da rede CAN BUS híbrido e CAN BUS tração, permitindo que outras unidades adotem a melhor estratégia de funcionamento conforme os parâmetros fornecidos.

Todos os dados em relação a bateria, sejam eles estado da carga, temperatura, diagnósticos dos componentes internos, entre outros dados, são obtidos pelo protocolo OBD (*On Board Diagnostics*).

Em caso de manutenção do sistema, o reparador precisa remover o conector de serviço. Este componente realiza a desconexão das células internas, permitindo a intervenção com segurança.

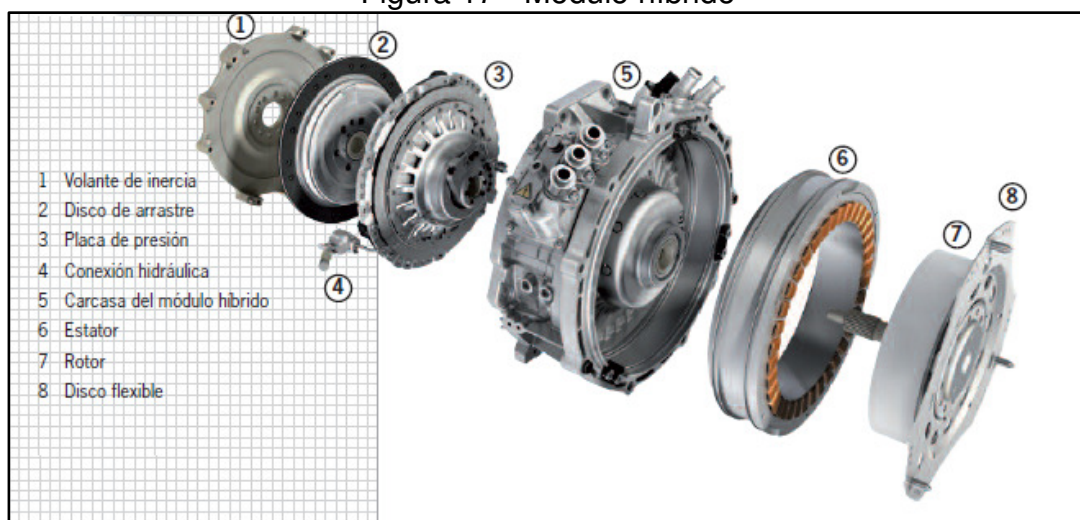
Outra estratégia adotada para aumentar a vida útil da bateria é a gestão térmica ou o processo de refrigeração. Essa mesma estratégia foi adotada para todos os componentes de alta tensão, permitindo a melhor curva de funcionamento.

### 3.1.9 Módulo híbrido

O módulo híbrido, que é mostrado na Figura 17, está instalado entre o motor de combustão e a caixa de câmbio. Sua construção é composta por três partes principais:

- Embreagem;
- Estrutura de alojamento;
- Conjunto Rotor/Estator.

Figura 17 - Módulo híbrido



Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011

O comprimento do conjunto módulo híbrido é de 147,5 mm e com massa de 53 kg. Com dimensão compacta, foi possível sua integração sem grandes alterações no trem de força (*Powertrain*).

A carcaça de alojamento do motor é de alumínio e tem 70 mm de comprimento. A eficiência desse conjunto é de aproximadamente 90%, desta forma o usuário pode conduzir o veículo até 60 km/h no modo puramente elétrico. O Quadro 16 apresenta outros dados técnicos deste conjunto.

Quadro 16 - Dados técnicos do módulo híbrido

Característica	Valor/Descripción
Tipo de motor	Máquina eléctrica síncrona trifásica, rotor interior, sin escobillas, con imanes permanentes
Refrigeración	Refrigeración por agua (integrado en el circuito de alta temperatura)
Potencia	38 kW eléctrica/34 kW mecánica
Par motor	285 (máx. 300) Nm
Tensión nominal	288 V CA
Rendimiento	Aprox. 90 %
Dimensiones	Diámetro del estator 300 mm, longitud del módulo eléctrico 70 mm

Fonte: Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2011

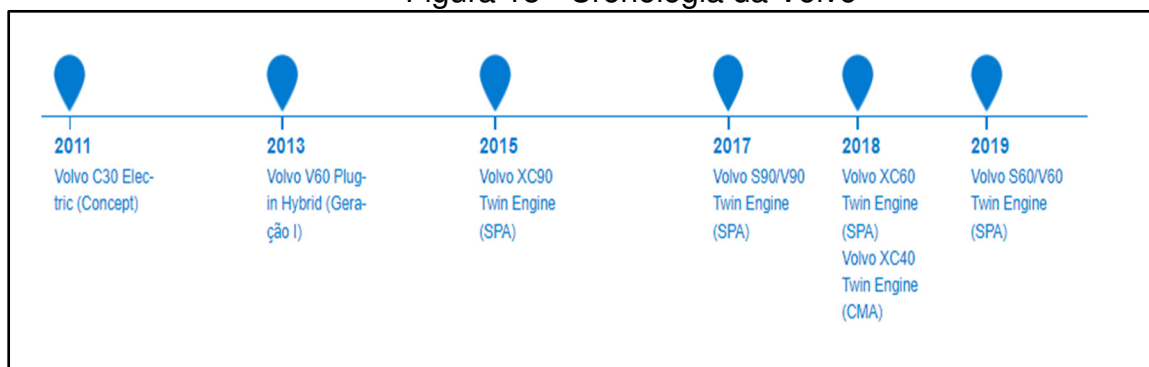
Em caso de falha no Rotor ou Estator, não é possível realizar a troca individual dessas peças, apenas o conjunto por completo. Já no sistema de embreagem, a troca pode ser realizada individualmente.

## 3.2 SISTEMAS HÍBRIDOS DA VOLVO

Em 2016 a Volvo lançou a nova plataforma SPA (*Scalable Product Architecture Platform*), combinando o alto desempenho e um baixo consumo de combustível. No mesmo ano foi lançada a versão XC90 T8 *Plug-In Hybrid*, início do processo de eletrificação dos carros da VOLVO no Brasil. Esse novo conceito de produção tem como objetivo, atingir a comercialização de 50% dos veículos totalmente elétricos e outros 50% compostos por veículos híbridos, contribuindo com a redução de CO2 em 50% de todos os gases gerado pelo sistema de exaustão. A meta é que seja alcançada a neutralidade de emissão de CO2 no ano de 2040 com veículos elétricos.

A Figura 18 relata a história dos principais veículos e seus sistemas aplicados.

Figura 18 - Cronologia da Volvo



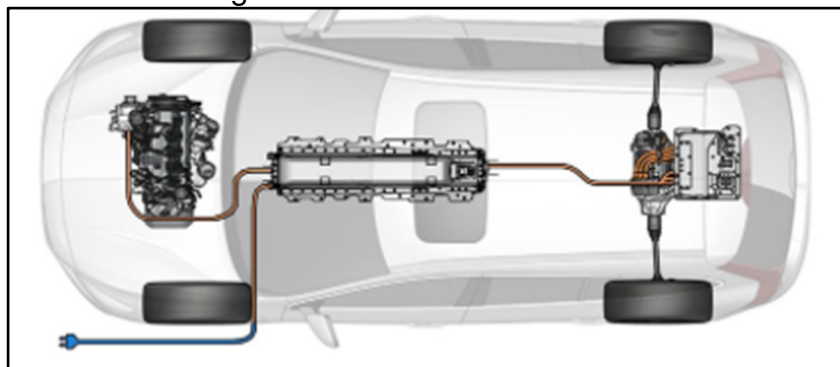
Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

### 3.2.1 Sistema híbrido Série

O MCI (motor de combustão interna) está conectado ao gerador e todo trabalho dispendido é convertido em energia para alimentação da bateria de alta tensão.

A propulsão do veículo é realizada exclusivamente pelo motor elétrico conforme apresentado pela Figura 19.

Figura 19 – Sistema série Volvo

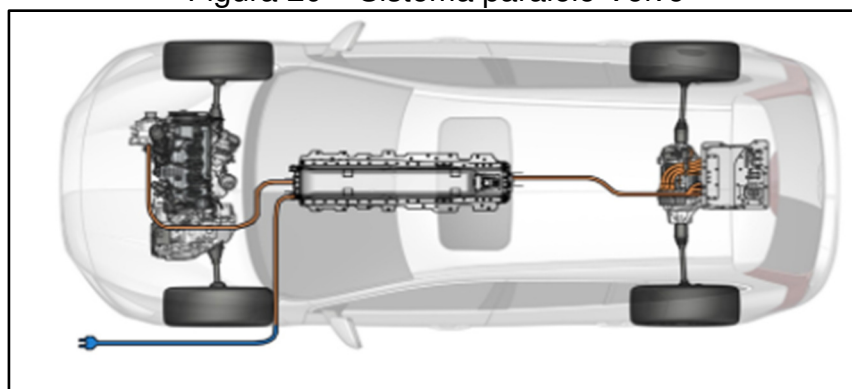


Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

### 3.2.2 Sistema híbrido paralelo

O MCI está conectado ao motor elétrico e todo o trabalho gerado é convertido em energia para bateria de alta tensão, porém nesta configuração a propulsão do veículo, pode ser executada tanto pelo motor elétrico como pelo MCI, conforme a estratégia apresentada na Figura 20.

