

# COMO CONVERTER O SEU CARRO PARA ELÉTRICO

*Um caso de sucesso!*



**Elifas Gurgel**

Nesse trabalho, é apresentado um modelo de conversão de um veículo movido a motor de combustão interna para totalmente elétrico.

O autor procurou apresentar de forma didática o trabalho realizado, de forma que uma pessoa, com conhecimentos básicos de mecânica e eletricidade, possa também realizar a sua própria conversão.

Após a introdução, é feita uma apresentação de alguns fundamentos da eletricidade básica, e das forças que atuam em um veículo em movimento, para facilitar o entendimento do trabalho desenvolvido.

O aspecto de segurança foi ressaltado como fator essencial. As atividades de planejamento da conversão assim como da escolha do veículo são apresentadas com bastantes detalhes.

A preparação do veículo é tão importante quanto à atividade da conversão em si. Portanto, esses assuntos são apresentados detalhadamente.

No capítulo que trata dos componentes utilizados na conversão, encontram-se as suas descrições e especificações técnicas.

Após a descrição dos componentes, são apresentados os procedimentos para a execução da instalação dos dez sistemas que compõem o veículo convertido.

São colocadas ainda as dicas de condução segura do veículo e as atividades referentes à manutenção.

Para finalizar, é apresentada a legislação relativa à regularização do veículo convertido junto às autoridades de trânsito.

Consta ainda em um apêndice, os desenhos técnicos de todos os componentes necessários para a conversão.



Elifas Gurgel nasceu em Fortaleza, Ceará, onde viveu até os 20 anos de idade. Coronel da reserva do Exército Brasileiro e Engenheiro de Computação, graduado pelo Instituto Militar de Engenharia, reside em Brasília desde 1990.

No Exército, atuou como oficial de Artilharia e na área de Tecnologia da Informação. Chefiou o 1º Centro de Telemática de Área, em Porto Alegre-RS, e serviu no Ministério da Defesa na Secretaria responsável pelas comunicações militares por satélite.

Ao passar para a Reserva, e atuar em destacados cargos públicos, o engenheiro Elifas Gurgel, percebendo a crescente preocupação mundial com a questão ambiental, notadamente no que se refere à poluição causada pelos meios de transporte que utilizam combustíveis fósseis como fonte de energia, deu início, em 2006, ao projeto de eletrificação de veículos.

Assim, em 2008, esteve na cidade de Lake Wylie, localizada no estado norte-americano de Carolina do Sul, e trouxe para o Brasil a tecnologia para realizar transformações de veículos para motor elétrico.

No site [www.clubedocarroelettrico.com.br](http://www.clubedocarroelettrico.com.br), por meio do qual já recebeu mais de 6.000 mensagens, o engenheiro Elifas Gurgel, divulga o seu trabalho de sucesso, que é a transformação de um VW Gol 2008/2009, que já foi homologado pelo Departamento Nacional de Trânsito – Denatran para circular em vias públicas.

[contato@clubedocarroelettrico.com.br](mailto:contato@clubedocarroelettrico.com.br)



O que levou Elifas Gurgel a dedicar a maior parte de seu tempo livre, e também parte de seu orçamento, ao projeto de um carro ecológico foi a preocupação com os malefícios ambientais causados pela emissão de gases tóxicos na atmosfera, oriundos de motores a explosão. No entanto, os benefícios dos veículos elétricos são inúmeros: não emitem gases tóxicos, não causam poluição sonora e proporcionam expressiva economia tanto de combustível - até 80% - quanto de manutenção. O dono de um carro movido a eletricidade não precisa trocar velas, filtros e óleos, nem se preocupar com eventuais avarias no sistema de injeção, arrefecimento, catalisador ou quaisquer peças envolvidas na combustão.

O Gol Elétrico não faz feio frente a qualquer outro veículo movido por motor a combustão. O visual externo está impecável, sem alterações que indiquem ser um carro convertido; já no seu interior, o espaço interno está preservado, o único diferencial fica por conta do amperímetro e do voltímetro instalados junto ao painel. A recarga do veículo é muito simples, basta ligar o cabo de alimentação a uma tomada comum, com a mesma praticidade que recarregamos nossos celulares.

No período de 30 de maio a 3 de junho de 2010, Elifas Gurgel participou do 10º Challenge Bibendum, evento de mobilidade sustentável que ocorreu na cidade do Rio de Janeiro, a convite da Michelin, promotora do evento. Na participação dos Testes Técnicos e Rali, o Gol Elétrico recebeu três prêmios. Um na categoria ambiental, o prêmio de menor ruído e dois na categoria de desempenho, os prêmios de melhor aceleração e melhor dirigibilidade.

Atualmente o veículo já rodou cerca de 93.000 km, deixou de lançar na atmosfera cerca de 15.800 kg de CO<sub>2</sub>.

Assim, esse livro irá lhe ajudar a converter o seu carro para 100% elétrico e, conseqüentemente, contribuir para a preservação do meio ambiente.

COMO CONVERTER O SEU CARRO PARA ELÉTRICO

**ELIFAS CHAVES GURGEL DO AMARAL**

**COMO CONVERTER O SEU CARRO  
PARA ELÉTRICO**

1ª edição

Brasília

Edição do Autor

2018

© 2018 by Elifas Chaves Gurgel do Amaral

Direitos reservados a Elifas Chaves Gurgel do Amaral. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida ou usada de qualquer forma ou qualquer meio, eletrônico ou mecânico, sem a permissão do autor.

Texto e organização: Elifas Chaves Gurgel do Amaral

Capa: Andreza Silva

Fotografia da capa: Jéssica Gurgel e Priscila Carvalho

Formatação e diagramação: Elifas Chaves Gurgel do Amaral

Revisão: Ruy Davi de Góis

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-924741-0-2



9 788592 474102

## *A quem dedico*

Dedico este trabalho a Deus, que com sua infinita sabedoria, foi um importante guia para o meu trabalho.

À minha mãe Isabel, que já se foi, mas continua sendo minha maior força e inspiração na vida.

À Ulonha, esposa, filhos Roseli, Paulo Elifas, Jéssica e Ingrid, ao genro Airton, à nora Priscilla e aos netos Manuela, Mateus e Pedro, pelo apoio e compreensão pelos momentos dedicados a este livro.

## **Prefácio**

Neste livro sucinto, mas completo, o Engenheiro Elifas Gurgel, depois de muita pesquisa, tempo de planejamento e uma experiência de sucesso, reuniu todo o conhecimento e informações necessárias para você estar apto a realizar a transformação de um veículo movido a motor de combustão interna para motor elétrico.

Você não só vai conhecer como funciona um veículo movido à eletricidade, com todas as suas partes explicadas, mas também vai saber como planejar e executar a transformação em praticamente qualquer veículo, e também fazer a regularização do mesmo junto ao Denatran. Dentre os conceitos mostrados no livro, você vai aprender sobre os aspectos legais e de segurança, a escolha, o planejamento e a preparação do veículo, assim como também a descrição de todos os componentes necessários e a instalação no mesmo. Por fim, depois da transformação, saberá fazer o bom uso, manutenção e ter o prazer de dirigir o seu novo veículo elétrico, limpo e completamente silencioso.

Este livro, bem documentado e ilustrado, baseado em uma transformação bem sucedida e reportada em várias mídias pelo país, foi feito para você que se preocupa com o meio ambiente, se interessa por veículos elétricos, ou deseja atuar neste novo e promissor segmento.

O futuro chegou e você pode fazer parte dele!

Eng. Flávio Azevedo Alexandre



## Sumário

1. Introdução.....	17
1.1 Por que veículo elétrico? .....	19
1.2 Classificação dos veículos elétricos .....	21
1.3 Impacto no sistema elétrico brasileiro .....	23
2. Conceitos teóricos .....	26
2.1 Fundamentos da eletricidade básica.....	26
2.2 Forças que atuam em um veículo em movimento .....	32
2.3 Escolha do motor.....	35
2.4 Escolha do controlador .....	36
3. Aspectos de segurança para realizar a conversão.....	37
4. Antes de começar a sua conversão.....	40
4.1 Planeje .....	41
4.2 Alocação dos componentes no veículo .....	43
4.3 Banco de baterias.....	43
4.4 Cabeamento dos circuitos .....	45
4.5 Integridade do veículo .....	46
5. Escolha do veículo a ser convertido.....	47
5.1 Autonomia desejada .....	47
5.2 Desempenho desejado .....	48

5.3	Facilidade de manutenção.....	48
5.4	Investimento a ser realizado .....	48
5.5	Facilidade de acomodação dos componentes .....	49
5.6	Acessórios originais que poderão ser aproveitados.....	49
5.7	Facilidade de conversão.....	49
6.	Planejamento da conversão.....	50
6.1	Principais atividades .....	50
6.2	Ferramentas .....	52
7.	Preparação do veículo para a conversão .....	53
7.1.	Remoção do motor de combustão interna e de seus sistemas ...	53
7.2.	Preparação da plataforma de controle.....	54
7.3.	Preparação do compartimento do motor .....	54
7.4.	Banco de baterias da parte traseira.....	55
7.5.	Compartimento interno do passageiro .....	55
7.6.	Suspensão .....	56
8.	Descrição dos componentes.....	57
8.1.	Baterias.....	57
8.2.	Sistema de gerenciamento do banco de baterias (BMS) .....	59
8.3	Carregador de baterias .....	62
8.4	Shunt .....	62
8.5	Fusíveis.....	63
8.6	Cabos, fios e conectores .....	64

8.7	Motor.....	65
8.8	Controlador.....	67
8.9	Conversor CC–CC.....	69
8.10	Contactora.....	69
8.11	Bomba de vácuo.....	70
8.12	Voltímetro e amperímetro.....	71
8.13	Interruptor inercial.....	71
8.14	Acoplamento do motor.....	72
8.15	Flange de acoplamento do motor.....	73
8.16	Acelerador mecânico ou <i>Pot Box</i> .....	73
8.17	Acelerador eletrônico.....	74
8.18	Relé.....	74
9.	Executando a instalação dos sistemas.....	76
9.1	Sistema de tração.....	77
9.2	Sistema de controle.....	83
9.3	Sistema de baterias.....	90
9.4	Sistema de carga do banco de baterias.....	97
9.5	Sistema de gerenciamento do banco de baterias - BMS.....	100
9.6	Sistema de carga da bateria auxiliar.....	119
9.7	Sistema de monitoramento da carga do banco de baterias.....	120
9.8	Sistema de assistência dos freios.....	121
9.9	Sistema de proteção dos circuitos.....	122

9.10 Sistema de suspensão.....	124
10. Acabamento, condução segura e manutenção.....	126
10.1 Acabamento .....	126
10.2 Condução segura .....	128
10.3 Manutenção do veículo convertido .....	129
11. Regularização .....	131
12. Referências.....	138
12.1 Livros .....	138
12.2 Manual.....	138
12.3 Estudos e Pesquisas .....	138
12.4 Principais <i>sites</i> .....	138

## Lista de figuras

Figura 1 – Veículo Elétrico Híbrido – Paralelo .....	22
Figura 2 – Veículo Elétrico Híbrido – Série .....	22
Figura 3 – Forças que atuam em um veículo em movimento .....	32
Figura 4 – Curva típica do motor FB1–4001A .....	36
Figura 5 – Bateria CALB 180 AHA .....	58
Figura 6 – Curva de descarga da bateria .....	59
Figura 7 – BMS .....	60
Figura 8 – Circuitos de gerenciamento .....	60
Figura 9 – Sensor de corrente do BMS .....	61
Figura 10 – Carregador de baterias Zivan – NG-3 .....	62
Figura 11 – Shunt .....	63
Figura 12 – Tipos de fusíveis utilizados na conversão .....	63
Figura 13 – Cabos e conectores .....	64
Figura 14 – Motor de CC da Advanced Motors modelo FB1–4001A66	
Figura 15 – Desenho técnico do motor .....	67
Figura 16 – Ciclo PWM .....	68
Figura 17 – Controlador Curtis Modelo1231C–8601 .....	68
Figura 18 – Conversor Corrente–Contínua Corrente–Contínua .....	69
Figura 19 – Contactador .....	70
Figura 20 – Bomba de vácuo e pressostato .....	70
Figura 21 – Amperímetro e voltímetro .....	71
Figura 22 – Interruptor inercial .....	72
Figura 23 – Acoplamento do motor ao sistema de transmissão .....	72
Figura 24 – Flanges .....	73
Figura 25 – Acelerador mecânico ou <i>Pot Box</i> .....	74
Figura 26 – Relé .....	75
Figura 27 – Câmbio e embreagem .....	78
Figura 28 – Fixação do motor .....	78
Figura 29 – Alinhamento do motor .....	79

Figura 30 – Detalhe da fixação do motor .....	79
Figura 31 – Acoplamento no volante motor .....	80
Figura 32 – Suporte da roda fônica .....	81
Figura 33 – Sensor Hall e suporte .....	81
Figura 34 – Sensor Hall instalado no motor .....	81
Figura 35 – Instalação do sensor de temperatura .....	82
Figura 36 – Esquema elétrico geral .....	84
Figura 37 – Vista superior e inferior da plataforma de controle .....	85
Figura 38 – Dimensões do controlador Curtis .....	86
Figura 39 – Montagem do controlador na plataforma de controle .....	86
Figura 40 – Instalação física do <i>Pot Box</i> .....	88
Figura 41 – Acelerador eletrônico .....	89
Figura 42 – Esquema elétrico do acelerador eletrônico .....	89
Figura 43 – Escolha do local da caixa de baterias traseira .....	91
Figura 44 – Caixa de baterias traseira – construção .....	91
Figura 45 – Caixa de baterias traseira – reforço .....	92
Figura 46 – Caixa de baterias traseira – fixação .....	92
Figura 47 – Banco de baterias – suporte dianteiro .....	93
Figura 48 – Banco de baterias – suporte dianteiro .....	93
Figura 49 – Banco de baterias dianteiro – preparação .....	94
Figura 50 – Banco de baterias dianteiro – finalização .....	95
Figura 51 – Instalação e ligação das baterias traseiras .....	96
Figura 52 – Preparação do local de fixação da tomada de energia .....	98
Figura 53 – Fixação do carregador do banco de baterias .....	98
Figura 54 – Recarga do banco de baterias – instalação elétrica .....	99
Figura 55 – Plugues e tomadas .....	100
Figura 56 – BMS - Descrição dos LED's e interfaces .....	101
Figura 57 – Conector de controle .....	104
Figura 58 – Circuito de gerenciamento positivo .....	108
Figura 59 – Circuito de gerenciamento negativo .....	108
Figura 60 – Circuitos de gerenciamento intermediários .....	109

Figura 61 – Conector dos circuitos de gerenciamento para o BMS .	110
Figura 62 – Ligações ao BMS .....	111
Figura 63 – Conector do sensor de corrente ao BMS .....	112
Figura 64 – Ligação do sensor de corrente ao conector .....	112
Figura 65 – Instalação física do sensor de corrente .....	113
Figura 66 – Ligações ao conector de controle do BMS.....	114
Figura 67 – Esquema elétrico de carga do banco de baterias.....	115
Figura 68 – Interruptor de início da carga .....	116
Figura 69 – Cabo conversor USB 2.0 para serial.....	116
Figura 70 – Tela do menu principal do BMS .....	118
Figura 71 – Esquema de ligações do conversor CC-CC.....	120
Figura 72 – Instalação do voltímetro e do amperímetro .....	121
Figura 73 – Instalação da bomba de vácuo e pressostato.....	122
Figura 74 – Localização dos fusíveis .....	123
Figura 75 – Localização do interruptor inercial.....	124
Figura 76 – Substituição das molas e amortecedores .....	125
Figura 77 – Cobertura do banco de baterias traseiro .....	127
Figura 78 – Acabamento do porta-malas .....	127
Figura 79 – CAT do Gol Elétrico .....	133
Figura 80 – CCT da empresa 4GVE - Frente .....	134
Figura 81 – CCT da empresa 4GVE - Verso .....	134
Figura 82 – Laudo técnico – Frente.....	135
Figura 83 – Laudo técnico – Verso .....	136
Figura 84 – Documento do Gol Elétrico emitido DETRAN-DF .....	137

## **Lista de tabelas**

Tabela 1 – Potência necessária para recarga.....	24
Tabela 2 – Cronograma de atividades .....	42
Tabela 3 – Tabela de bitolas de fios e cabos.....	65
Tabela 4 – Descrição dos pinos do conector de controle .....	105
Tabela 5 – Conexão dos circuitos de gerenciamento para o BMS ...	110





# CAPÍTULO 1



## 1. Introdução

Os veículos elétricos não são uma novidade no cenário internacional. Eles eram a maioria dos carros circulando nas ruas das cidades nos últimos anos do século XIX.

No início do século XX, com o desenvolvimento da indústria petrolífera e da pouca autonomia proporcionada pelas baterias de chumbo-ácidas, os veículos elétricos perderam a hegemonia para os veículos movidos a combustíveis fósseis, passando a atender apenas a necessidades específicas. Assim, os veículos movidos a motor de combustão interna – MCI tiveram grande desenvolvimento.

Esse desenvolvimento teve a colaboração justamente do motor elétrico. Era o que faltava, o motor de partida ou o também conhecido

motor de arranque. No início, os motores de combustão interna precisavam de muita força nos braços para girar uma manivela e dar início ao seu funcionamento.

Até a primeira metade do século XX, os veículos movidos a MCI reinaram, chegando ao apogeu da extravagância nos anos após a Segunda Guerra Mundial, com os inesquecíveis modelos “rabo de peixe”. Era a época de muita fartura de gasolina com preço baixo.

O petróleo, uma substância natural e com quantidade finita na terra, enfrentou 5 (cinco) crises, que causaram o aumento abrupto do seu preço.

A primeira crise ocorreu em 1956 quando o Canal de Suez, que era de propriedade de uma empresa Anglo-Francesa, foi nacionalizado pelo presidente do Egito.

A segunda crise ocorreu em 1973, em virtude do apoio dos Estados Unidos a Israel por ocasião da Guerra do Yom Kipur.

Um ano após essa segunda crise, a Gurgel Motors, lançou, em 1974, o seu primeiro veículo elétrico fabricado no Brasil e o primeiro veículo elétrico da América do Sul, o Itaipu.

A terceira crise foi em virtude da crise política no Irã e pela Guerra desse país contra o Iraque.

A quarta crise que ocorreu em 1991, foi causada pela Guerra do Golfo. O Iraque invadiu o Kuwait e foi expulso pelos Estados Unidos. Essa ação provocou crise econômica e um grande problema ecológico provocado pelos incêndios causados pelos iraquianos nos poços de petróleo do Kuwait.

A quinta crise, mais recente, ocorreu nos primeiros seis meses de 2008, resultado de movimentos especulativos que causaram um aumento de até 100% do preço do barril de petróleo.

Aliado a essas crises, a previsível escassez do petróleo para daqui a poucos anos, além dos malefícios ao meio ambiente e à saúde pública, ressurgiu o veículo elétrico como solução para a mobilidade.

A questão tecnológica, que foi um dos motivos que levaram o veículo elétrico ao abandono no início da indústria automobilística, por falta de autonomia, já está superada com as modernas baterias de íon de lítio.

## **1.1 Por que veículo elétrico?**

Muitos são os motivos que hoje nos leva a escolher um veículo elétrico para nos locomovermos.

Nos primórdios dos veículos automotores, os veículos elétricos predominaram. Entretanto, em função da pouca autonomia proporcionada pelas baterias de chumbo-ácidas, eles perderam a hegemonia para os veículos movidos a combustíveis fósseis, passando a atender apenas a necessidades específicas.

A seguir, as principais vantagens dos veículos elétricos sobre os movidos a motor de combustão interna.

### **1.1.1 Maior torque**

O motor elétrico fornece o torque total a partir do momento em que é acionado.

### **1.1.2 Maior eficiência**

A eficiência de um motor elétrico é em torno de 80%, em contrapartida, a eficiência de um motor de combustão interna é próximo a 30%.

### **1.1.3 Mais silencioso**

Por não ter explosões internas, o motor elétrico produz muito menos ruído mesmo em altas rotações.

### **1.1.4 Maior confiabilidade**

A confiabilidade de um veículo elétrico é percebida em função da pouca quantidade de componentes que podem apresentar falhas.

### **1.1.5 Usa freio regenerativo**

Enquanto num veículo movido a motor de combustão interna, toda a energia utilizada para parar o veículo é transformada em calor, e, conseqüentemente, não é aproveitada, num veículo elétrico, parte

dessa energia retorna às baterias aumentando a autonomia de 20% a 30%, dependendo do trajeto.

### **1.1.6 Não polui o meio ambiente**

Conforme a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, que é uma empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia e que tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, apresentou em seu Boletim Energético Nacional – BEM 2016, que o setor de transportes no Brasil é responsável pela emissão de cerca de 42% de todo o CO<sub>2</sub> lançado na atmosfera.

### **1.1.7 Requer menos manutenção**

O veículo elétrico não dispõe dos sistemas de injeção, arrefecimento, escapamento e alimentação. Assim, não precisa de troca de velas, troca de óleo, troca de filtros de gasolina, troca de filtro de óleo além de muitas outras ações que são específicas para veículos com motores a combustão interna.

### **1.1.8 Maior simplicidade**

O veículo elétrico não necessita de uma série de sistemas apenas existentes em veículos com motor de combustão interna, tendo 30% menos peças. Um motor elétrico tem apenas três partes móveis, enquanto um motor de combustão interna tem cerca de 200.

### **1.1.9 Em uso, não consome energia quando parado**

Outra vantagem do veículo elétrico é que o motor elétrico se desliga quando o carro está parado. A energia consumida é apenas para os sistemas elétricos periféricos, como luzes, som e limpador do para-brisa.

### **1.1.10 Pode ser usado como armazenamento de energia**

O banco de baterias de um veículo elétrico pode ser utilizado como armazenamento e energia bem como ser aplicado como fonte de energia de emergência para instalações residenciais e comerciais.

### **1.1.11 Flexibilidade em relação à fonte geradora de energia**

Qualquer que seja a fonte de energia, solar, eólica, hidráulica, combustíveis fósseis, biomassa, carvão ou outras, pode ser utilizada para recarregar as baterias de um veículo elétrico. A outra grande vantagem é a facilidade de transporte da energia elétrica.

### **1.1.12 Maior potência por unidade de peso e unidade de volume**

Os motores elétricos são, em sua grande maioria, mais leves e menores se comparados com motores a combustão interna, considerando a mesma potência fornecida.

## **1.2 Classificação dos veículos elétricos**

Os veículos elétricos podem ser classificados de várias formas. A seguir, será apresentada uma classificação que pretende abordar os tipos mais comuns de veículos elétricos.

### **1.2.1 Veículo Elétrico a Bateria – VEB**

A energia é fornecida por um conjunto de baterias que são recarregadas por meio da rede elétrica.

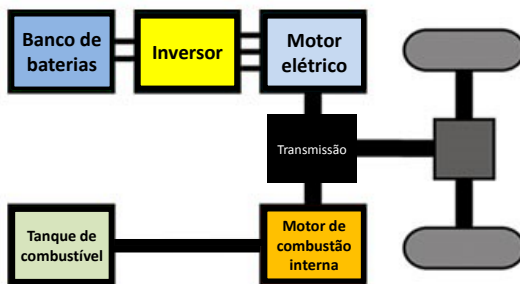
Muitos modelos de VEB são competitivos em determinados nichos de mercado, estão disponíveis em diversos países e são fabricados tanto por indústrias tradicionais como novas.

### **1.2.2 Veículo Elétrico Híbrido – VEH**

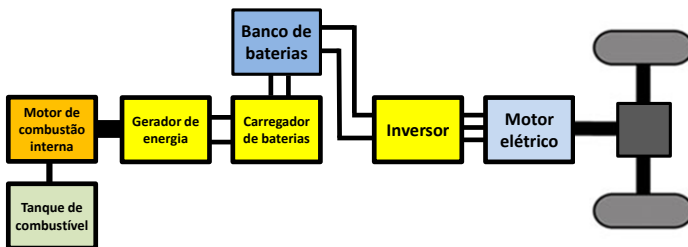
A energia é fornecida por um gerador a bordo que é acionado por um Motor de Combustão Interna – MCI.

Esses veículos também usam sistemas de baterias e capacitores para acumular energia elétrica, permitindo que o MCI só opere nas condições ótimas, ou fique desligado. Destacam-se dois tipos básicos de VEH: o VEH “série”, no qual as rodas são acionadas apenas pelo(s) motor(es) elétrico(s), e o VEH “paralelo”, no qual as rodas podem ser acionadas pelo MCI, em paralelo com o(s) motor(es) elétrico(s).

Veículos Elétricos Híbridos “plug in” são veículos que podem ser ligados à rede elétrica para a carga das baterias e, também, dispõem de motor/gerador a bordo para a carga das baterias, extensão da autonomia e adição de potência em ladeiras e arrancadas mais fortes.



**Figura 1 – Veículo Elétrico Híbrido – Paralelo**



**Figura 2 – Veículo Elétrico Híbrido – Série**

### **1.2.3 Veículo Elétrico a Célula de Combustível – VECC**

É suprido por células a combustível, equipamento eletroquímico que transforma a energia do hidrogênio diretamente em eletricidade. Essa tecnologia é objeto de muita pesquisa na atualidade e diversos fabricantes apostam nela como sendo o futuro dos veículos elétricos. O hidrogênio será distribuído diretamente ou produzido a partir do metano (Gás Natural), metanol ou etanol. O VECC também usa a bordo importantes sistemas de acumulação de energia, sejam eles baterias ou capacitores.

### **1.2.4 Veículo Elétrico Ligado à Rede ou “Trólebus”**

A energia é fornecida pela rede elétrica. Trata-se do tipo mais presente no Brasil (estado de São Paulo). Entretanto, devido ao alto custo da rede e dificuldades de trânsito, não há previsão de expansão.

### **1.2.5 Veículo Elétrico Solar – VES**

A energia é fornecida por placas fotovoltaicas. Restrito ao ambiente das universidades. É pouco provável que o VES venha a se transformar em um veículo de uso prático pelas restrições de tamanho dos veículos que limitam a dimensão dos painéis e conseqüentemente sua potência.

## **1.3 Impacto no sistema elétrico brasileiro**

Quando os projetos de implantação dos veículos elétricos no Brasil são discutidos, a questão da rede elétrica Nacional é sempre levantada. A seguir, será feita uma breve exposição acerca do impacto do uso de veículos elétricos no sistema elétrico do Brasil.

### **1.3.1 Custos**

Um VEB, acionado somente pelo motor elétrico, alimentado pelas baterias, consome, em média, entre 0,15 a 0,20 kWh por km, dependendo de muitos fatores ligados a parâmetros operacionais

(velocidade máxima etc.) e a parâmetros de projeto (aerodinâmica, peso etc.).

Tomando como base o custo da energia elétrica por MWh de R\$ 505,18 (quinhentos e cinco reais e dezoito centavos) fixado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel, resultaria um custo de aproximadamente R\$ 0,07 (sete centavos de real) a R\$ 0,10 (dez centavos de real) por km. Já para um veículo com MCI, o custo seria de R\$ 0,36 (trinta e seis centavos de real) por km – isto para um combustível que custe R\$ 4,29 (quatro reais e vinte e nove centavos) por litro e um consumo correspondente de 12 km por litro.

### 1.3.2 Potência necessária

Se o VEB tiver uma autonomia de 200 km, ele deverá ter uma energia armazenada nas baterias de 30 a 40 kWh, dependendo do consumo por quilômetro do carro.

Para carregar um banco de baterias com uma energia de 30 kWh a 40 kWh, é necessário dispor de uma fonte com diferentes potências, a depender do tempo requerido para o carregamento.

**Tabela 1 – Potência necessária para recarga**

TEMPO DE RECARGA	POTÊNCIA DA FONTE PARA O BANCO DE BATERIAS DE 30 kWh	POTÊNCIA DA FONTE PARA O BANCO DE BATERIAS DE 40 kWh
8 horas	3,75 kW	5,0 kW
4 horas	7,50 kW	10,0 kW
2 horas	15,0 kW	20,0 kW
1 hora	30,0 kW	40,0 kW
30 minutos	60,0 kW	80,0 kW
10 minutos	180,0 kW	240,0 kW

Percebe-se logo que, com as atuais tensões “domésticas”, 110/220V, somente recargas “lentas” (acima de 4 horas) podem ser



cogitadas, enquanto que instalações específicas, com tensão mais elevada, deverão ser pensadas para recargas mais rápidas.

Em média, em termos de carros elétricos “familiares”, excluindo veículos de maior porte, pode-se pensar em uma demanda unitária de 3 kW a 4 kW no nível da alimentação residencial, correspondente à própria demanda de uma residência de porte médio.

Em termos de consumo, pode-se pensar, com base numa utilização anual média de 20.000 km/ano, em 3.000 kWh a 4.000 kWh/ano/carro.