Figura 20 – Sistema paralelo Volvo



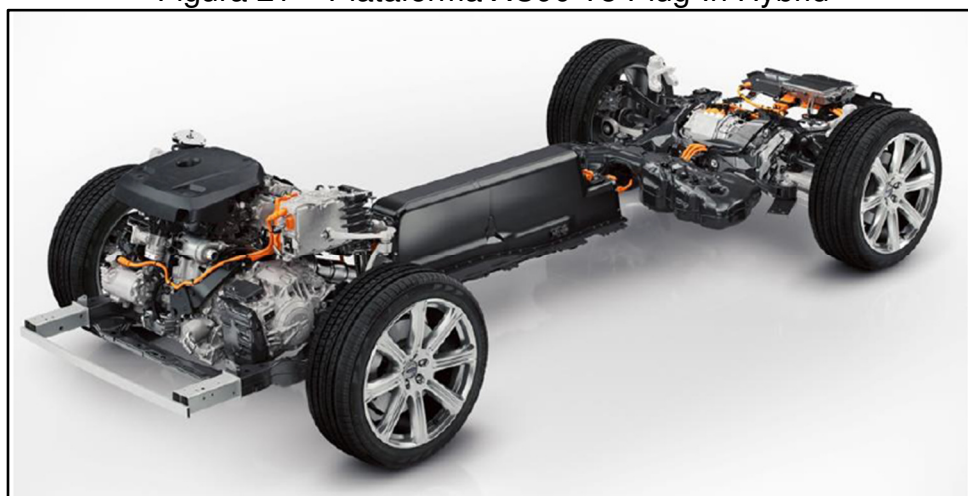
Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

### 3.2.3 Apresentação do Sistema e seus componentes

A Figura 21 apresenta a Volvo XC90 T8 *Plug-In Hybrid* que possui dois níveis de tensão:

- O sistema de 12V convencional, responsável por toda a alimentação elétrica, bem como suas unidades de controle.
- Um sistema de alta tensão com uma bateria de 400V, usada para os componentes relacionados ao sistema híbrido.

Figura 21 – Plataforma XC90 T8 Plug-In Hybrid



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

O XC90 T8 *Plug-In Hybrid* não possui alternador e motor de arranque convencional. O sistema foi desenvolvido com um conversor de corrente contínua (DC/DC - *Direct Current Direct Current*) que converte em 400V para o sistema de alta tensão e 12V para o sistema de baixa tensão. O gerador está localizado entre o MCI e a transmissão.

Comparando o modelo híbrido com o modelo convencional os volumes de carga são iguais, no entanto existe uma diferença no desempenho, consumo de combustível e pesos. A versão híbrida tem 290 kg a mais comparada ao modelo não eletrificada. Os componentes que foram adicionados são:

- A bateria de alta tensão;
- O motor elétrico, localizada no eixo traseiro;
- O gerador/motor, localizado no eixo traseiro.

Os detalhes destas modificações estão indicados nos Quadros 17, 18 e 19.

Quadro 17 - Pesos

Modelo	Tara: mín. (kg)	Tara: máx. (kg)	Peso total: máx. (kg)	Distribuição do peso, tara traseira/dianteira (%)		Peso do atrelado: máx. (kg)	Carga do tejadilho máx. (kg)
				53	47		
T8, 7 lugares*	2296	2362	3010	53	47	2400/2700	100
T6, 7 lugares	2004	2137	2750	53	47	2400/2700	100

Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

Quadro 18 - Desempenho

Modelo	Velocidade máxima (limitada)*	Aceleração 0-100 km/h (segundos)
T8, 7 lugares	230 km/h	5,9
T6, 7 lugares	230 km/h	6,5

Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

Quadro 19 - Especificações

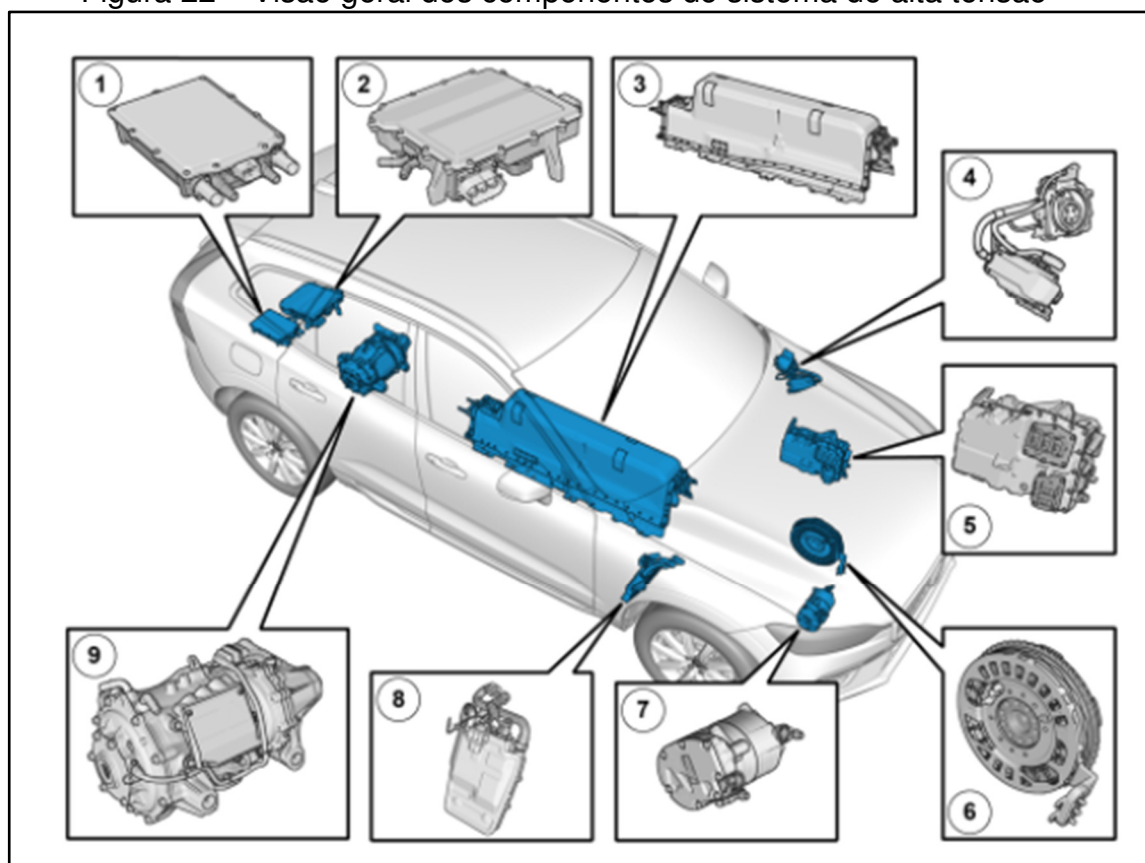
	XC90 T8 EU	XC90 T8 EUA	XC90 T6
Motor de combustão interna	B1APHEV (BA)	B1BPHEV (BC)	B4204T27 (A2)
Potência, cv	318/6000 rpm	310/6000 rpm	320/5700 rpm
Binário, Nm/rpm	400/2200-5400	400/2200-5400	400/2200-5400
Motor, eléctrico	ERAD		-
Saída de potência, binário ERAD	82 hp/240 Nm	80 hp/240 Nm	-
Performance da transmissão, rendimento, hp	400 (318+82)	390 (310+80)	320
Performance da transmissão, binário, Nm	640 (400+240)		400
Tipo de bateria	Iões de lítio		-
Bateria, energia utilizável, kWh	6,7		-
Bateria, conteúdo de energia total, kWh	9,2		-
Caixa de velocidades	TG81-SD		TF80-SD
Aceleração 0-100 km/h, segundos	5,9 (Power)		6,5
Velocidade máx., km/h	170*/230		230
Volume do depósito do combustível, litros	50		60/71
Consumo de combustível, litros/100 km	2,5		7,7
Emissões de CO <sub>2</sub> (NEDC), g/km	59		179
Classificação de emissão	Euro 6	TZEV	Euro 6

Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015



Dentre vários tópicos importantes para Volvo está a segurança, de modo que a localização dos componentes é essencial para a proteção dos usuários bem como para o sistema, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 – Visão geral dos componentes do sistema de alta tensão



1. Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

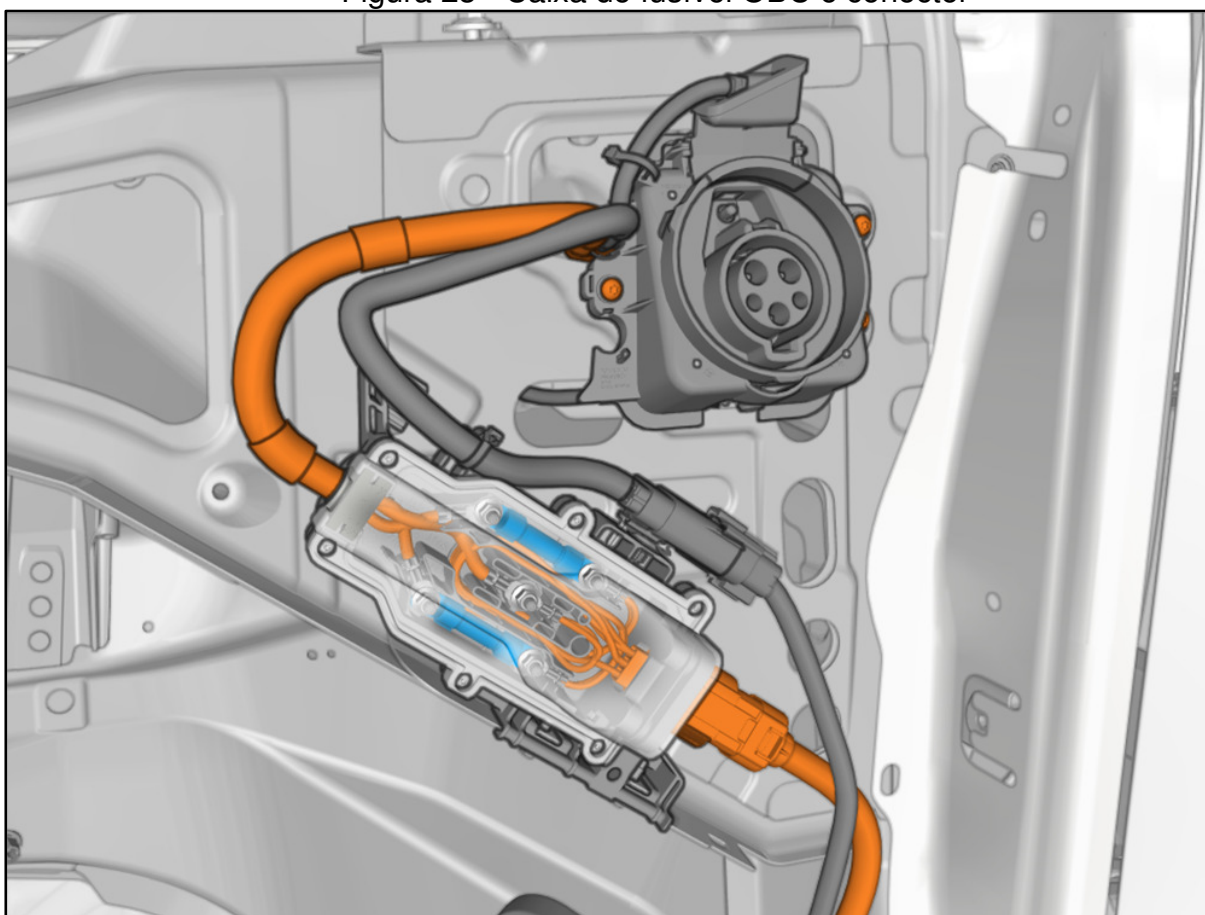
2. Carregador a Bordo (OBC)
3. Módulo ERAD do Inversor (IEM)
4. Bateria de alta tensão, 400 VCC
5. Tomada para veículo elétrico (EVI)
6. Conversor combinado DCDC (CIDD)
7. Gerador do Motor de Arranque Integrado na Cambota (CISG)
8. Compressor de AC Elétrico (ELAC)
9. Aquecedor de Alta Tensão do líquido de arrefecimento (HVCH)
10. Eixo traseiro com motor elétrico (ERAD)

### 3.2.4 OBC Módulo de carregamento de bordo

O OBC é o módulo responsável por direcionar a corrente alternada da rede elétrica bifásica ou trifásica para a bateria de alta tensão. A tensão de entrada opera entre 220VAC a 380VAC e a tensão de saída é de 400VCC com potência de 3,7 kW.

No Brasil o modelo adotado de conexão a rede externa é o T2. E para proteger o módulo OBC foi instalado dois fusíveis de proteção de 20<sup>a</sup>, conforme mostrado na Figura 23.

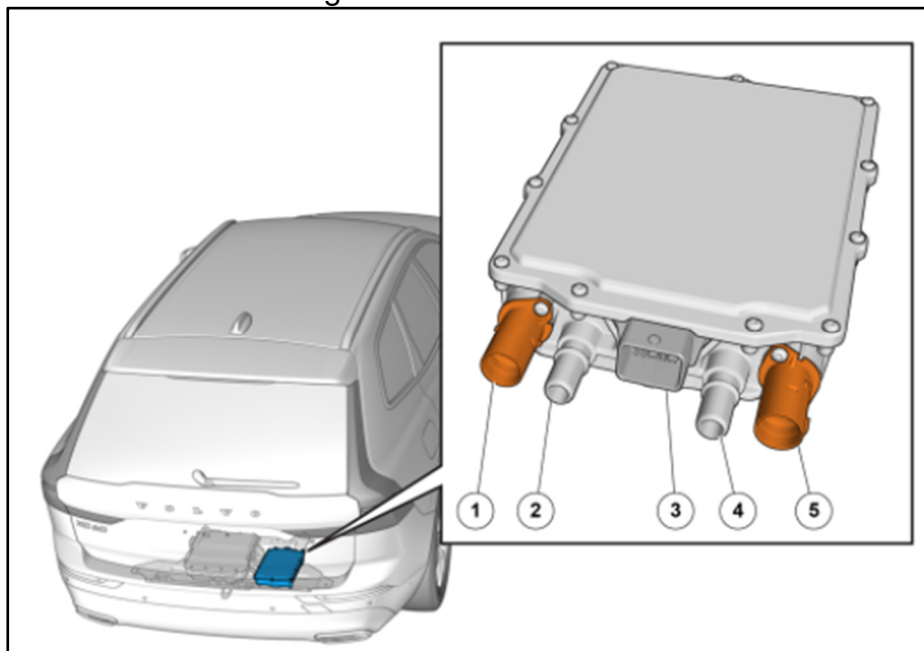
Figura 23 - Caixa de fusível OBC e conector



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

O módulo OBC está instalado na região traseira e acima do eixo, conforme a Figura 24.

Figura 24 - Módulo OBC



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

- (1) Conector CA de alta tensão, tomada para veículo elétrico (EVI).
- (2) Ligação de arrefecimento, entrada.
- (3) Conector de comunicação.
- (4) Ligação de arrefecimento, saída.
- (5) Conector CC de alta tensão, bateria de alta tensão.

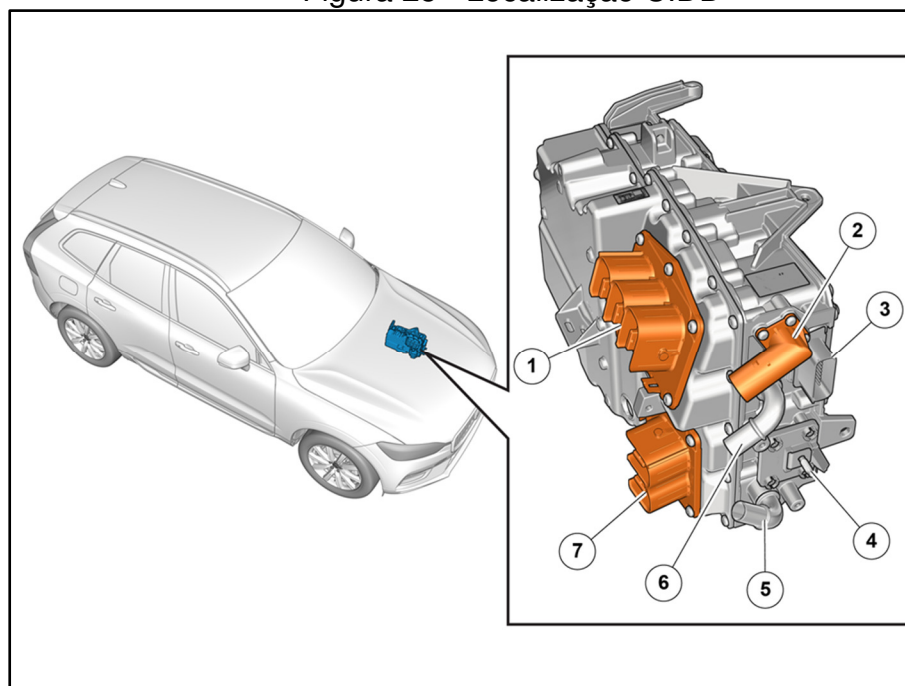
### 3.2.5 Módulo IGM (Inverter Generator Module)

O módulo IGM tem duas principais funções, controlar os módulos CISG (*Crankshaft Integrated Starter Generator*) e ELAC (*Electric AC Compressor*), e retificar a energia gerada para os sistemas de alta e baixa tensão. O sistema consegue lidar com tensões de 270 VAC a 430 VAC, tanto no modo gerador de energia como no modo motor propulsor e corrente máxima de 125A.