Assim, no Brasil, em média, em termos de carga elétrica, um veículo elétrico “familiar” representa, relativamente a uma residência de médio porte, uma demanda e um consumo equivalente à demanda e ao consumo da própria residência.

Em outras palavras, em termos aproximado de carga residencial, cada carro elétrico, no máximo, dobraria a demanda e o consumo da residência. O Sistema Elétrico Brasileiro não deverá ter problemas para atender à demanda dos carros elétricos.

A frota atual de veículos elétricos e híbridos no Brasil é da ordem de 5.900. Quando a nossa frota de veículos elétricos e híbridos atingir a marca de 5,1 milhões (aproximadamente 10% do total de veículos), esse número representa menos do que 1% do total do consumo de eletricidade no Brasil, considerando que cada carro percorrerá aproximadamente 10.000 km/ano, o consumo de eletricidade previsto é de aproximadamente 7,6 TWh/ano.

Caso o consumo de energia elétrica desses veículos alcancem até 3% do mercado, exigirá apenas um pequeno ajuste, não imediato, na programação da expansão da oferta de energia.



## CAPÍTULO 2

---



### 2. Conceitos teóricos

Para que seja melhor compreendido o processo de conversão, serão apresentados alguns conceitos fundamentais que envolvem a atividade de conversão de um veículo para elétrico.

#### 2.1 Fundamentos da eletricidade básica

A seguir serão apresentadas as definições de algumas das grandezas elétricas e fórmulas necessárias ao bom entendimento do curso.

##### 2.1.1 Tensão elétrica

Tensão elétrica (denotada por  $\Delta V$ ), também conhecida como diferença de potencial (DDP), é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos ou a diferença em energia potencial

elétrica por unidade de carga elétrica entre dois pontos. Sua unidade de medida é o volt, cujo símbolo é V – em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta. A diferença de potencial é igual ao trabalho que deve ser feito, por unidade de carga contra um campo elétrico para se movimentar uma carga qualquer. Uma diferença de potencial pode representar tanto uma fonte de energia (força eletromotriz), quanto pode representar energia "perdida" ou armazenada (queda de tensão). Um voltímetro pode ser utilizado para se medir a DDP entre dois pontos em um sistema, sendo que usualmente um ponto referencial comum é a terra. A tensão elétrica pode ser causada por campos elétricos estáticos, por uma corrente elétrica sob a ação de um campo magnético, por campo magnético variante ou uma combinação de todos os três.

Por analogia, a tensão elétrica seria a "força" responsável pela movimentação de elétrons. O potencial elétrico mede a força que uma carga elétrica experimenta no seio de um campo elétrico, expressa pela lei de Coulomb. Portanto a tensão é a tendência que uma carga tem de ir de um ponto para o outro. Normalmente, toma-se um ponto que se considera de tensão=zero e mede-se a tensão do resto dos pontos relativamente a este.

Para facilitar o entendimento da tensão elétrica pode-se fazer uma analogia entre essa e a pressão hidráulica. Quanto maior a diferença de pressão hidráulica entre dois pontos, maior será o fluxo, caso haja comunicação entre esses dois pontos. O fluxo (que em eletrodinâmica seria a corrente elétrica) será assim uma função da pressão hidráulica (tensão elétrica) e da oposição à passagem do fluido (resistência elétrica).

### **2.1.2 Resistência elétrica**

Resistência elétrica é a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada. Seu cálculo é dado pela Primeira Lei de Ohm, e, segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI), é medida em ohms.

Quando uma corrente elétrica é estabelecida em um condutor metálico, um número muito elevado de elétrons livres passa a se deslocar nesse condutor. Nesse movimento, os elétrons colidem entre si e também contra os átomos que constituem o metal. Portanto, os elétrons encontram alguma dificuldade para se deslocar, isto é, existe uma resistência à passagem da corrente no condutor.

Os fatores que influenciam na resistência de um dado condutor são:

- A resistência de um condutor é tanto maior quanto maior for seu comprimento;
- A resistência de um condutor é tanto maior quanto menor for a área de sua seção transversal, isto é, quanto mais fino for o condutor;
- A resistência de um condutor depende da resistividade do material de que ele é feito; a resistividade, por sua vez, depende da temperatura na qual o condutor se encontra.

Esses fatores que influenciam a resistência de um condutor podem ser resumidos pela Segunda Lei de Ohm:

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

Onde:

- $R$  é a resistência elétrica do material;
- $\rho$  é a resistividade elétrica do condutor;
- $\ell$  é o comprimento do condutor;
- $A$  é a área da seção do condutor.

Essa relação vale apenas para materiais uniformes e isotrópicos, com seções transversais também uniformes.

### 2.1.3 Corrente elétrica

A corrente elétrica é o fluxo "ordenado" de partículas portadoras de carga elétrica, ou também, é o deslocamento de cargas

dentro de um condutor, quando existe uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades. Tal deslocamento procura restabelecer o equilíbrio desfeito pela ação de um campo elétrico ou outros meios (reações químicas, atrito, luz etc.).

Sabe-se que, microscopicamente, as cargas livres estão em movimento aleatório devido à agitação térmica. Apesar desse movimento desordenado, ao estabelecermos um campo elétrico na região das cargas, verifica-se um movimento ordenado que se apresenta superposto ao primeiro. Esse movimento recebe o nome de movimento de deriva das cargas livres.

Raios são exemplos de corrente elétrica, bem como o vento solar, porém a mais conhecida, provavelmente, é a do fluxo de elétrons através de um condutor elétrico, geralmente metálico.

A intensidade  $I$  da corrente elétrica é definida como a razão entre o módulo da quantidade de carga  $\Delta Q$  que atravessa certa seção transversal (corte feito ao longo da menor dimensão de um corpo) do condutor em um intervalo de tempo  $\Delta t$ .

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta Q|}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$$

A unidade padrão no Sistema Internacional – SI para medida de intensidade de corrente é o ampère (A). A corrente elétrica é também chamada informalmente de amperagem. Embora seja um termo válido na linguagem coloquial, a maioria dos engenheiros eletricitistas repudia o seu uso por confundir a grandeza física (corrente eléctrica) com a unidade que a medirá (ampère). A corrente elétrica designada por  $I$  é o fluxo das cargas de condução dentro de um material. A intensidade da corrente é a taxa de transferência da carga, igual à carga  $dQ$  transferida durante um intervalo infinitesimal  $dt$  dividida pelo tempo.

### 2.1.4 Lei de Ohm

Para componentes eletrônicos que obedecem à lei de Ohm, a relação entre a tensão (V) dada em volts aplicada ao componente e a corrente elétrica que passa por ele é constante. Essa razão é chamada de resistência elétrica e vale a equação:

$$I = \frac{V}{R}$$

ou

$$V = R \cdot I$$

Onde:

- $V$  é a tensão;
- $R$  é a resistência;
- $I$  é a corrente.

### 2.1.5 Corrente Contínua

Corrente Contínua (CC ou DC – do inglês Direct Current) é o fluxo ordenado de cargas elétricas no mesmo sentido. Esse tipo de corrente é gerado por baterias de automóveis ou de motos (6, 12 ou 24V), pequenas baterias (geralmente de 9V), pilhas (1,2V e 1,5V), dínamos, células solares e fontes de alimentação de várias tecnologias, que retificam a corrente alternada para produzir corrente contínua.

### 2.1.6 Corrente Alternada

Corrente Alternada (CA ou AC – do inglês Alternating Current) é uma corrente elétrica cujo sentido varia no tempo, ao contrário da corrente contínua cujo sentido permanece constante ao longo do tempo. A forma de onda usual em um circuito de potência CA é senoidal por ser a forma de transmissão de energia mais eficiente. Entretanto, em certas aplicações, diferentes formas de ondas são utilizadas, tais como triangular ou ondas quadradas. Enquanto a fonte de corrente contínua é constituída pelos polos positivo e

negativo, a de corrente alternada é composta por fases (e, muitas vezes, pelo fio neutro).

### 2.1.7 Potência elétrica

Em sistemas elétricos, a potência instantânea desenvolvida por um dispositivo de dois terminais é o produto da diferença de potencial entre os terminais e a corrente que passa através do dispositivo.

Isto é,

$$P = V \cdot I$$

ou, substituindo V por R.I, da lei de Ohm, teremos também:

$$P = R \cdot I^2$$

Onde I é o valor instantâneo da corrente e V é o valor instantâneo da tensão. Se I está em ampères e V em volts, P estará em watts. O símbolo da potência elétrica é W.

Para calcular-se o consumo de energia de um veículo elétrico, utiliza-se o quilowatt-hora (kWh). Essa unidade representa a quantidade de energia consumida. As concessionárias de energia elétrica calculam o custo da energia em kWh. Assim, em função do preço do kWh é possível calcular quanto um veículo elétrico gasta para rodar.

## 2.2 Forças que atuam em um veículo em movimento

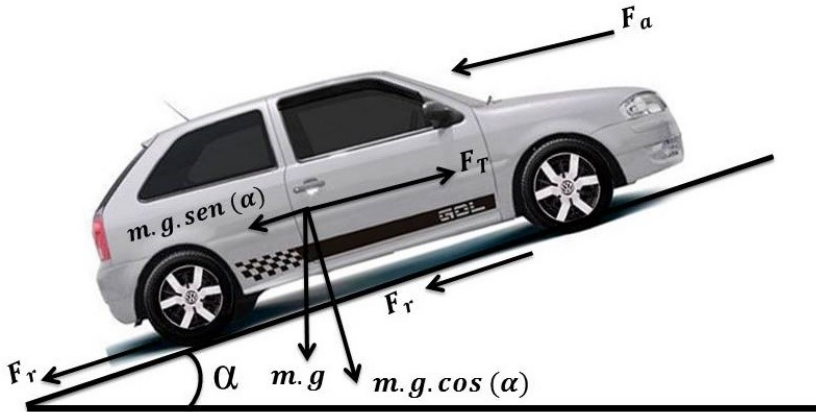


Figura 3 – Forças que atuam em um veículo em movimento

$F_T$  - Força de tração

$m.g.\sen(\alpha)$  - Força de resistência devido ao aclone

$F_r$  - Força de resistência ao rolamento

$F_a$  - Força de arrasto aerodinâmico

A força resultante -  $F_{Res}$  é a força de tração -  $F_T$  gerada pelo conjunto propulsor (motor e agregados) menos as forças que se opõem ao movimento e é o que efetivamente faz o veículo se movimentar:

$$F_{Res} = F_T - m.g.\sen(\alpha) - F_r - F_a$$

Sabe-se que:

$$F = m . A$$

Ou seja:

$$F = m . \frac{dV}{dt}$$



Dessa forma, podemos escrever:

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = F_T - m \cdot g \cdot \text{sen}(\alpha) - m \cdot g \cdot f_r \cdot \cos(\alpha) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot (V + V_\omega)^2$$

Esta equação está dizendo que a força variável resultante no movimento do veículo (lado esquerdo da equação) é igual à força de tração menos todos os termos de resistência ao movimento.

Onde:

- $F_T$  é a força necessária para a tração do veículo;
- $m$  é a massa do veículo;
- $g$  é a constante de aceleração da gravidade (9,8 m/s<sup>2</sup>);
- $\alpha$  é o ângulo de inclinação da pista;
- $f_r$  é o coeficiente de resistência dos pneus (0,01 para pistas de asfalto ou concreto com os pneus calibrados corretamente);
- $\rho$  é a densidade do ar (1,2 kg/m<sup>3</sup> a 1 atm e 25 °C);
- $A_f$  é a área frontal do veículo;
- $C_D$  é o coeficiente de penetração aerodinâmica;
- $V$  é a velocidade do veículo;
- $V_\omega$  é a velocidade do vento.

A estimativa da demanda de potência a ser fornecida pelo mecanismo de tração, potência total ( $P_t$ ), é estimada pelo produto da força necessária para tracionar o veículo ( $F_T$ ) pela velocidade ( $V$ ), ou seja:

$$P_t = \left\{ m \cdot \frac{dV}{dt} + m \cdot g \cdot \text{sen}(\alpha) + m \cdot g \cdot f_r \cdot \cos(\alpha) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot (V + V_\omega)^2 \right\} \cdot V$$

Como se pode observar na equação acima, a necessidade de fornecer potência ao veículo ao longo do tempo aumenta com:

- A velocidade.
- Aumento da declividade da pista.
- Demanda de maior aceleração.
- Resistência ao rolamento oferecida pelos pneus.

- O coeficiente aerodinâmico do veículo.

Analisando cada um destes fatores individualmente, pode-se tentar trabalhar para minimizar a energia necessária para movimentar o veículo.

No caso do VW Gol Elétrico ano de fabricação 2008, modelo 2009, com kit Trend II, foram estabelecidos os seguintes requisitos:

- Velocidade de cruzeiro de 60 km/h.
- Inclinação de subida máxima de 5°.
- Aceleração de 0 – 100 km/h em 20 s ou 1,38 m/s<sup>2</sup>.
- Pneus originais 185/60 R 14.
- Coeficiente aerodinâmico de manual Cx 0,336.
- Área frontal de manual 1,886 m<sup>2</sup>.
- Vento frontal de até 10 km/h.
- Massa de 1.090 kg.
- Tensão de alimentação de 132 V (40 baterias LiFePO<sub>4</sub> de 180 Ah).
- Carga máxima (passageiros + bagagem) 300 kg.
- Autonomia desejada de 150 km.

Substituindo os dados nas fórmulas, encontramos o que se segue.

Força necessária para atender ao parâmetro de aceleração:

$$F_{aceleração} = 1.390 \text{ kg} \cdot 1,38 \text{ m/s}^2$$

$$F_{aceleração} = 1.918 \text{ N}$$

Força necessária para vencer a declividade de 5°:

$$F_{declividade} = 1.390 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{sen } 5^\circ$$

$$F_{declividade} = 1.062 \text{ N}$$

Força necessária para vencer a resistência ao rolamento dos pneus:

$$F_{rolamento} = 1.390 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,01 \cos 5^\circ$$

$$F_{rolamento} = 136 \text{ N}$$

Força necessária para vencer a resistência do ar (considerando vento frontal de 10 km/h):

$$F_{ar} = \left\{ \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 1,886 \cdot 0,336 \cdot (19,44 + 2,8)^2 \right\}$$

$$F_{ar} = 188 \text{ N}$$

A Força necessária, considerando aceleração de 0 a 100 km/h em 20 s, rampa de 5°, vento frontal de 10 km/h e pneus calibrados:

$$F_{total} = 1.918 \text{ N} + 1.062 \text{ N} + 136 \text{ N} + 188 \text{ N} = 3.304 \text{ N}$$

$$P_{total} = 3.304 \text{ N} \cdot 16,7 \text{ m/s} = 55 \text{ kW}$$

Ou, aproximadamente, 73 hp, considerando que 1 hp  $\cong$  745 W.