Para garantir a *performance* de funcionamento do módulo IGM, há um sistema de arrefecimento dedicado, contudo o desempenho é comprometido se a temperatura de trabalho for superior a 70°C.

Ele está localizado na região dianteira do veículo, conforme apresentado na Figura 25.

Figura 25 - Localização CIDD



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

- (1) Conector de alta tensão, Gerador do motor de arranque Integrado no eixo de manivelas (CISG).
- (2) Conector de alta tensão, Compressor AC elétrico (ELAC).
- (3) Conector de comunicação.
- (4) Terminal de contato, 12 VCC.
- (5) Ligação de arrefecimento, entrada.
- (6) Ligação de arrefecimento, saída.
- (7) Conector de alta tensão, bateria de alta tensão.

### 3.2.6 Motor ERAD

O motor ERAD (*Electric Rear Axle Drive*), apresentado na Figura 26, está instalado no eixo traseiro e é responsável pela propulsão do veículo quando o usuário seleciona o modo puramente elétrico.

Figura 26 - Motor Elétrico ERAD



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

A potência máxima gerada é de 65 kW e sua massa é de 7,9 kg. Trabalha com tensão trifásica e quando em desaceleração do veículo ele se comporta como gerador, direcionando o fluxo de energia para o módulo IEM. A corrente máxima de trabalho é de 300A, e possui conectado em sua extremidade uma caixa diferencial que possibilita sua condução em todos os pisos e modos de utilização selecionados pelo usuário.

O módulo IEM fornece uma tensão alternada com frequência de 10kHz para alimentação das bobinas. O Quadro 19 apresenta demais dados técnicos.

Quadro 19: Dados técnicos motor ERAD

Potência máxima	65 kW
Binário máximo.	240 Nm
Corrente máxima	300 A
Velocidade de rotação máx.	13000 rpm
Peso	48,5 kg (106,9 lbs) (incluindo cabos de 3 fases)
Dimensões	Diâmetro: 250 mm (10 pol.), comprimento: 330 mm (13 pol.)

Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

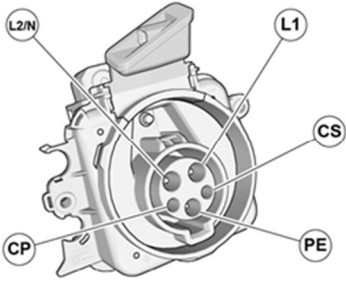
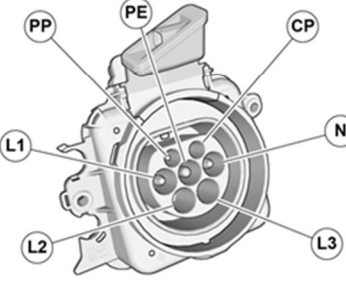
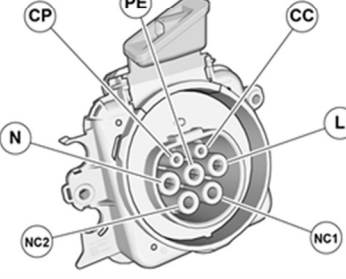
### 3.2.7 Tomada para veículo elétrico (EVI)

A tomada para veículo elétrico (EVI – *Electric Vehicle Input*) encontra-se atrás da tampa, no para-lama dianteiro esquerdo. A tampa abre-se pressionando a parte traseira da mesma, que a destrava e abre seu compartimento.

Os contatos EVI estão descarregados, o que permite sua limpeza. Possui aba de travamento além de parafusos para fixá-la no devido lugar quando o veículo estiver carregando. Tal mecanismo de travamento tem de ser engatado corretamente para que o carregamento inicie. Não é possível carregar se este mecanismo estiver danificado ou não funcionando.

Existem três tipos de conectores EVI apresentados no quadro 20, de acordo com cada mercado, sendo que no Brasil foi utilizado o modelo T2.

Quadro 20: Versões de tomadas EVI

Tipo	Mercado	Pino de Ligação
<p style="text-align: center;">1</p> 	<p style="text-align: center;">EUA, Canadá, México e Japão.</p>	<p style="text-align: center;">CP = Piloto de Controlo L2/N = Neutro L1 = Fase CS = Proximidade</p>
<p style="text-align: center;">2</p> 	<p style="text-align: center;">Europa e outros mercados.</p>	<p style="text-align: center;">L2 = Não utilizado L1 = Fase PP = Proximidade PE = Massa CP = Piloto de Controlo N = Neutro L3 = Não utilizado</p>
<p style="text-align: center;">3</p> 	<p style="text-align: center;">China</p>	<p style="text-align: center;">NC2 = Não utilizado N = Neutro CP = Piloto de Controlo PE = Massa CC = Proximidade L = Fase NC1 = Não utilizado</p>

Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

A EVI tem duas lâmpadas LED que indicam o estado atual durante o carregamento.

O quadro 21 apresenta uma descrição dos sinais luminosos, sendo: Branco, amarelo, verde e vermelho acendendo sempre que o sistema de carregamento estiver ativo. Isto inclui situações onde o carregamento não está ativo e as lâmpadas LED permanecerão acesas por algum tempo depois de o sistema de carregamento entrar em regime lento.

Quadro 21: Sinais luminosos

Sinal	Descrição
Branco fixo	Luz LED
Amarelo fixo	Em espera. O cabo de carregamento é encaixado na EVI, mas aguarda alguns segundos para início no carregamento. Isto ocorre, por exemplo, se o veículo estiver destrancado ou se a o conector de carregamento não estiver corretamente fixado na EVI.
Verde intermitente	Inicia o carregamento. A intermitência do Led tende a ser mais lenta conforme estiver mais próximo do carregamento total.
Verde fixa	Carregado. Apaga ao fim de algum tempo.
Vermelho fixo	O OBC detectou alguma falha no sistema de carregamento não permitindo que o mesmo ocorra.
Azul	Carregamento por temporizador.

Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

### 3.2.8 Compressor do ar-condicionado ELAC

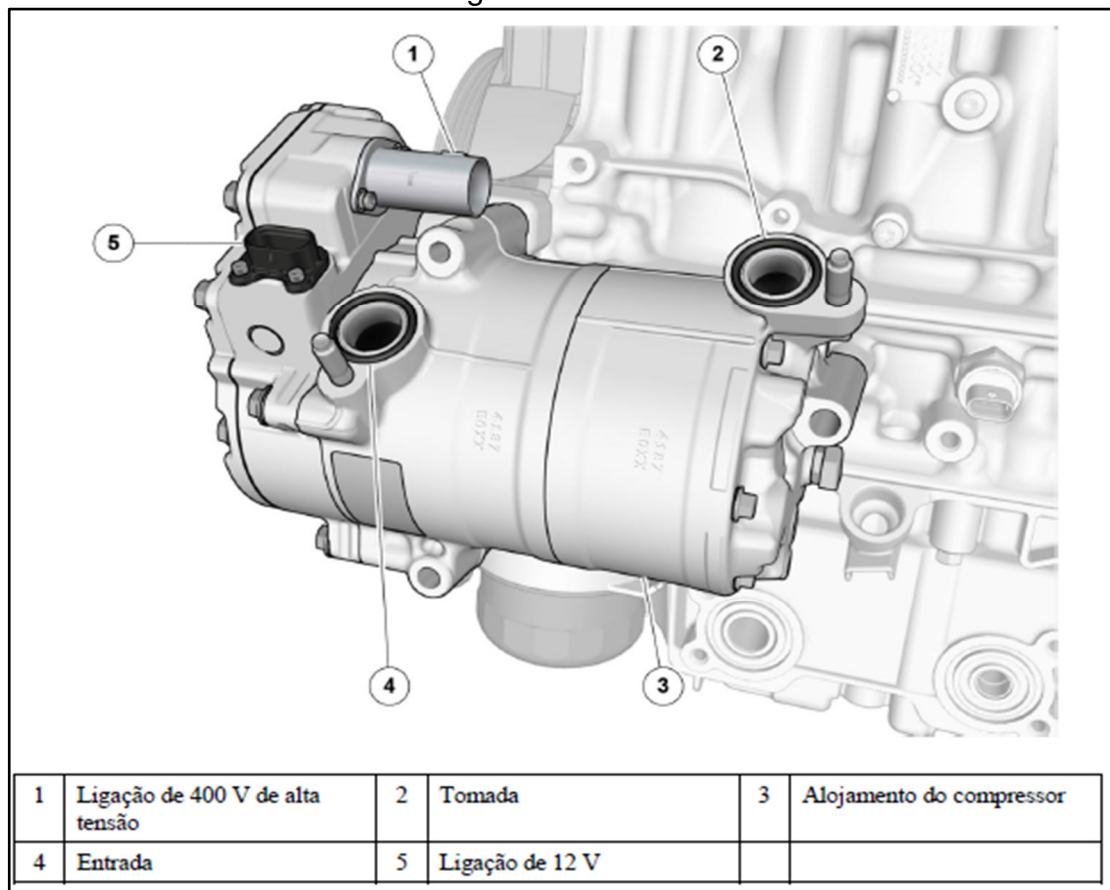
O compressor do ar-condicionado do sistema híbrido ELAC (Electric AC Compressor) trabalha com acionamento puramente elétrico. O motor de corrente alternada sem escova trabalha com uma tensão alternada de 400V trifásico. Quem faz a solicitação de acionamento do ELAC é o módulo ACCM.

- Consumo de energia eléctrica: 5 KW
- Saída de potência de arrefecimento: 8 KW
- Intervalo da velocidade de rotação: 700-8500 RPM
- Intervalos de tensão permitidos: 210 V-450 V
- Deslocação: 33 cm<sup>3</sup>.
- Líquido de arrefecimento R134a, peso: 1100 g.
- Grau do óleo: R134a.
- Volume de óleo: 120 cm.



O compressor do ar-condicionado do sistema híbrido ELAC (Electric AC Compressor) está mostrado na Figura 27.

Figura 27 - ELAC



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

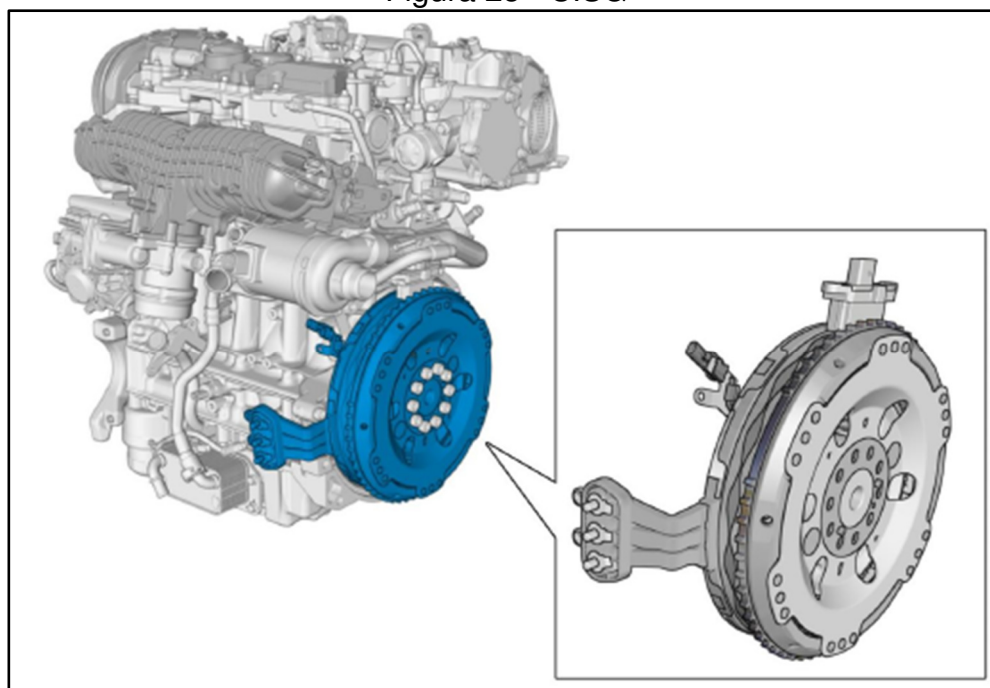
### 3.2.9 Motor e Gerador CISG

O motor gerador CISG (*Crankshaft Integrated Starter Generator*) é um motor síncrono de corrente alternada com a faixa de trabalho entre 270V a 430V, instalado entre o motor de combustão interna e a caixa de velocidades.

Em caso de substituição é necessário realizar a calibragem do sistema com equipamento de diagnóstico dedicado.

O motor gerador CISG mostrado na Figura 28.

Figura 28 - CISG



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

O CISG é utilizado como motor de arranque quando o motor a combustão está desligado e precisa entrar em funcionamento, gera eletricidade para o sistema de alta tensão e seus consumidores e é um apoio em determinados momentos de funcionamento do motor. As especificações técnicas estão no quadro 19.

Quadro 19 - CISG Especificações

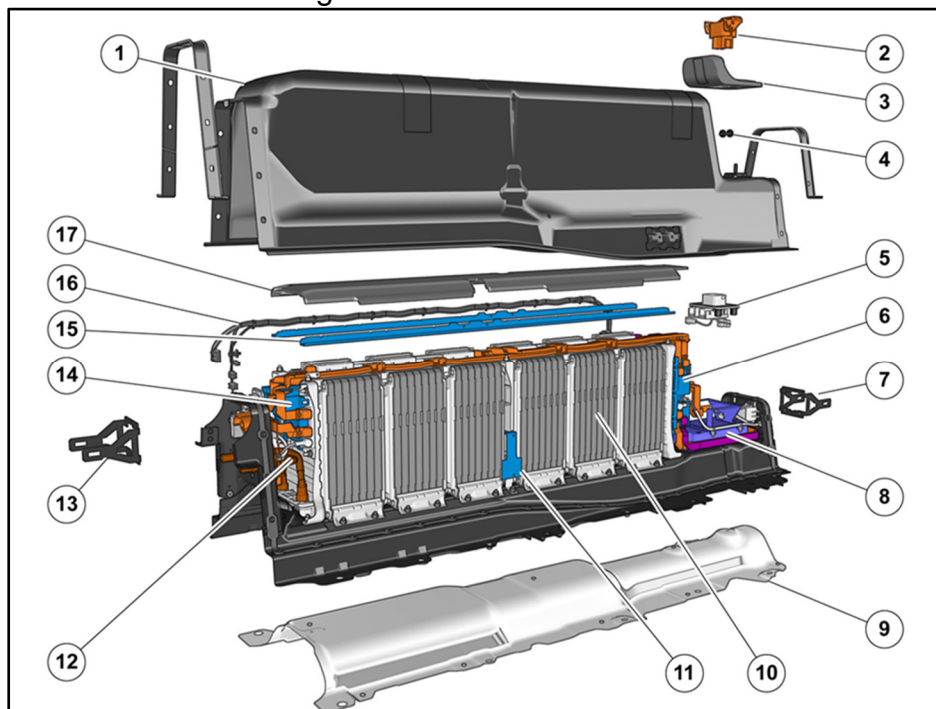
Especificações	
Potência máxima	34 kW
Binário máximo	180 Nm
Corrente máxima	285 A
Velocidade máxima de rotação	8000 rpm
Peso	Aprox. 20 kg
Dimensões	Diâmetro: 305 mm, largura: 69 mm

Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015



A Figura 30 apresenta partes e características da construção de uma bateria de alta tensão.

Figura 30 - Bateria de alta tensão



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

- (1) Invólucro
- (2) Desligamento Manual do Serviço (MSD)
- (3) Vedante para MSD
- (4) Grelhas de ventilação
- (5) Tomada para o MSD
- (6) Unidade de Corte da Bateria (BDU)
- (7) Suporte para cabos
- (8) Módulo de Comando da Monitorização da Carga da Bateria (BECM)
- (9) Proteção Térmica
- (10) Módulo da bateria
- (11) Travessa de colisão
- (12) Tubo do líquido de arrefecimento
- (13) Suporte para cabos
- (14) Suporte de fusíveis
- (15) Calha de carga
- (16) Cablagem de 12 V
- (17) Espaçador

A bateria de alta tensão é composta por seis módulos ligados em série, cada um com tensão nominal de aproximadamente 58V, o que fornece uma tensão total de 348V. Dependendo do estado de carga da bateria, a tensão pode variar entre 270V e 400V. Cada módulo da bateria consiste em 16 células ligadas em série. O número total de células na bateria de alta tensão é de 96.

O quadro 22 apresenta os dados técnicos de cada célula de bateria.