Nessas condições, a corrente necessária para que o veículo apresente o desempenho nas condições acima definidas é cerca de 416 A.

$$I = \frac{P}{E}$$

$$I = \frac{55.000 \text{ W}}{132 \text{ V}} = 416 \text{ A}$$

Considerando as perdas, foi considerado que a corrente máxima será de 500 A. Com certeza essa não é a condição de marcha normal do veículo. A 60 km/h em um plano o consumo de corrente é da ordem de 76 A. O que significa que o carro consome cerca de 170 Wh por quilômetro rodado.

### 2.3 Escolha do motor

A escolha do motor para atender aos requisitos de desempenho recaiu no modelo FB1-4001A da Advanced Motors, em

virtude de suas características, preço, qualidade e adequação ao projeto.

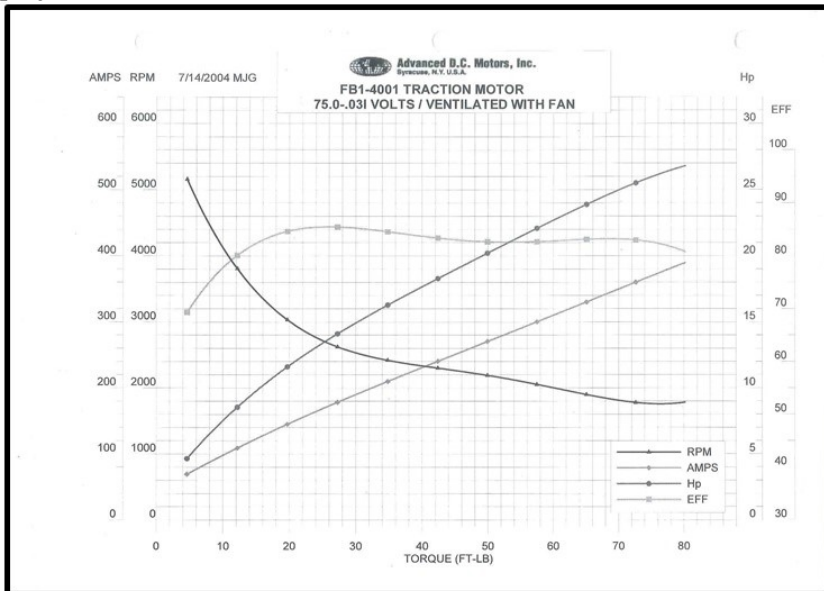


Figura 4 – Curva típica do motor FB1-4001A

## 2.4 Escolha do controlador

Em função da corrente calculada necessária para atender aos requisitos de desempenho, e, também, das características do motor, foi escolhido o controlador Curtis Modelo 1231C-8601, de 500 A.



## CAPÍTULO 3



### **3. Aspectos de segurança para realizar a conversão**

**P**ense sempre em trabalhar com segurança. Carros elétricos podem ser letais. Assim como você não trabalha em um carro a gasolina fumando, trabalhe com cuidado com os veículos elétricos. Trabalhe sempre com os conectores de energia do banco de baterias desligados. Antes de qualquer intervenção assegure-se de que a fonte de energia do banco de baterias esteja desligada. Os terminais devem estar protegidos adequadamente para evitar curtos-circuitos provocados por ferramentas metálicas. As ferramentas devem também

estar protegidas, sempre que possível, para evitar curtos-circuitos ao realizar os trabalhos de montagem dos circuitos, principalmente por ocasião da instalação das baterias.

### **Lembre-se: segurança deve ser sempre a primeira prioridade!**

Tensão de corrente contínua acima de 50 Volts pode ser letal, por isso preste muita atenção nos circuitos em que você está trabalhando. Considere que as baterias têm muita energia, embora com baixa tensão. Em um veículo elétrico, o banco de bateria, tem energia equivalente a vários litros de gasolina. Portanto, as seguintes recomendações são importantes:

- Não utilize anéis, cordões ou outros condutores metálicos quando estiver trabalhando na conversão do veículo.
- Utilize os equipamentos de proteção individual, principalmente quando estiver trabalhando com as baterias.
- Utilize luvas resistentes ao ácido ao manipular as baterias;
- Utilize sapatos apropriados para proteger os pés.
- As ferramentas que serão utilizadas nas baterias e cabos devem ser protegidos (isolados). Chaves não devem curto-circuitar os terminais, para isso devem estar envolvidas com fitas isolantes.
- Quando estiver trabalhando com as baterias evitar materiais que possam curto-circuitar os seus terminais.
- Não abra ou feche qualquer circuito de corrente contínua a não ser por meio de um Contactor. Em caso de qualquer centelha, revise as conexões no sentido de determinar e corrigir o problema.
- Cuidado com as mãos. Trabalhe com uma bateria de cada vez. É mais um motivo para cobrir as baterias que você não esteja trabalhando.
- Se você tiver o carregador de baterias embarcado, desconecte a alimentação de corrente alternada antes de desconectar as baterias. Utilize o conector para a desconexão rápida.
- Afaste cigarros e chamas das baterias. As baterias de chumbo-ácido exalam hidrogênio que é um gás inflamável.
- Utilize apenas conexões com parafusos e porcas para conectar as baterias.

- Utilize fusíveis adequados para cada circuito. Os fusíveis devem ficar próximo à fonte de energia.
- Evite fazer interconexões no circuito de alta tensão do banco de baterias e nos demais circuitos. Há risco de mau contato.
- Todos os circuitos devem ter os fios com cores que indicam o tipo de circuito. Os diagramas devem ser desenhados e atualizados em caso de modificação.
- Não utilize motores DC com escovas para ventilar baterias de chumbo-ácido. Utilize motores DC sem escovas ou de indução sem escovas. As baterias de chumbo ácido geram hidrogênio, gás explosivo.

**Atenção: não ligue o motor de corrente contínua diretamente no banco de baterias para observar seu funcionamento. Isso irá fazê-lo disparar e, conseqüentemente, causar pane e com possibilidade de causar acidentes pessoais. A garantia não cobre defeitos por excesso de rotação do motor.**



## CAPÍTULO 4



### **4. Antes de começar a sua conversão**

A conversão de um veículo de motor de combustão interna para elétrico não é difícil. Entretanto, ao completar a conversão você será capaz de resolver qualquer problema facilmente. Você irá se juntar a um seleto grupo de pessoas. Existem hoje no mundo cerca de 15.000 (quinze mil) carros elétricos convertidos e você certamente também terá o seu, sem poluir a atmosfera e com independência para abastecer.

As informações a seguir irão lhe ajudar a realizar a conversão do seu veículo elétrico. Apesar de ter pouca bibliografia específica você encontrará neste livro a orientação para planejar e realizar a sua



conversão. Em caso de dúvidas não se preocupe, esse livro irá lhe ajudar e nos contate por meio do site [www.clubedocarroeletrico.com.br](http://www.clubedocarroeletrico.com.br).

#### **4.1 Planeje**

Pense no veículo elétrico que você quer ter. Escolha o veículo, baseado nas orientações contidas nesse livro.

Na tabela 2, você encontra um modelo de cronograma de trabalho. Faça um cronograma realístico. Nos capítulos seguintes, você encontrará as principais atividades para a conversão.

**Tabela 2 – Cronograma de atividades**

ATIVIDADE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Pesquisar e analisar tecnologias disponíveis	■	■	■															
Selecionar tecnologia adequada			■															
Participar de curso de formação relacionado com a tecnologia selecionada				■														
Determinar o veículo a ser convertido					■													
Adquirir componentes a serem utilizados na conversão					■													
Preparar o veículo para a instalação dos novos componentes						■												
Instalar os novos componentes							■	■										
Realizar testes iniciais									■	■								
Realizar avaliação dos testes iniciais e ajustes necessários										■	■							
Realizar teste final													■	■	■	■	■	■

Pense nas atividades que podem criar algum problema e considere maneiras para amenizar esses problemas.

Se você tiver dificuldade para remover os componentes não necessários para o veículo convertido, contrate um mecânico para lhe ajudar.

## **4.2 Alocação dos componentes no veículo**

A alocação dos componentes no veículo deve ser planejada com acurácia. Cuidado especial deve ser dado quando se utiliza baterias de chumbo-ácido para que elas não fiquem muito próximas dos demais componentes.

O banco de baterias tem que ser localizado de forma a manter o centro de gravidade do carro mais próximo do solo possível, distribuindo assim o peso na carroceria de maneira que a distribuição do peso fique próxima a 50% em cada eixo.

Os componentes eletrônicos mais sensíveis, tais como o carregador de baterias, o conversor de corrente contínua–corrente contínua (DC–DC Converter) e o gerenciador do banco de baterias (BMS) deve ser protegido das intempéries.

Busque sempre também alocar os componentes de forma a facilitar as conexões com os sistemas originais do veículo a ser convertido.

Lembre-se de que você irá precisar fazer a manutenção, por isso planeje muito bem a alocação de todos os componentes de forma a facilitar o acesso.

## **4.3 Banco de baterias**

A alocação do banco de baterias deve ser planejada de forma que fique em local seguro e muito bem fixada e não ofereça riscos aos passageiros.

Não utilize material condutor para acomodar as baterias diretamente tendo em vista evitar curtos–circuitos.

É possível distribuir as células do banco de baterias para equilibrar o peso na estrutura do veículo a ser convertido.

A ventilação das baterias é importante, principalmente se forem de chumbo-ácidas.

No caso de camionetas, em que as baterias ficam abaixo da caçamba, portanto, fora do compartimento dos passageiros, não há necessidade de ventilação forçada. Entretanto, caso fiquem dentro de um compartimento fechado, no interior do veículo, é necessário a ventilação forçada.

Essa ventilação deve atender ainda aos seguintes requisitos:

- Ser resistente a corrosão e não cause a ignição dos gases a serem retirados do ambiente.
- Operar automaticamente enquanto as baterias são carregadas.
- Operar por tempo suficiente enquanto houver gases residuais no compartimento das baterias.
- Operar extraindo efetivamente os gases do compartimento das baterias e não apenas fazendo-o circular no interior do veículo.
- Ser capaz de extrair todo o gás gerado no processo de carga das baterias.
- Ser tolerante a falhas.
- Ter boas entradas e saídas de ar para prover a adequada extração dos gases gerados.

O compartimento do banco de baterias deve fazer parte da estrutura do veículo e deve ser suficientemente resistente para não quebrar facilmente em caso de acidente e atingir ou causar ferimento no motorista, passageiros, outros veículos ou pedestres.

O compartimento do banco de baterias deve ainda ser capaz de suportar as seguintes desacelerações:

- Impacto frontal – 20 vezes a gravidade.
- Impacto lateral – 15 vezes a gravidade.
- Impacto traseiro – 10 vezes a gravidade.
- Impacto vertical – 10 vezes a gravidade.

#### 4.4 Cabeamento dos circuitos

O cabeamento deve ter a capacidade para suportar a aplicação. Deve ser flexível, isolado com neoprene ou material equivalente e resistente a ácidos ou substâncias alcalinas. Recomendamos o uso do cabo 2/0 flexível. Cabos de bateria não são adequados por ser rígido, terem menor capacidade de corrente do que os 2/0 flexíveis e transmitirem vibrações de uma bateria para outra.

O circuito de potência é totalmente independente dos demais circuitos. Além disso, esse circuito é totalmente isolado por meio de dois contactores (positivo e negativo) quando o veículo não está em uso.

**Atenção: nenhuma parte do circuito de potência deve ser conectada à estrutura (“terra”) do veículo.**

Toda a fiação do veículo deve ser “crimpada”. Depois de “crimpada”, pode ser soldada, mas deve ser primeiro “crimpada”. Uma conexão soldada pode vibrar e perder a conexão causando aquecimento e derreter a solda.

Os contactores e fusíveis devem ficar em local de fácil acesso para substituição em caso de necessidade. Os cabos podem ser protegidos por mangueiras e devem ficar fora da cabine do motorista e passageiro.

Os cabos devem passar por locais que não ofereçam risco de sofrer danos, rasgos ou tenham que suportar mais carga que o especificado.

A bateria auxiliar (12 V) é a bateria original do veículo. Essa bateria continua com a finalidade de acionar todos os dispositivos de iluminação, segurança, entretenimento etc., e acionar o contator para alimentar todos os sistemas do veículo. Essa bateria é carregada pelo banco de bateria principal por meio do DC–DC converter.

Os demais circuitos elétricos devem obedecer ao código de cores adequado assim como também à respectiva bitola. Todos os equipamentos e instrumentos devem estar protegidos por fusíveis.

É importante instalar um sinalizador audível para o caso de marcha a ré. A tensão para alimentar esse sinalizador pode ser tirada da luz de ré do veículo.

#### **4.5 Integridade do veículo**

O chassi do veículo, assim como o sistema de suspensão, freios, rolamentos das rodas e outros componentes devem ser considerados. O peso adicional do banco de baterias influencia na dinâmica do veículo. Por isso, deve-se verificar a estrutura do chassi quanto a essa nova condição de esforços buscando antever futuros problemas.

Verificar no manual do veículo se o peso não será excedido. As molas provavelmente deverão ser reforçadas ou substituídas por outras de maior capacidade para manter o veículo alinhado. Os amortecedores também devem ser avaliados e, se for o caso, substituídos.

Verificar também se o sistema de direção não será influenciado pela conversão.

Os veículos elétricos utilizam uma bomba de vácuo para o sistema de freios. Um pressostato é utilizado para acionar a bomba de vácuo e manter o vácuo no servofreio. Isso também é crítico e merece atenção especial.



## CAPÍTULO 5



### **5. Escolha do veículo a ser convertido**

#### **5.1 Autonomia desejada**

A autonomia desejada influencia significativamente no custo da conversão. Notadamente pelo custo do banco de baterias. Quanto mais baterias, maior a autonomia e, conseqüentemente, maior o custo. Entretanto, existe um compromisso entre o peso do veículo a ser convertido e o peso do banco de baterias. O peso do banco de baterias não deve passar de 30% do peso total do veículo.

A autonomia é fortemente influenciada pela forma de dirigir. Quanto mais acelerações bruscas, menor a autonomia. Em um veículo convencional, o consumo pode reduzir em até 20% a autonomia. No

caso de um veículo elétrico, pode reduzir até cerca de 50% a autonomia caso o motorista exija muito desempenho do veículo.

## **5.2 Desempenho desejado**

O desempenho depende essencialmente do conjunto motor e controlador, no caso do motor ser de corrente contínua, ou inversor, no caso de motor ser de corrente alternada. O banco de baterias também influi no desempenho, pois a velocidade final é maior para bancos de baterias com maior tensão. É importante que o desempenho de um veículo elétrico não seja inferior ao de um veículo movido a motor de combustão interna. Em função de cada modelo de veículo, há, nos motoristas brasileiros, o sentimento esperado do desempenho de um veículo e isso influencia o modo de comportamento no trânsito. Portanto, não transforme seu veículo de forma que ele fique mais lento do que o mesmo modelo com motor de combustão interna.

## **5.3 Facilidade de manutenção**

Ao escolher um veículo para transformar, verifique a rede de assistência técnica e a disponibilidade dos componentes no mercado. Às vezes, vale mais à pena pagar mais por um veículo que ainda está circulando do que em um veículo fora de linha mais barato, mas que você não irá encontrar as peças com facilidade no mercado. Portanto, os itens dos sistemas de suspensão e freios, lataria e acessórios são importantes fatores de decisão para a escolha do carro a ser convertido.

## **5.4 Investimento a ser realizado**

O investimento para a conversão deve ser avaliado. Veículos que exijam investimento maior na adequação da estrutura deve ser evitado. Um modelo muito antigo, embora mais barato, pode não compensar o investimento. O custo de conversão costuma ser alto, da ordem de R\$ 30.000,00 (trinta mil reais) a R\$ 80.000,00 (oitenta mil



reais), portanto avalie bem se vale à pena investir em um veículo muito desvalorizado.

É importante lembrar que, para a legalização do veículo é necessário a elaboração de um projeto que será analisado pelo Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, e, ainda, o veículo será submetido a inspeção de segurança veicular.

### **5.5 Facilidade de acomodação dos componentes**

A acomodação de todos os componentes de forma equilibrada no veículo, evitando alterar significativamente o centro de gravidade do veículo, deve merecer atenção especial. Quanto menos intervenções na estrutura veicular melhor. Existe o compromisso entre o desempenho desejado com o espaço suficiente para acomodar esses componentes.

### **5.6 Acessórios originais que poderão ser aproveitados**

Os acessórios originais do veículo devem ser aproveitados ao máximo possível. É uma questão de custo. A conversão deve ser focada no essencial para que o veículo seja convertido para rodar com energia elétrica. Portanto, aproveite o máximo do veículo original.

### **5.7 Facilidade de conversão**

Existem veículos que são de difícil conversão, notadamente por ter dificuldade de obtenção de informações técnicas da parte mecânica assim como também a obtenção de peças de reposição. Veículos com amplo espaço para a acomodação dos componentes sem que isso signifique um acréscimo significativo de peso devem ser utilizados. Estimo que o peso máximo para um veículo a ser convertido seja da ordem de 1.000 kg. É importante ressaltar que, quanto maior o peso, maior a quantidade de baterias. Mais baterias, mais custos.



## CAPÍTULO 6



### **6. Planejamento da conversão**

#### **6.1 Principais atividades**

A tabela 2 evidencia o planejamento completo da conversão. O seu propósito é dar uma visão geral, inclusive as relações entre as atividades.

Existem basicamente quatro áreas de trabalho.

- O motor/transmissão (compartimento do motor).
- A plataforma de controle com seus principais componentes e a respectiva fiação.
- O banco de baterias.

- Os instrumentos de monitoramento.

Com essa divisão de atividades, pode-se trabalhar de forma a compartilhar o seu tempo de trabalho. Normalmente, você deve começar instalando o motor para verificar o posicionamento dos demais componentes.

Elabore uma tabela para anotar as horas trabalhadas. Em princípio, o processo de conversão leva de 100 a 200 horas de trabalho. Obviamente, esse tempo depende da sua experiência.

Após a retirada do motor de combustão interna – MCI e os demais componentes não necessários para o funcionamento do veículo convertido, ter-se-á uma visão completa de toda a área disponível para instalar o motor na transmissão. Faça moldes do sistema de transmissão para desenhar os flanges e o acoplamento ao sistema de transmissão. O peso do motor é da ordem de 80 kg.

A outra área de trabalho é a plataforma de controle. Essa pode ser de compensado naval de 20 mm pintada na cor do veículo, se quiser, ou uma placa de nylon também de 20 mm. Nessa placa, serão colocados os contactores, fusíveis, shunt, controlador, relés e demais componentes. O importante é que essa plataforma de controle seja de material isolante. Veremos essa construção mais adiante. Considere e planeje muito bem o trajeto dos cabos que alimentam o motor, que são grossos e pesados. Cuidado para que eles não sejam atingidos por obstáculos, pedras ou quebra-molas. Considere ainda que o controlador pode sofrer danos. A corrente nesse componente e no motor é muito alta, da ordem de 500 A. Portanto, não instale o controlador na cabine dos ocupantes, a não ser que tenha uma proteção para os ocupantes do veículo.

O banco de baterias pode ser concentrado em uma parte específica do veículo ou mesmo dividido para distribuir melhor o seu peso. Um banco de baterias de íon de lítio de 23.760 kWh pesa aproximadamente 224 kg. As caixas devem ser construídas de forma a acomodá-las com segurança. Lembre-se de que as baterias podem requerer manutenção, portanto devem ser de fácil acesso.

Os instrumentos de monitoramento são instalados na cabine interna do veículo, permitindo, assim, a fácil leitura do condutor.

## **6.2 Ferramentas**

Você deve ter à disposição, no mínimo, as seguintes ferramentas.

### **6.2.1 Ferramentas para trabalhos na parte elétrica**

- Alicates de crimpar cabos 2/0.
- Cortador de cabos 2/0.
- Cortador de fios.
- Crimpador de fios.
- Fita isolante.
- Multímetro digital.
- Conjunto de chave de fenda.
- Alicates de bico grosso.
- Alicates de bico fino.
- Alicates de corte.
- Soprador de calor.

### **6.2.2 Ferramentas para trabalho na parte mecânica**

- Conjunto de chaves.
- Máquina para serrar madeira.
- Furadeira com brocas de diversas dimensões.
- Macaco hidráulico.
- Suporte para levantar motor (girafa).



## CAPÍTULO 7



### **7. Preparação do veículo para a conversão**

A seguir serão apresentadas as ações para a preparação do veículo para a conversão. Muitas tarefas necessitam da orientação do manual de serviço do fabricante do veículo. Portanto, ao fazer as intervenções no veículo, busque as informações no manual do proprietário e consulte um mecânico experiente.

#### **7.1. Remoção do motor de combustão interna e de seus sistemas**

A remoção do motor requer uma série de providencias e cuidados. A seguir, a sequência de ações que devem ser seguidas para a remoção do motor.

- Retire e descarte adequadamente todos os fluidos do motor de combustão interna;

- Avalie a oportunidade para substituir as molas nessa etapa;
- Leia o manual do fabricante para realizar a remoção do motor corretamente;
- Esvazie o tanque de combustível antes de removê-lo;
- Remova o sistema de arrefecimento;
- Remova o sistema de escapamento;
- Remova o sistema de alimentação;
- Remova o motor propriamente dito.

## **7.2. Preparação da plataforma de controle**

Na plataforma de controle será instalada uma série de componentes elétricos. A seguir, a sequência de atividades que deverão ser providenciadas.

- Projete, corte e faça as furações na plataforma de controle de forma que se encaixe no local escolhido no compartimento do motor.
- Prepare os apoios da plataforma de controle no compartimento do motor.
- Projete a alocação e fixe os componentes na plataforma de controle e faça as devidas ligações.

## **7.3. Preparação do compartimento do motor**

No compartimento do motor, será instalado o motor elétrico, a plataforma de controle, a bomba de vácuo, o pressostato e outros componentes acessórios. A seguir, a sequência de atividades a serem realizadas.

- Verifique e identifique os circuitos elétricos existentes.
- Remova fios não necessários para o veículo convertido.
- Projete e fabrique o flange do motor.
- Projete e fabrique o suporte do motor.
- Instale o motor no compartimento.
- Instale a plataforma de controle.
- Projete o leiaute dos demais componentes a serem instalados no compartimento do motor.

- Projete o suporte e instale as baterias.
- Projete e instale a bomba de vácuo e o pressostato.
- Faça as ligações elétricas entre os componentes da plataforma de controle aos demais circuitos.

#### **7.4. Banco de baterias da parte traseira**

Visando a equilibrar o peso do banco de baterias na estrutura do veículo, ele foi dividido em duas partes. A traseira com 30 unidades e a dianteira com dez unidades. A seguir, as ações para a instalação do banco de baterias traseiro, o conversor corrente contínua–corrente contínua – “DC–DC Converter”, que irá manter a carga da bateria auxiliar e o Sistema de Gerenciamento do Banco de Baterias – “BMS”, “Batery Management System”.

- Projete, construa e fixe a caixa de baterias.
- Instale as baterias na respectiva caixa.
- Instale o sistema de ventilação das baterias.
- Faça as ligações das baterias.
- Instale o carregador das baterias e faça as devidas ligações.
- Instale o sistema de gerenciamento do banco de baterias.
- Instale o conversor corrente contínua–corrente contínua e faça as ligações elétricas.
- Utilize cabos 2/0 para a conexão das baterias.

#### **7.5. Compartimento interno do passageiro**

No compartimento interno do passageiro, devem ser instalados os instrumentos de medida, voltímetro e amperímetro. A seguir as ações a serem realizadas.

- Instale o voltímetro, e faça as ligações.
- Instale o amperímetro, e faça as ligações.

## **7.6. Suspensão**

A suspensão traseira precisa receber molas adequadas para suportar o peso do banco de baterias traseiro. A seguir a sequência de ações para a instalação das novas molas.

- Suspenda o veículo em um elevador.
- Retire as molas originais.
- Instale as novas molas da suspensão.





## CAPÍTULO 8



### 8. Descrição dos componentes

A seguir será apresentada a descrição dos componentes que serão instalados no veículo convertido.

#### 8.1. Baterias

O banco de baterias é composto por 40 células de baterias de íon de lítio –  $\text{LiFePO}_4$  – Lítio Ferro Fosfato, de 180 Ah. Essa quantidade de baterias representa um total de 23.760 kWh (3,3 V x 180 Ah x 40 Un). Essa bateria tem dez anos de vida útil e alta capacidade de descarga, até 3C (três vezes a sua capacidade nominal).

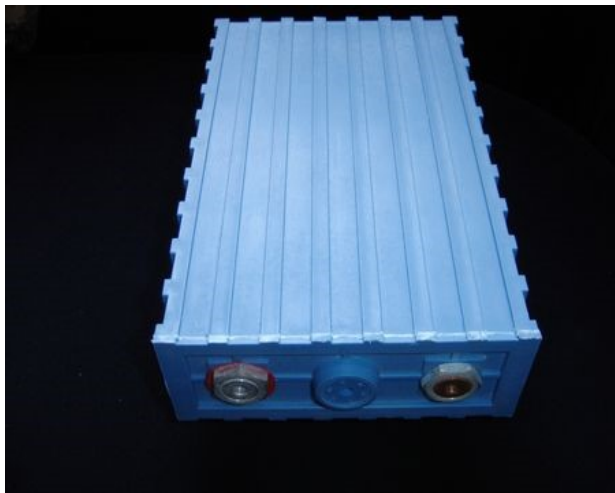


Foto: Elifas Gurgel

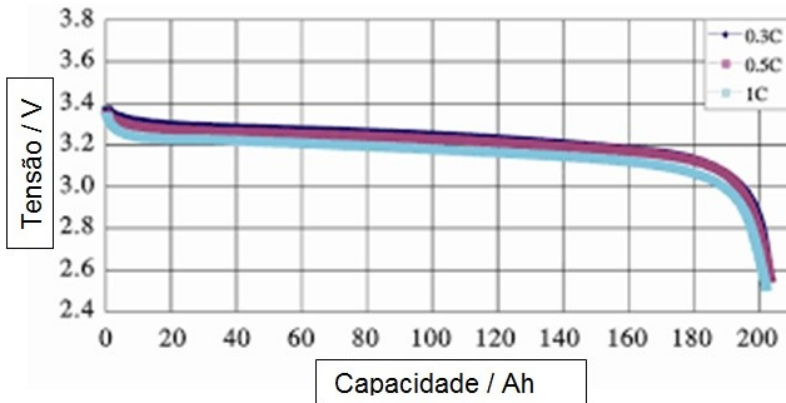
**Figura 5 – Bateria CALB 180 AHA**

### **8.1.1 Especificações mecânicas**

- Dimensões: 280 mm x 71 mm x 180 mm.
- Peso: 5,6 kg.
- Tipo de parafuso: M8.
- Torque máximo de aperto do parafuso: 20 Nm.

### **8.1.2 Especificações elétricas**

- Tensão nominal: 3,2 V.
- Tensão de carga máxima: 3,6 V.
- Tensão de descarga mínima: 2,8 V.
- Ciclo de vida: 2.000 recargas.
- Corrente máxima de descarga: 3 C.
- Impedância interna: > 0,9 MΩ.



**Figura 6 – Curva de descarga da bateria**

## 8.2. Sistema de gerenciamento do banco de baterias (BMS)

Para que a vida útil do banco de baterias seja preservada, é necessário um sistema de gerenciamento do banco de baterias. Esse sistema controla toda a energia que entra e que sai do banco de baterias, fazendo inclusive o balanceamento entre as células. Para isso, cada célula tem um circuito eletrônico que é interligado ao dispositivo controlador por meio de uma rede de dados.

### 8.2.1 BMS

O sistema escolhido foi o Elithion.



Figura 7 – BMS

Foto: internet

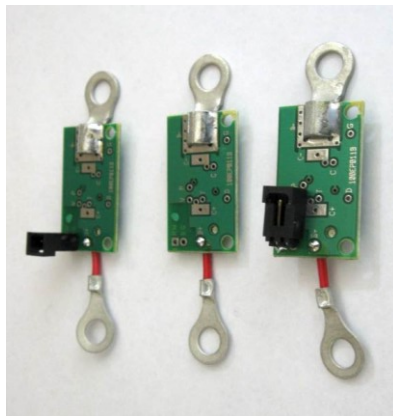


Foto: internet

Figura 8 – Circuitos de gerenciamento



Foto: internet

**Figura 9 – Sensor de corrente do BMS**

### **8.2.2 Principais funções do BMS**

As principais funções do BMS são:

- Medir as tensões das baterias.
- Medir as temperaturas das baterias.
- Medir a corrente das baterias.
- Determinar os valores mínimos e máximos das baterias.
- Calcular as médias dos valores de tensão, corrente e temperatura das baterias.
- Realizar o balanceamento de energia nas baterias.