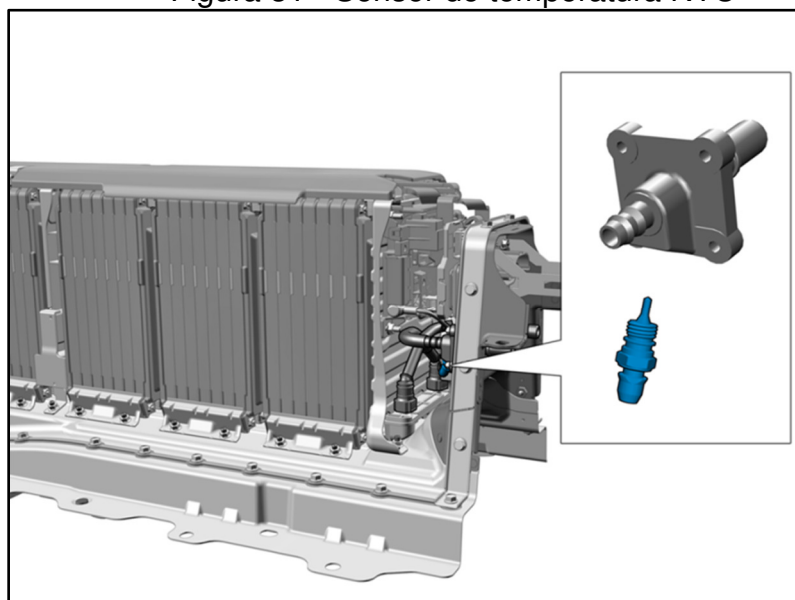
Quadro 22: Dados técnicos da célula de bateria

Tipo de célula	Ion-lítio
Capacidade das células	34 Ah
Tensão nominal da célula	Aproximadamente 3,62 V
Amplitude de tensão para SoC	Entre 15% e 95%
Energia armazenada	11,64 kWh
Energia utilizável	9,08 kWh
Peso	113 kg (249 lbs)
Dimensões	1586 x 395 x 446 mm (62,4 x 15,6 x 17,6 pol.) (comprimento x largura x altura)

Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

Um sensor de temperatura do tipo NTC está instalado na admissão do líquido de arrefecimento de acesso aos módulos da bateria, conforme apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Sensor de temperatura NTC



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

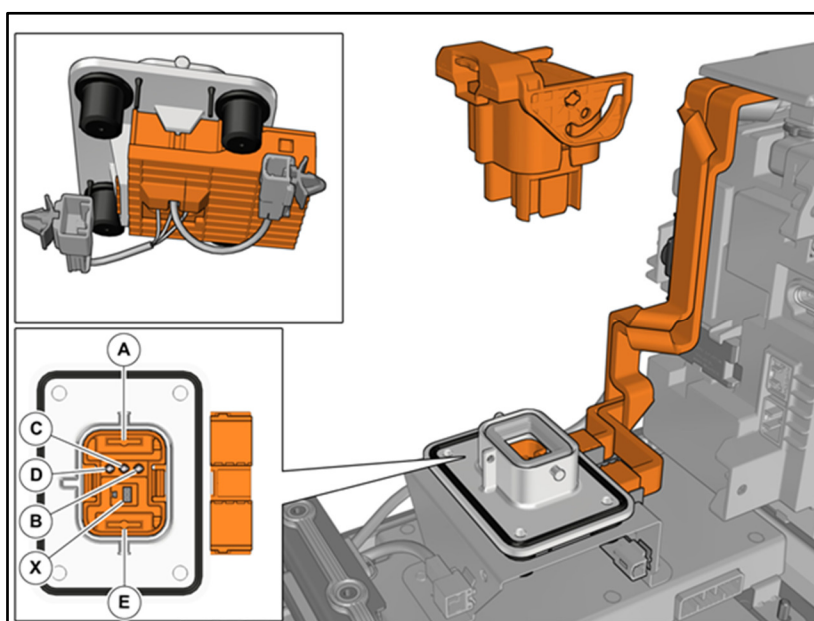
Caso seja necessário realizar alguma manutenção na bateria, é preciso que o profissional técnico remova o conector MSD (*Manual Service Disconnect*). Tal procedimento desliga a bateria, eliminando o risco de acidente.

A localização do conector MSD está entre o banco dianteiro e o traseiro, protegido por uma tampa plástica na região do console.

Após a sua remoção, para garantir o isolamento, deve-se colocar uma ferramenta especial impedindo a reconexão não autorizada e para permitir um diagnóstico nos componentes internos da bateria utilizar outra ferramenta.

O acesso ao conector MSD é apresentado na Figura 32.

.Figura 32 - Aspecto geral do MSD



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

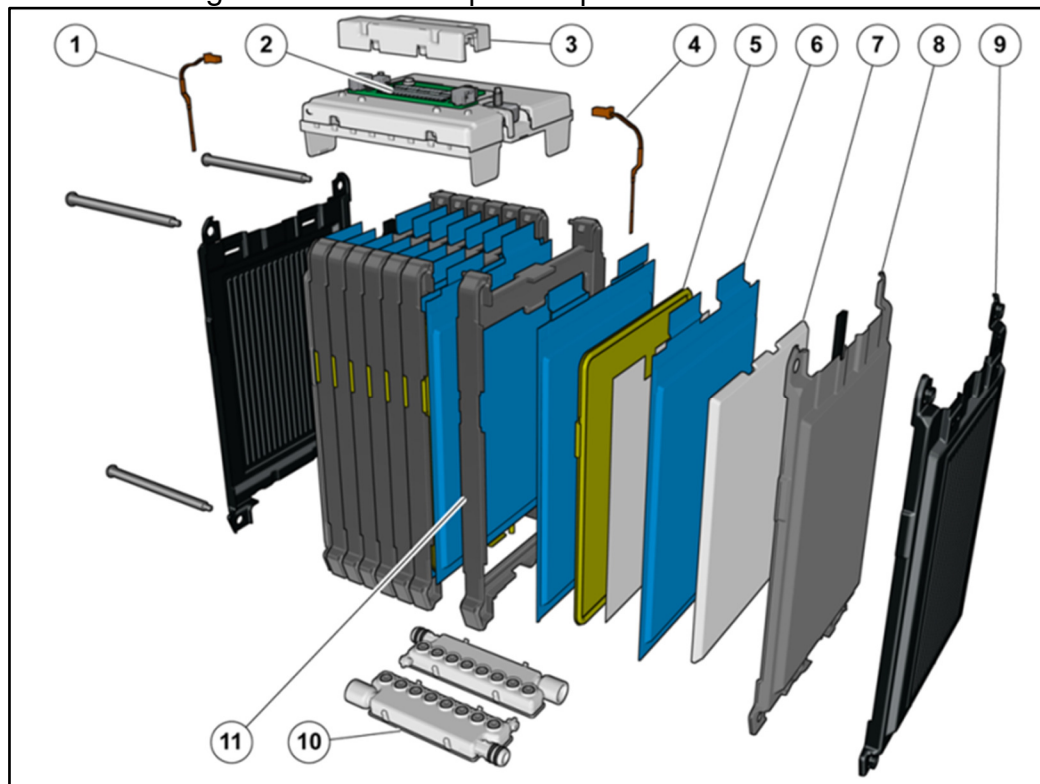
- (A) Para o polo negativo do módulo da bateria D, tomada de teste A.
- (B) Tomada de teste B.
- (C) Tomada de teste C.
- (D) Tomada de teste D.
- (E) Do polo positivo do módulo da bateria C, tomada de teste E.
- (X) Inter-bloqueio.

A tecnologia empregada nos módulos da bateria permite uma construção única, as baterias atuais possuem 16 células ligadas em séries, essas células são do tipo de polímero de íon-lítio. A energia armazenada pelas células da bateria é extraída pelo movimento entre os elétrodos na bateria.

O ânodo das células é em grafite (carbono), cátodo é em óxido de metal com uma mistura de íon-lítio. O eletrólito é composto por uma solução orgânica de vários carbonatos (sais), entre outros. A consistência do eletrólito é equivalente a um gel. Um separador em plástico separa o ânodo do cátodo. Para efetuar o processo de arrefecimento, existe um dissipador de calor montado entre as células. O dissipador de calor é por sua vez arrefecido por um líquido de arrefecimento que é encaminhado por uma serpentina que circula o fluido de transferência de calor.

A tensão de cada célula varia conforme o SoC entre 2,8 V e 4,2 V. A Figura 33 apresenta a composição do conjunto completo do módulo da bateria de alta tensão.