### 8.3 Carregador de baterias

O carregador de baterias tem por finalidade carregar o banco de baterias. Recebe a tensão de corrente alternada e converte em corrente contínua. O carregador deve ser programado para o tipo de bateria e a tensão que irá operar. Trabalha em conjunto com o BMS. No instante em que o BMS recebe a informação de que todas as baterias estão carregadas e balanceadas, envia um sinal para o carregador de baterias ser desligado.



Foto: internet

**Figura 10 – Carregador de baterias Zivan – NG-3**

### 8.4 Shunt

O shunt é uma resistência calibrada que é ligada ao amperímetro para exibir a corrente do circuito que alimenta o motor elétrico. No caso, está sendo utilizado um shunt de 50 mV e 400 A.



Foto: internet

**Figura 11 – Shunt**

## 8.5 Fusíveis

Os fusíveis têm a finalidade proteger os circuitos eletrônicos. No veículo elétrico, existem três circuitos elétricos que funcionam de forma independente. O circuito de alta tensão e alta corrente, com um fusível de 400 A, um circuito de alta tensão e baixa corrente e um circuito de baixa tensão e baixa corrente. Para todos eles, existem fusíveis de proteção contra curtos-circuitos.



Foto: internet

**Figura 12 – Tipos de fusíveis utilizados na conversão**

## 8.6 Cabos, fios e conectores

Os cabos utilizados nos circuitos de alta tensão e de alta corrente são os de bitola American Wire Gauge (AWG) 2/0, aproximadamente  $70 \text{ mm}^2$ . Os de cor preta são para indicar o polo negativo e os de cor vermelha para indicar o polo positivo do banco de baterias.

Para os demais circuitos, utilizam-se fios de bitolas que variam em função das distâncias e da corrente existente no circuito.

Os conectores são importantes para a realização de manutenções e rápida desconexão.

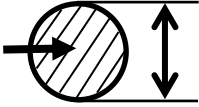


Foto: internet

**Figura 13 – Cabos e conectores**



**Tabela 3 – Tabela de bitolas de fios e cabos**

			CORRENTE MÁXIMA (A)
SEÇÃO mm <sup>2</sup>	DIÂMETRO mm	AWG NBR NM 247-3	
1,0	1,13	16	14
1,5	1,38	14	17
2,5	1,78	12	24
4,0	2,26	10	32
6,0	2,76	8	41
10,0	3,57	6	57

Corrente conforme NBR 5410/2004 – B1

### 8.7 Motor

O motor escolhido, em função do desempenho desejado, foi motor de corrente contínua da Advanced Motors modelo FB1-4001 A.

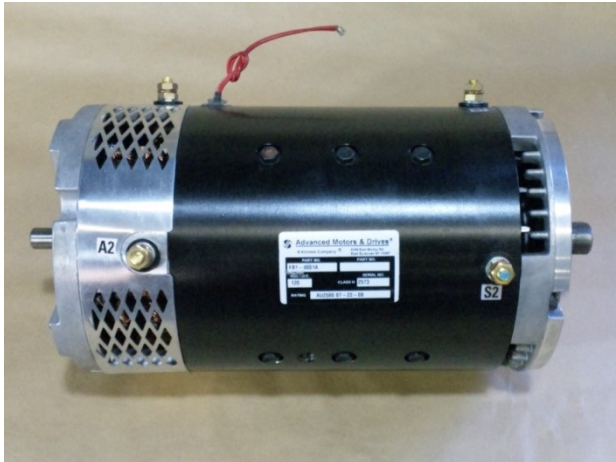


Foto: internet

**Figura 14 – Motor de CC da Advanced Motors modelo FB1–4001A**

### **8.7.1 Especificações do motor**

- Rotação máxima de 5.600 rpm.
- A potência máxima de pico é de 64 kW ou 85 hp.
- A potência máxima por 5 minutos é de 32 kW ou 43 hp.
- A potência máxima por 1 hora é de 21 kW ou 28 hp.
- A potência máxima em regime contínuo é 19 kW ou 25 hp.
- O rendimento é de até 88%.
- Sensor de temperatura na estrutura do motor.

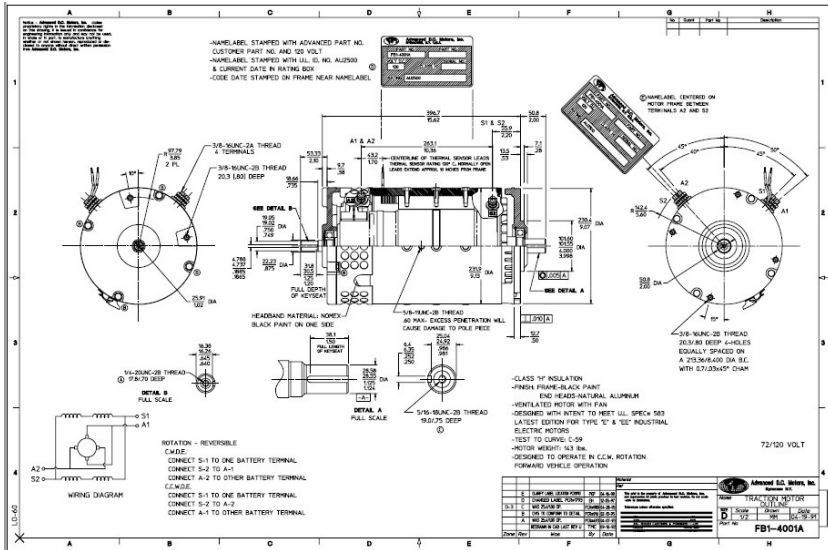
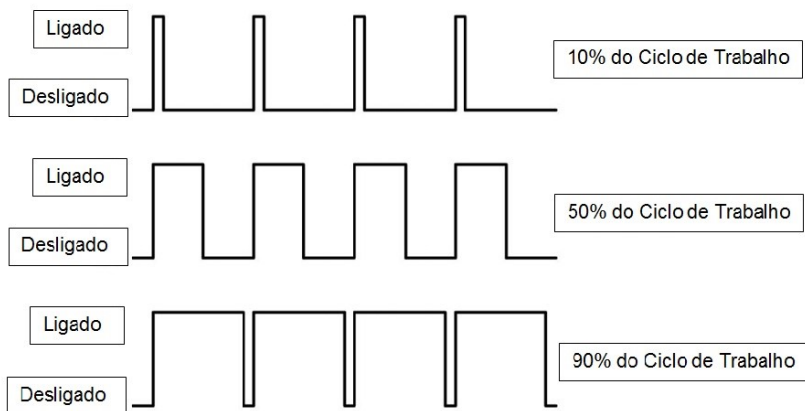


Figura 15 – Desenho técnico do motor

## 8.8 Controlador

O Controlador tem por finalidade controlar a energia do banco de baterias que é enviada ao motor, controlando, assim, a sua rotação. O Controlador escolhido foi o Curtis Modelo 1231C-8601.

O controlador utiliza a técnica PWM – "Pulse Width Modulation". PWM significa Modulação de Largura de Pulso, ou seja, por meio da largura do pulso de uma onda quadrada é possível o controle de potência ou velocidade.



**Figura 16 – Ciclo PWM**



Foto: internet

**Figura 17 – Controlador Curtis Modelo1231C-8601**

## 8.9 Conversor CC–CC

O Conversor CC–CC tem a finalidade de alimentar a bateria auxiliar. O conversor CC–CC é alimentado pela tensão de 132 Volts do banco de baterias e recarrega constantemente a bateria auxiliar. A bateria auxiliar fornece energia para todos os sistemas elétricos originais do veículo.

O modelo utilizado foi o fabricado pela Astrodyne SP-480P-12.



Foto: internet

**Figura 18 – Conversor Corrente–Contínua Corrente–Contínua**

## 8.10 Contactor

O contactor tem por finalidade estabelecer o circuito elétrico de alta corrente. O projeto utiliza dois contactores. Um para o polo positivo e outro para o polo negativo.

O contactor tem também a finalidade de proteção dos circuitos, à medida em que, ao ser desligado, isola completamente o circuito de alta tensão e alta corrente, proveniente do banco de baterias dos demais circuitos.

Considerando que a alimentação do veículo é de 12 Volts, os contactores são de 12 Volts.



Foto: internet

**Figura 19 – Contactor**

### **8.11 Bomba de vácuo**

A Bomba de Vácuo tem a finalidade de prover o vácuo necessário para o sistema de freios, o qual é provido no hidrovácuo.

Para fornecer a quantidade correta de vácuo ao sistema, a bomba de vácuo trabalha com o pressostato. Esse liga e desliga-a à medida da necessidade de equilibrar o vácuo no hidrovácuo.



**Figura 20 – Bomba de vácuo e pressostato**

Foto: internet

## 8.12 Voltímetro e amperímetro

O voltímetro e o amperímetro são os instrumentos que medem e informam ao condutor do veículo o estado da tensão e da corrente instantâneas do banco de baterias. É por meio desses instrumentos que o condutor do veículo tem a informação da energia existente do banco de baterias. Alia-se ainda a contagem dos quilômetros rodados sempre zerando o hodômetro parcial do veículo.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 21 – Amperímetro e voltímetro**

## 8.13 Interruptor inercial

O interruptor inercial é um dispositivo de segurança, desliga o sistema em caso de colisão.

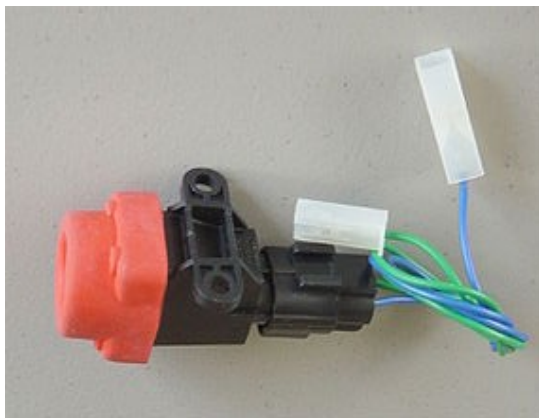


Foto: Elifas Gurgel

**Figura 22 – Interruptor inercial**

#### **8.14 Acoplamento do motor**

A peça de acoplamento do motor elétrico ao sistema de transmissão foi desenvolvida a partir do modelo da árvore de manivelas do motor original.

Foi adquirido um bloco de aço nas mesmas especificações do aço da árvore de manivelas, sendo torneado, furado, feito o rasgo para a chave de fixação e aberta a rosca para o pino de fixação.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 23 – Acoplamento do motor ao sistema de transmissão**



### 8.15 Flange de acoplamento do motor

O flange tem por finalidade acoplar o motor ao sistema provendo o distanciamento correto assim como também permitir a fixação do motor na caixa do sistema de transmissão.

Foi cortado um flange de alumínio no formato semelhante ao do câmbio do Gol. Foram confeccionadas também as flanges auxiliares de alumínio no formato circular para obter a correta distância do flange principal ao motor elétrico. Foi feita a furação do flange principal e presos com parafusos.



Foto: Elifás Gurgel

**Figura 24 – Flanges**

### 8.16 Acelerador mecânico ou *Pot Box*

O acelerador mecânico ou *Pot Box* é um dispositivo mecânico que aciona um potenciômetro por meio de uma alavanca impulsionada pelo pedal do acelerador do veículo, fazendo com que o controlador envie mais ou menos energia para o motor, modificando, assim, a velocidade.

O acelerador mecânico é utilizado em veículos que não disponham de acelerador eletrônico originalmente.

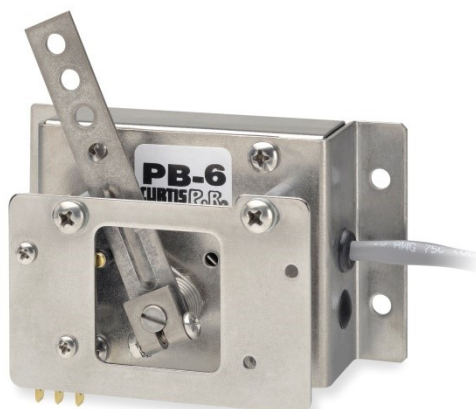


Foto: internet

**Figura 25 – Acelerador mecânico ou *Pot Box***

### **8.17 Acelerador eletrônico**

Os veículos com sistemas de aceleradores eletrônicos podem utilizar o acelerador original. Para isso, deverá ser desenvolvido um dispositivo eletrônico que envia uma tensão variável para o controlador, em função da pressão do motorista do veículo no acelerador.

### **8.18 Relé**

Um relé é um interruptor eletromecânico. A movimentação física deste interruptor ocorre quando a corrente elétrica percorre as espiras da bobina do relé, criando, assim, um campo magnético que, por sua vez atrai a alavanca responsável pela mudança do estado dos contatos, aberto ou fechado.

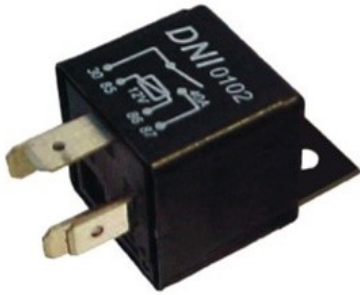


Foto: internet

**Figura 26 – Relé**



## CAPÍTULO 9

---



### 9. Executando a instalação dos sistemas

**E**ste item trata da efetiva instalação dos sistemas. Veremos a seguir a instalação dos seguintes sistemas.

- Sistema de tração.
- Sistema de controle.
- Sistema de baterias.
- Sistema de carga do banco de baterias.
- Sistema de gerenciamento do banco de baterias - BMS.
- Sistema de carga da bateria auxiliar.
- Sistema de monitoramento da carga das baterias.
- Sistema de assistência dos freios.
- Sistema de proteção dos circuitos.
- Sistema de suspensão.

Recomendamos que você faça três ou quatro cópias do esquema principal para você fazer anotações. Isso irá lhe ajudar a fazer a manutenção e aprimoramento do projeto. Tipicamente, utiliza-se fios de  $2,5 \text{ mm}^2$  (AWG 14) e  $1,5 \text{ mm}^2$  (AWG 16) para os circuitos de controle. E, para o carregador de baterias, usa-se fios de  $6 \text{ mm}^2$  (AWG 10).

A disposição dos componentes deve levar em consideração o calor gerado por alguns deles. Assim, faça o percurso da fiação e dos componentes da melhor forma visando à refrigeração do sistema.

### **Atenção:**

- **Todos os circuitos devem ter um fusível de proteção. O fusível deve estar o mais próximo possível da fonte e dimensionado para a corrente nesse circuito.**
- **Tenha a certeza de que os componentes que você irá utilizar são para circuitos de corrente contínua. Componentes para corrente alternada não podem ser utilizados em circuitos de corrente contínua.**
- **A bitola do fio é determinada pela corrente no circuito, não pela tensão. Por exemplo: a tensão de entrada no “DC–DC converter” é de 132 Volts, entretanto a corrente é da ordem de quatro ampères. Portanto, a bitola do fio é de  $2,5 \text{ mm}^2$  (AWG 14) ou de  $1,5 \text{ mm}^2$  (AWG 16). A saída da bateria auxiliar é de 14 Volts e 22 ampères, então o fio a ser usado é de  $6 \text{ mm}^2$  (AWG 10).**

## **9.1 Sistema de tração**

O sistema de tração é composto essencialmente pelo motor e a transmissão. Nesse caso, utiliza-se a transmissão original do veículo inclusive com o uso do câmbio e sistema de embreagem.

### 9.1.1 Instalação física do motor

- O centro do eixo do motor elétrico e o centro do eixo da transmissão devem estar muito bem alinhados, a tolerância é da ordem de 0,005 polegadas.



Foto: Elifas Gurgel

### Figura 27 – Câmbio e embreagem

- O motor deve estar apoiado em pelo menos dois pontos. Um ponto de apoio próximo ao flange e o segundo ponto próximo ao lado oposto.
- O motor deve ser apoiado por coxins na estrutura do veículo.



Foto: Elifas Gurgel

### Figura 28 – Fixação do motor

- O comutador do motor deve ser protegido de pequenas pedras por meio de uma tela instalada no motor.

- O alinhamento do motor com o sistema de transmissão pode ser realizado melhor com o sistema fora do veículo.



Foto: Elifas Gurgel

### Figura 29 – Alinhamento do motor

**Atenção: a instalação do motor é crítica, cuidado com as dimensões! Observe sempre a liberação das partes móveis do motor, antes, durante e depois da instalação.**

- Proteja o motor com um plástico no momento da instalação para evitar que objetos caiam dentro dele.
- Em alguns casos, será necessário cortar parte do eixo do motor. Isso pode ser feito com uma ferramenta de corte.



Foto: Elifas Gurgel

### Figura 30 – Detalhe da fixação do motor

### 9.1.2 Flange do motor

- Os flanges devem ser cortados em conformidade com o câmbio do veículo.
- Flanges adicionais devem ser inseridos de forma a adequar a distância do câmbio.

### 9.1.3 Acoplamento do motor

- O acoplamento deverá ser instalado no eixo do motor antes de instalar o motor na caixa de câmbio.
- No caso da solução, o sistema de embreagem foi mantido. Assim, o volante motor teve o seu peso reduzido e fixado no acoplamento do motor.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 31 – Acoplamento no volante motor**

### 9.1.4 Sensor de rotação do motor

- Foi desenvolvido um acoplamento para receber a roda fônica original do MCI do Gol para enviar o sinal de rotação do motor para o painel do veículo.





Foto: Elifás Gurgel

**Figura 32 – Suporte da roda fônica**

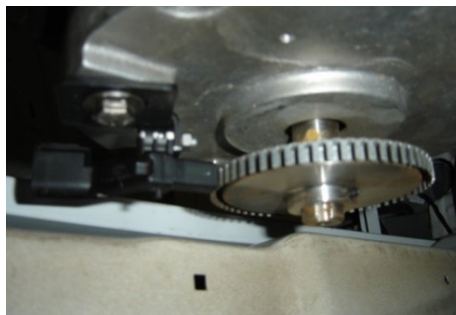
- A fixação do sensor hall foi feita por um suporte desenvolvido especificamente para esse fim.



Foto: Elifás Gurgel

**Figura 33 – Sensor Hall e suporte**

- O sensor foi fixado no motor elétrico.



**Figura 34 – Sensor Hall instalado no motor**

### 9.1.5 Instalação elétrica do motor

- Existem dois cabos grossos, 2/0 (aproximadamente 70 mm<sup>2</sup>), que se ligam ao motor e que estão ligados ao controlador.
- Esses cabos devem se conectados por meio das porcas no motor.
- O cabo positivo deve ser ligado no terminal A1 do motor
- O cabo negativo deve ser ligado no terminal S1 do motor.
- Os terminais A2 e S2 devem ser interligados também com os cabos de 70 mm<sup>2</sup>.

### 9.1.6 Instalação do sensor de temperatura do motor

- Considerando que a temperatura de funcionamento do motor elétrico é próxima do motor a explosão, foi ainda utilizado um sensor vendido no comércio de autopeças e aplicado no motor a explosão do Gol, para indicar a temperatura de funcionamento do motor elétrico.
- Dentro do mesmo princípio de utilizar os mostradores originais do painel do Gol, foi utilizado o indicador de temperatura do painel original MTE Thomson 3005.



Foto: Elifas Gurgel

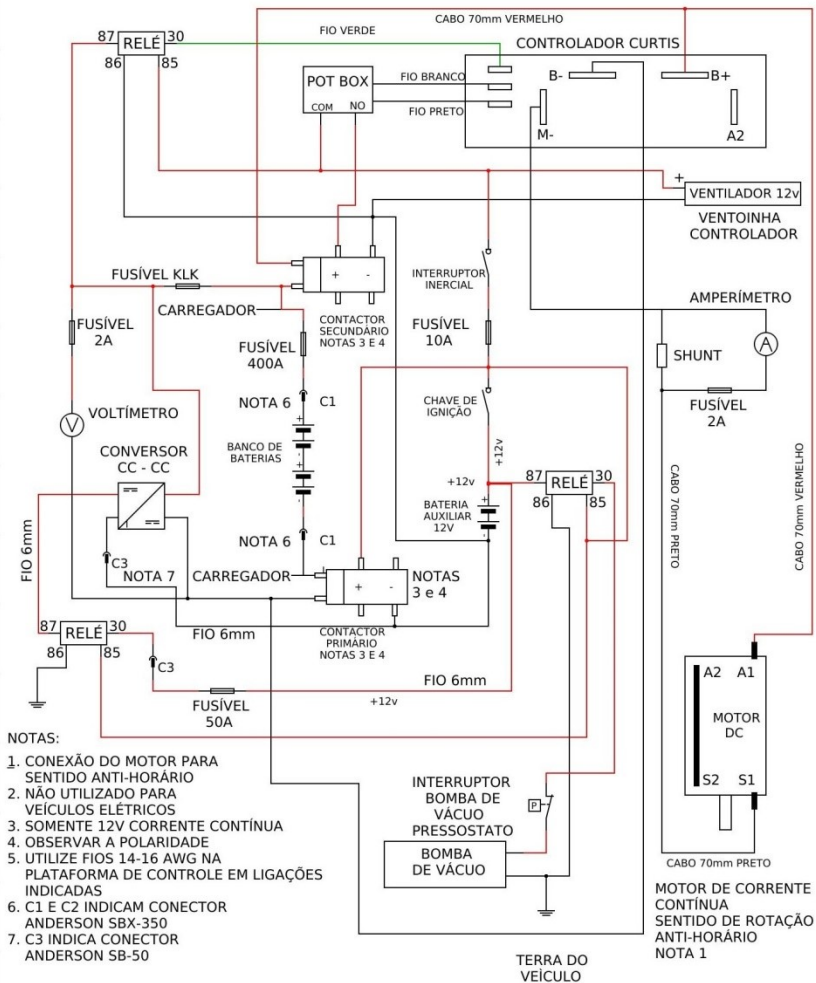
**Figura 35 – Instalação do sensor de temperatura**

## 9.2 Sistema de controle

O sistema de controle é responsável por todo o controle dos demais sistemas elétricos do veículo. Ele é montado em uma plataforma, chamada de plataforma de controle. É nessa plataforma em que teremos montados os seguintes componentes:

- Controlador Curtis.
- Contactores.
- Fusíveis de 5 A, 10 A, 20 A, 30 A e 400 A.
- Shunt.
- Relé.
- Ventilador do controlador.
- Placa dissipadora de calor do controlador.

O circuito elétrico a ser desenvolvido na plataforma de controle é o da figura a seguir:



**Figura 36 – Esquema elétrico geral**

### 9.2.1 Construção da plataforma de controle

A plataforma de controle é o local onde serão instalados os componentes citados acima. Portanto, deve ser de material resistente e isolante, madeira compensado naval ou nylon, com pelo menos 12 mm de espessura.

O local dessa plataforma de controle mais apropriado é no compartimento do motor, por estar próximo ao motor e dos demais componentes.

Inicialmente, deve ser analisado o local exato para se adequar o formato da plataforma de controle de forma a dispor os componentes e preparar o seu suporte. A seguir, as imagens do formato e da distribuição dos componentes.

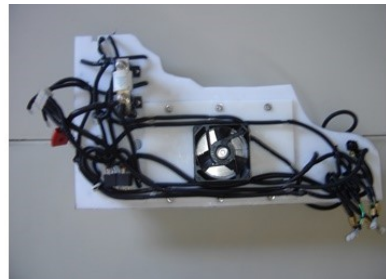
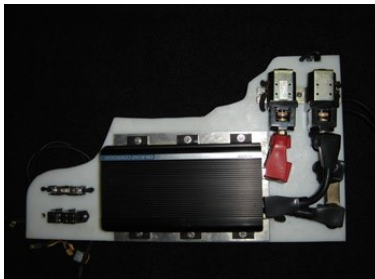
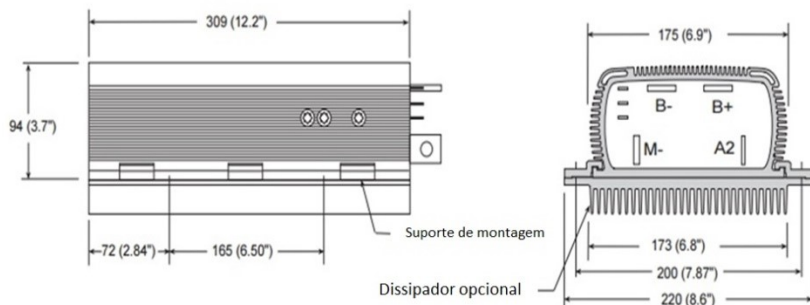
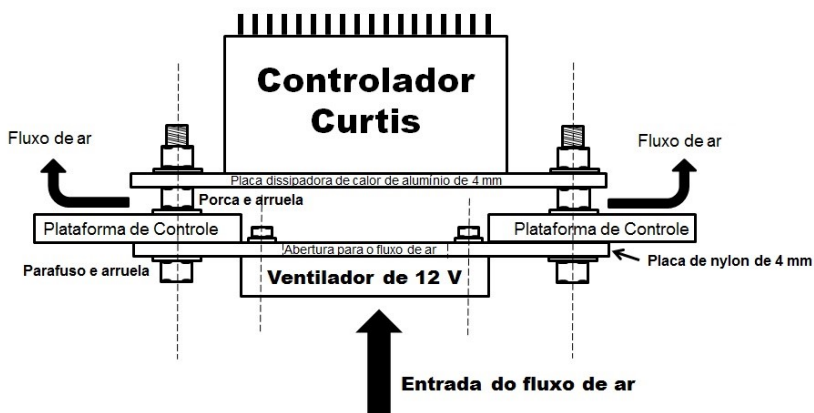


Foto: Elifas Gurgel

**Figura 37 – Vista superior e inferior da plataforma de controle**



**Figura 38 – Dimensões do controlador Curtis**



**Figura 39 – Montagem do controlador na plataforma de controle**

É importante observar que o controlador é um componente que aquece. Portanto, precisa ter um bom sistema de arrefecimento. Para isso, na montagem do controlador na plataforma de controle, o ar insuflado pelo ventilador deve circular por toda a superfície inferior do controlador.

Para a montagem do controlador na plataforma de controle, siga as seguintes ações:

- Marque a furação do controlador na placa dissipadora de alumínio de 4 mm, na plataforma de controle e placa de nylon de 4 mm.
- Faça os orifícios para a montagem posterior.
- Faça a furação para a passagem do fluxo de ar na placa de nylon um pouco menor do que o diâmetro do ventilador.
- Fixe o ventilador e a sua placa na plataforma de controle.
- Fixe a placa dissipadora do controlador, utilizando os parafusos que transpassam toda a plataforma de controle com uma porca e arruela, servindo de espaçador para cada parafuso.
- Fixe o controlador na plataforma de controle.
- Fixe os contactores, os suportes dos fusíveis e o shunt na plataforma de controle.

### **9.2.2 Ligações elétricas**

As ligações elétricas devem seguir exatamente o que consta no diagrama elétrico geral.

Além do contido nesse livro, o manual do controlador deve ser consultado.

### **9.2.3 Acelerador**

A aceleração do veículo deve ser por meio do pedal original. No caso de ser um sistema mecânico, por meio de cabo, utiliza-se o *Pot Box*. No caso do sistema original ser eletrônico, utiliza-se um circuito eletrônico. O controlador opera com as duas formas.

### **9.2.4 Instalação física do *Pot Box***

O *Pot Box* deve ser instalado no compartimento do motor aproveitando o cabo do acelerador original, no caso do veículo ser dotado de um sistema a cabo.

O suporte do cabo do acelerador deve ser desenvolvido e fixado próximo ao *Pot Box* de forma que possa ser ajustado.



Foto: Elifas Gurgel

### **Figura 40 – Instalação física do *Pot Box***

#### **9.2.5 Instalação elétrica do *Pot Box***

A instalação elétrica do *Pot Box* deve ser realizada conforme o esquema elétrico geral.

Há um cabo cinza com dois fios. Um preto e outro branco. Esses fios devem ser conectados nos terminais 2 e 3 do controlador de ¼". Não há polaridade, portanto esses fios podem ser conectados indiferentemente no controlador.

Os fios podem ser diminuídos ou acrescidos, caso haja necessidade. Certifique-se de que a resistência de 0 Ohms, ou um valor muito próximo a 0 Ohms seja observada na posição de não aceleração.

Existe no *Pot Box* uma microchave. Essa é usada para ativar o contactor secundário. Isso requer o uso das conexões COM (*Common* – Comum) e NC (*Normaly Closed* – Normalmente Fechado).

#### **9.2.6 Acelerador eletrônico**

No caso em que o acelerador original do carro seja eletrônico, esse pode ser utilizado para acelerar o carro. Para tanto, é necessário que seja adaptada um microchave para acionar o contactor secundário.