Figura 33 - Módulo que compõe a bateria de alta tensão



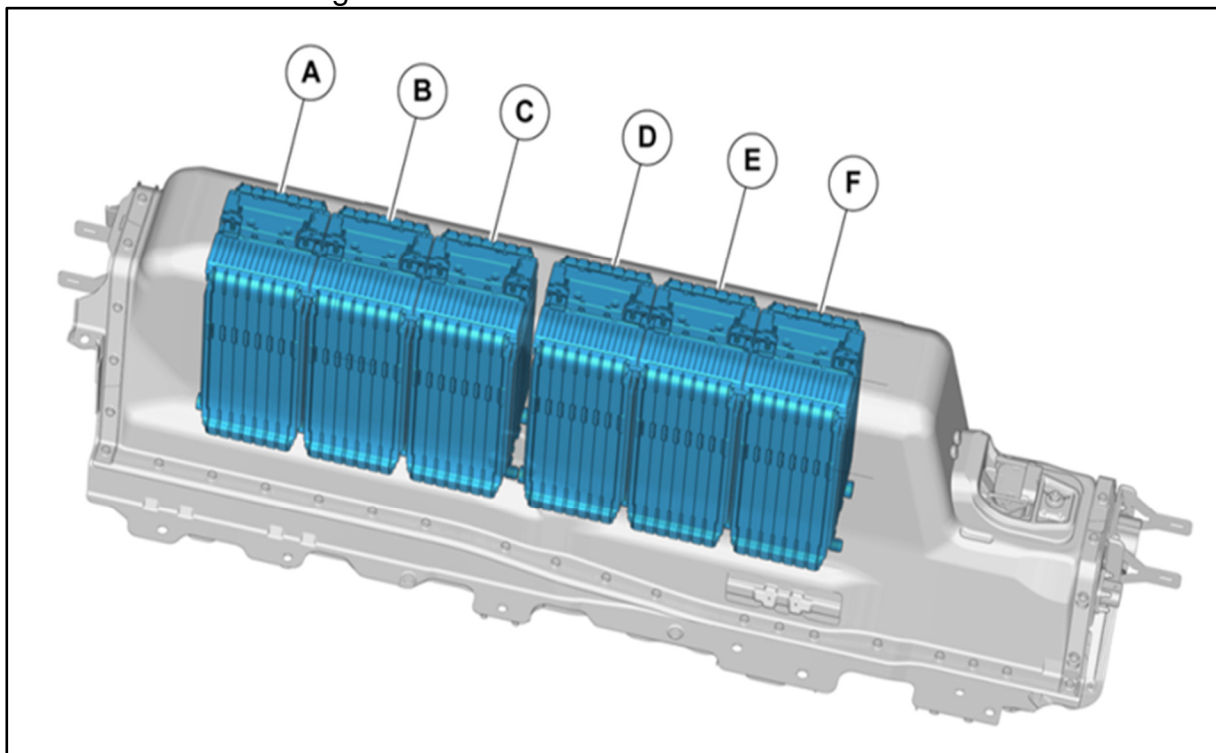
Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

- (1) Sensor de temperatura;
- (2) Tensão da Célula e Ponto de medição da Temperatura (CVTN);
- (3) Cobertura;
- (4) Sensor de temperatura;
- (5) Tubo de arrefecimento com dissipador de calor;
- (6) Célula;
- (7) Espaçador;
- (8) Placa de topo;
- (9) Face de topo;
- (10) Tubo de distribuição do líquido de arrefecimento;
- (11) Armação.



A Figura 34 mostra como estão posicionados cada um dos seis módulos da bateria.

Figura 34 - Posicionamento do módulo de bateria



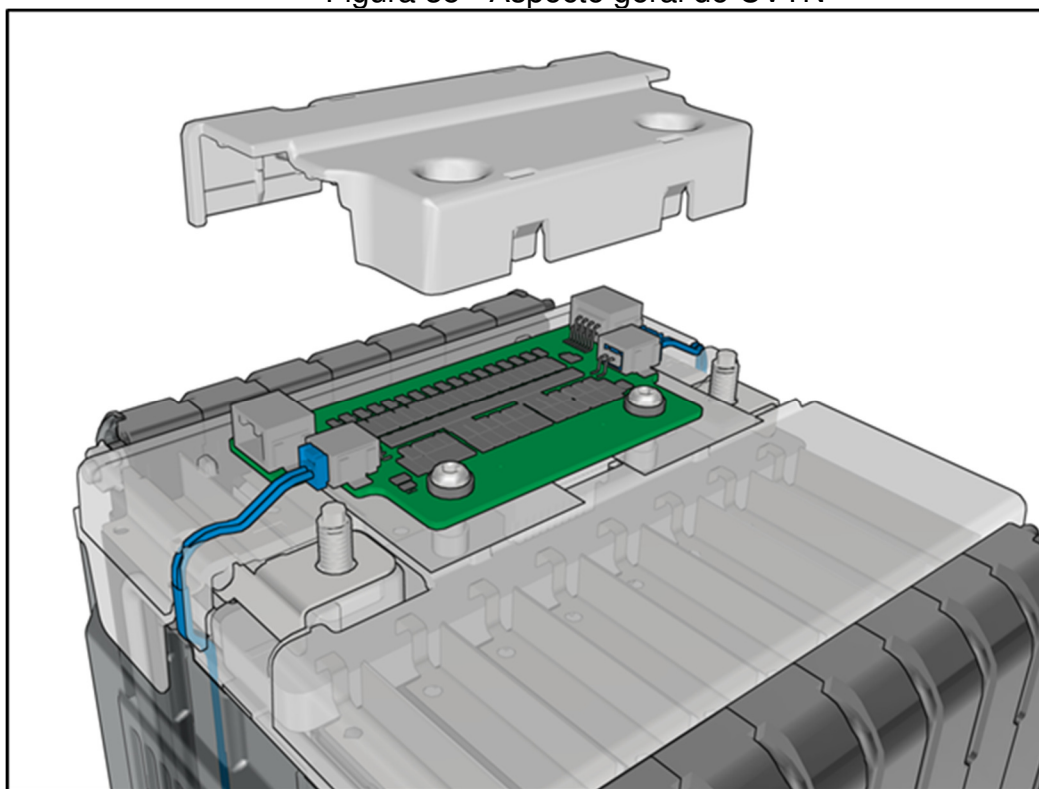
Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

- (A) Módulo da bateria A
- (B) Módulo da bateria B
- (C) Módulo da bateria C
- (D) Módulo da bateria D
- (E) Módulo da bateria E
- (F) Módulo da bateria F

Cada módulo da bateria está equipado com uma unidade de controle conhecido como módulo CVTN, representado na Figura 35, permitindo analisar as tensões individuais de cada célula e o estado da carga *State Of Charge* (SoC).

Também é possível controlar o balanceamento da carga conforme a solicitação do módulo BECM.

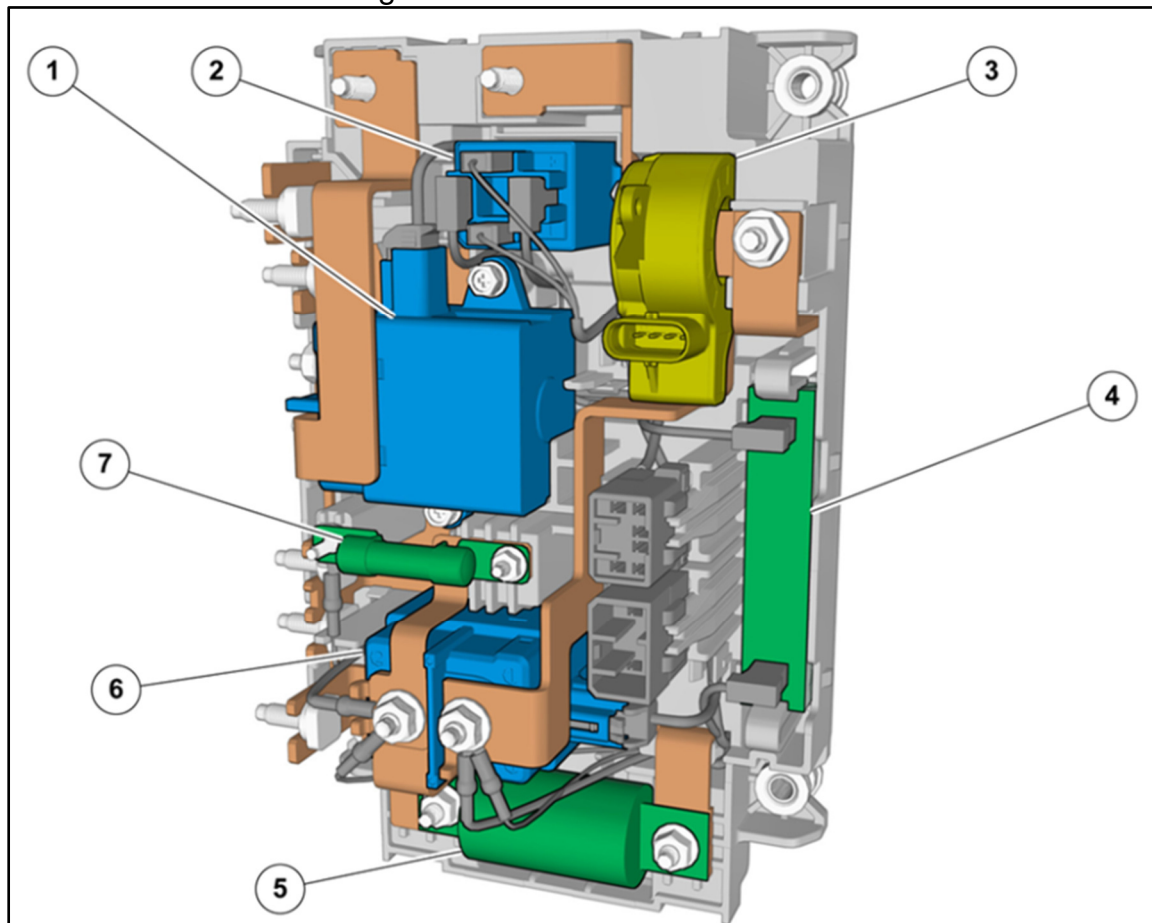
Figura 35 - Aspecto geral do CVTN



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

A unidade de corte da bateria (BDU) está localizada na extremidade traseira da bateria de alta tensão conforme apresenta a Figura 36. O medidor de corrente mede a corrente da bateria de alta tensão e está ligado ao BECM.

Figura 36 - Unidade de corte da bateria

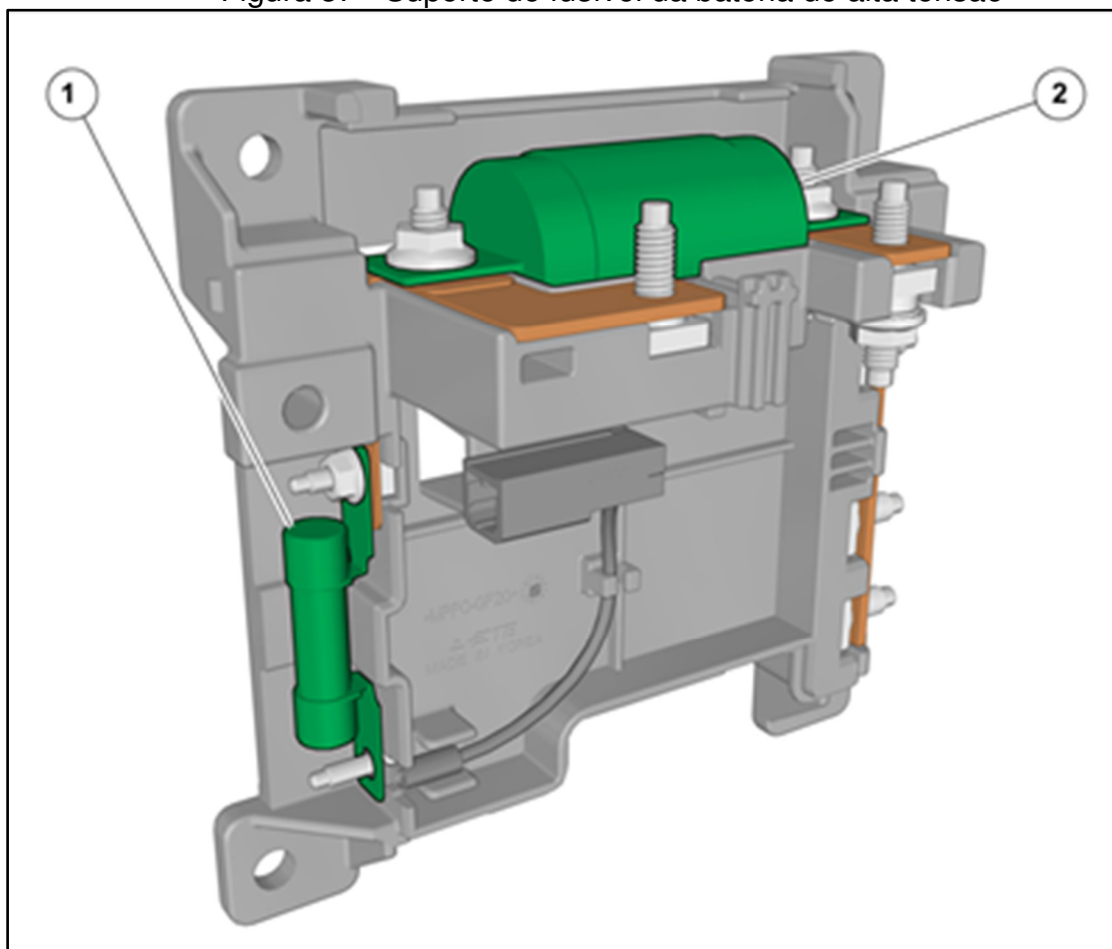


Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

- (1) Terminal de contato, negativo.
- (2) Terminal de contato, pré-carga.
- (3) Medidor de corrente elétrica.
- (4) Resistência de pré-carga, 50 W/25  $\Omega$ .
- (5) Fusível de 225 A, módulo ERAD do inversor (IEM) e acionamento do eixo traseiro elétrico (ERAD).
- (6) Terminal de contato, positivo.
- (7) Fusível de 20 A, Carregador a Bordo (OBC).

A Figura 37 apresenta o aspecto geral do suporte de fusíveis, incluindo fusíveis para os componentes de alta tensão na frente do veículo. O suporte do fusível encontra-se na extremidade dianteira da bateria de alta tensão.

Figura 37 - Suporte de fusível da bateria de alta tensão



Fonte: MSS, Competence Business Development, New Car Training NCT 1524, Theoretical Session, March 2015

- (1) Fusível de 40 A, aquecedor de alta tensão do líquido de arrefecimento (HVCH).
- (2) Fusível de 150 A, inversor combinado DCDC (CIDD).

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao comparar os sistemas da Porsche e da Volvo, verificamos que de modo geral a arquitetura dos sistemas híbridos possui pontos com a mesma característica de funcionamento e ao longo do tempo os maiores pontos de evoluções foram a estrutura de software e a capacidade de armazenamento da bateria.

Atualmente a maior dificuldade dos veículos híbridos é a autonomia da bateria quando a condução é realizada somente no módulo elétrico somando com o alto tempo de carregamento. Esse será o próximo desafio da indústria automobilística além da infraestrutura dos países subdesenvolvidos

Ao comparar as tecnologias utilizadas em campo em relação aos conceitos mencionados em estudos, entendemos de forma mais precisa a tendência do mercado bem como a curva da vida útil desses sistemas.

Nos próximos cinco anos vão ter dados suficientes para validar quais os componentes trouxeram os melhores resultados e assim determinar o melhor modelo de negócio para o processo de eletrificação dos veículos.

### 4.1 Sugestão para trabalhos futuros

Como o mercado de veículos híbridos e elétricos ainda não está definido em relação às quais tecnologias utilizar, sugere-se para trabalhos futuros, o estudo sobre:

- A eficiência dos motores elétricos;
- A unidade de gerenciamento dos sistemas híbridos;
- Os sistemas de segurança;
- E estudo sobre os carregadores.

Acredita-se que tais estudos possibilitem o processo de ampliação dessas tecnologias, principalmente para mercados emergentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M. **Em 2030, Tóquio ainda será a maior do mundo, mas São Paulo, Cidade do México e Nova York perderão posições para novas megalópoles africanas e asiáticas.** VEJA [online]. São Paulo. Jul, 2014. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/blog/cidades-sem-fronteiras/em-2030-toquio-ainda-sera-a-maior-do-mundo-mas-sao-paulo-cidade-do-mexico-e-nova-york-perderao-posicoes-para-novas-megalopoles-africanas-e-asiaticas/>. Acesso em 22 nov. 2021.

Porsche. **Cayenne S Hybrid** – Apostila de treinamento. 2013.

CET. Companhia de Engenharia de Tráfego. **Relatórios Corporativos.** Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/sobre-a-cet/relatorios-corporativos.aspx>. Acesso em 17 out. 2021.

COP26. Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas. **ONU lembra corrida contra o tempo para salvar planeta.** Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/11/1770282> . 23 nov. 2021.

DER. Departamento de Estradas de Rodagem. **Webrota.** Disponível em: <http://200.144.30.104/website/webrota/viewer.htm>. Acesso em 19 set. 2021.

DETRAN. Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo. **Estatísticas de Trânsito.** Disponível em: <https://www.detran.sp.gov.br/wps/wcm/connect/portaldetran/detran/detran/estatisticastransito/sa-frotaveiculos/d28760f7-8f21-429f-b039-547c8c46ed1>. Acesso em 19 set. 2021.

DISCOVERY CHANEL. **Brasil Soluções para o Trânsito de São Paulo.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dGSdnIOuZvk&t=1167s>. Acesso em 21 jul. 2021.

EMPLASA. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. **Região Metropolitana de São Paulo.** Disponível em: <https://emplasa.sp.gov.br/RMSP>. Acesso em 22 nov. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama São Paulo.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>. Acesso em 15 jun. 2021.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Comissão de Acompanhamento e Avaliação do PROCONVE.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/control-de-emissoes-veiculares/comissao-de-acompanhamento-e-avaliacao.html> . Acesso em: 06 out. 2019.

MSS, Competence Business Development, **New Car Training NCT 1524**, Theoretical Session, March 2015

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 19 nov. 2019.

Porsche Copyright by Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG – **Información sobre formación**

TRANSPORT OF LONDON. **Tube and Rail.** Disponível em: <https://tfl.gov.uk/maps/track?intcmp=40400>. Acesso em: 19 nov. 2019.

WMO. WOLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **High-level synthesis report of latest climate science information convened by the Science Advisory Group of the UN Climate Action Summit 2019.** Disponível em: [https://public.wmo.int/en/resources/united\\_in\\_science](https://public.wmo.int/en/resources/united_in_science). Acesso em 19 nov. 2020.