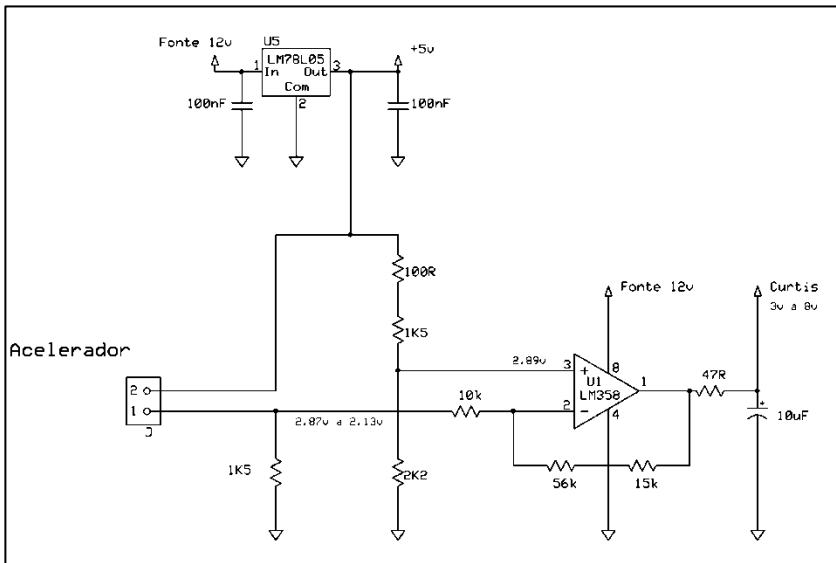


A saída do circuito eletrônico é conectada nos terminais 2 e 3 do controlador.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 41 – Acelerador eletrônico**



**Figura 42 – Esquema elétrico do acelerador eletrônico**

A figura 42 apresenta o esquema elétrico do acelerador eletrônico desenvolvido pelo Engenheiro Flávio Alexandre.

### **9.2.7 Contactores**

Existem basicamente duas partes no contactor: a bobina que atua o contactor e os seus terminais. A bobina apresenta terminais de  $\frac{1}{4}$  de polegada. Esses terminais têm a mesma ligação entre eles, portanto existem dois terminais positivos e dois terminais negativos.

Os contactores são de 12 Volts. Eles operam nas tensões de 8 a 12 Volts. Os contactores têm um diodo nos terminais, portanto observe a correta polaridade dos terminais, positivo e negativo.

O acionamento da chave de ignição aciona o contactor primário. O contactor secundário é acionado pela microchave do “Pot Box” ou do acelerador.

Instale os contactores de forma que eles possam operar livremente.

Utilize terminais para facilitar a manutenção.

O uso de dois contactores é a forma mais segura, pois basta retirar o pé do acelerador para desconectar o sistema.

### **9.3 Sistema de baterias**

O sistema de baterias compreende o banco de baterias principal, responsável pela mobilidade do veículo e a bateria auxiliar, original do veículo que tem por finalidade alimentar os sistemas originais, tais como iluminação e limpador do para-brisa e que já se encontra instalada no veículo.

Faz parte também do sistema de baterias os seus respectivos carregadores.

#### **9.3.1 Suporte do banco de baterias**

O banco de baterias é constituído por 40 células de baterias de íon de lítio ferro fosfato –  $\text{LiFePO}_4$ . Elas foram acomodadas dentro do veículo distribuídas da seguinte forma: 30 na parte traseira e dez na parte dianteira. Para cada veículo, a distribuição do banco de baterias deve ser cuidadosamente planejada. Modelos de isopor ou papel, nas dimensões exatas das baterias, ajudam muito na busca da melhor solução.

Para acomodar as 30 células na parte traseira, foi construída uma caixa com chapa de aço número 14, medindo 73 cm de largura, 60 cm de profundidade e 35 cm de altura.



Foto: Elifás Gurgel

### Figura 43 – Escolha do local da caixa de baterias traseira

A caixa foi construída e reforçada internamente na estrutura da parte inferior, para evitar a deformação, com cinco perfis quadrados de cerca de dois centímetros de lado.



Foto: Elifás Gurgel

### Figura 44 – Caixa de baterias traseira – construção



Foto: Elifas Gurgel

### **Figura 45 – Caixa de baterias traseira – reforço**

Foi feito o corte quadrado na estrutura do veículo, onde antes ficava o pneu estepe, nas dimensões da caixa de baterias. A caixa foi soldada pelo perfil “L” fixado à caixa na estrutura do veículo com solda MIG.



Foto: Elifas Gurgel

### **Figura 46 – Caixa de baterias traseira – fixação**

Para acomodar as dez baterias na parte dianteira, foi construído um suporte.



Foto: Elifás Gurgel

### **Figura 47 – Banco de baterias – suporte dianteiro**

Para construir os suportes, foi utilizado perfil em “L” nº 16 com 2,5 cm de largura. Na figura a seguir, uma visão do suporte dianteiro do banco de baterias e do suporte da plataforma de controle.

O lado esquerdo do suporte dianteiro do banco de baterias foi aproveitado para a instalação da bomba de vácuo.

O suporte foi apoiado e fixado com parafusos tipo rebite na estrutura do veículo.



Foto: Elifás Gurgel

### **Figura 48 – Banco de baterias – suporte dianteiro**

### 9.3.2 Instalação física das baterias

Após a confecção da caixa do banco de baterias traseiro e o suporte do banco de baterias dianteiro, as baterias foram instaladas.

Inicialmente, as baterias foram empilhadas em grupos de dez de forma a manter o pacote rígido para a acomodação na parte dianteira. Na parte da frente, foram instaladas dez baterias, e na parte de trás, foram instaladas 30 baterias.

Foi construída uma capa de lona impermeável para proteger as baterias.

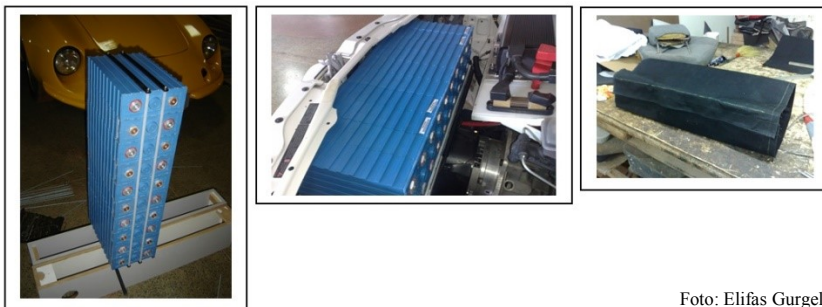


Foto: Elifas Gurgel

#### **Figura 49 – Banco de baterias dianteiro – preparação**

A fixação das baterias dianteiras foi por meio de uma barra presa ao suporte por tirantes.



Foto: Elifás Gurgel

### **Figura 50 – Banco de baterias dianteiro – finalização**

As baterias traseiras do banco de baterias foram acomodadas também em blocos de dez baterias. Portanto foram três blocos.

A caixa traseira foi toda forrada com papelão hidráulico de 1,6 mm, que é também utilizado para fazer juntas para motores a explosão. No fundo da caixa, foi colocada ainda uma chapa de aço inoxidável para nivelar os perfis quadrados e uma camada de tapete de borracha para absorver a vibração.

Foram instalados dois ventiladores nas laterais da caixa traseira para forçar a ventilação das baterias.

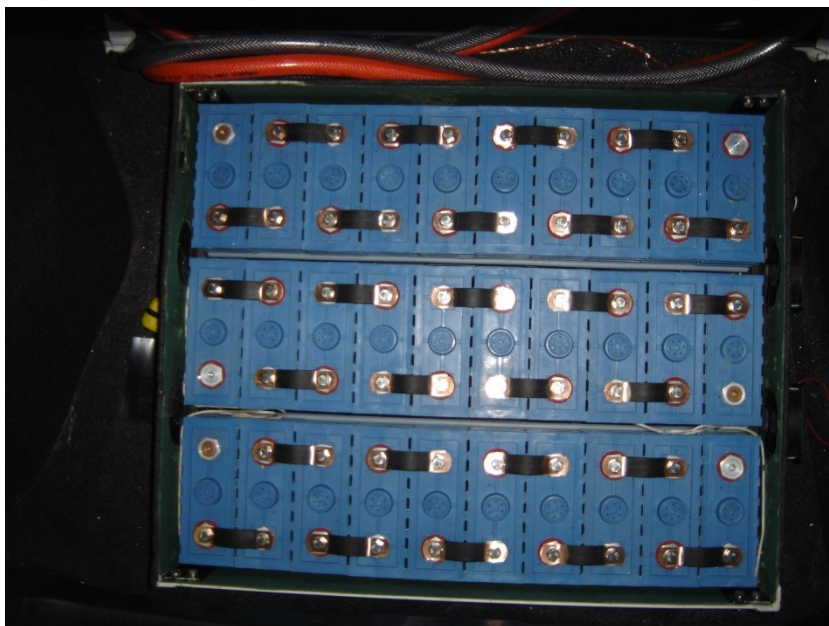


Foto: Elifas Gurgel

**Figura 51 – Instalação e ligação das baterias traseiras**

### **9.3.3 Ligações elétricas do banco de baterias**

Todas as baterias devem ser ligadas em série. Foram utilizadas as conexões adquiridas exclusivamente para essas ligações. Elas precisam ser flexíveis para que não causem danos às baterias em virtude das vibrações.

Nas ligações das baterias, deve ser empregado o cabo de 70 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG) de acordo com o esquema elétrico, utilizando os conectores crimpados com a ferramenta adequada e protegidos com o termo retrátil.



**Atenção: observe que esse circuito de alta tensão e alta corrente é completamente isolado da estrutura do veículo. Isso é muito importante!**

Para a conexão dos cabos provenientes das baterias, na plataforma de controle, utilizar o conector Anderson SBX-350.

Para proteger os cabos de ligação de 70 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG) das baterias que irão passar por baixo do veículo, utilizei uma mangueira de PVC trançada com diâmetro de pelo menos 12 mm.

#### **9.4 Sistema de carga do banco de baterias**

O carregamento do banco de baterias é realizado pelo carregador de baterias. O carregador do banco de baterias foi instalado na parte interna da cabine do veículo por se tratar de componente que não suporta o ambiente agressivo do compartimento do motor.

**Atenção: o carregador de baterias deve ser programado para a curva de carga de cada tipo de bateria.**

Foi utilizada a abertura original de abastecimento do veículo para se instalar a tomada de energia.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 52 – Preparação do local de fixação da tomada de energia**

A decisão de instalar tanto o carregador de baterias quanto o conversor CC - CC na parte traseira do banco dos passageiros foi tomada tendo em vista que o local onde se encontra o motor sofre bastante com as agressões externas, por isso, considerando que são equipamentos sensíveis, eles foram colocados na parte interna do Gol.

Para fixar o carregador, foram utilizados coxins para absorver as vibrações. Esses coxins são os mesmos utilizados no radiador do Gol.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 53 – Fixação do carregador do banco de baterias**

A instalação elétrica do carregador deve ser realizada como no esquema do veículo elétrico constante desse livro e será abordado no item seguinte, pois o carregador do banco de baterias será integrado ao sistema de gerenciamento do banco de baterias – BMS.

Foi instalada em minha vaga da garagem do apartamento onde resido uma tomada industrial de energia elétrica de 32 Ampères, com os pinos Fase, Neutro e Terra, retirada diretamente do quadro elétrico do meu apartamento.

Nesse quadro, foi instalado um medidor de energia, modelo DDS-1Y-18L da CCA, e um disjuntor de 25 Ampères. Esse medidor é importante para a aferição do consumo de energia do veículo.

**Atenção: é importantíssimo que sejam respeitados os três fios. Fase, Neutro e Terra. Há risco de mau funcionamento do sistema, caso essa observação não seja respeitada.**

O cálculo para a bitola do fio de recarga do banco de baterias deve ser feito considerando uma corrente de 16 Ampères.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 54 – Recarga do banco de baterias – instalação elétrica**

#### 9.4.1 Cabo de força para a recarga do banco de baterias

O cabo de força para a recarga das baterias deve ser um cabo de comprimento de cinco metros de fios flexíveis de bitola 10 AWG com as tomadas de energia de 32 Ampères, coerente com as respectivas tomadas nas quais será conectado.

Os plugues e as tomadas utilizadas são blindados e fabricados pela empresa “Steck” da linha “Newkon”.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 55 – Plugues e tomadas**

## **9.5 Sistema de gerenciamento do banco de baterias - BMS**

O BMS tem por finalidade equilibrar a carga e monitorar a carga e a descarga de cada uma das células do banco de baterias, preservando, assim, a vida útil do banco de baterias. O sistema escolhido foi o Elithion.

Cada célula tem um circuito eletrônico que é interligado ao dispositivo controlador por meio de uma rede de dados.

Sendo um dispositivo sensível, também foi instalado no interior do veículo, no encosto do banco traseiro dos passageiros.

É um sistema que opera em conjunto com o carregador de baterias, de forma a também atuar no carregador de baterias, desligando-o.

A instalação do BMS é complexa e deve ser cuidadosamente feita, observando também o manual do fabricante.

### 9.5.1 Apresentação do BMS



Foto: internet

**Figura 56 – BMS - Descrição dos LED's e interfaces**

O controlador BMS possui vários LED's para informar o seu status. Abaixo estão descritas as indicações dos LED's do BMS:

- **LOAD POWER** – LED vermelho aceso. Indica que o banco de baterias está em descarga.
- **SOURCE POWER** – LED âmbar aceso. Indica que o banco de baterias está em processo de carga.
- **CONTACTORS REQUEST** – LED verde aceso. O BMS está recebendo uma solicitação para ligar os contactores (por exemplo: linha de ignição).

- INTERLOCK OPEN – LED vermelho aceso. Se os dois pinos do conector Interlock não estiverem em curto-circuito. Observe que a polaridade é programável (em curto = OK ou aberto = OK).
- BATT CURR – LED aceso indica fluxo de corrente no banco de baterias. LED na cor vermelha aceso indica descarga e LED na cor verde aceso indica carga do banco de baterias. Fica mais brilhante com mais corrente.
- LLIM – LED azul aceso. Indica que pelo menos uma bateria atingiu o limite inferior programado.
- HLIM – LED âmbar aceso. Indica pelo menos uma bateria atingiu o limite superior programado.
- FAULT – LED vermelho aceso. Indica que ocorreu um erro.
- FAN – LED azul aceso. Indica que um ventilador foi ligado.
- K1 – LED âmbar aceso. Se o BMS acionar a bobina do relé de pré-carga K1.
- K2 – LED vermelho aceso. Se o BMS acionar a bobina do contactor com polaridade positiva.
- K3 – LED verde aceso. Se o BMS acionar a bobina do contactor com polaridade negativa.
- 5V SUPPLY – LED verde aceso. Se a alimentação interna de 5 V estiver em uso.

Além dos LED's o BMS dispõe de várias interfaces para a realização do gerenciamento do banco de baterias. A seguir serão apresentadas apenas as interfaces utilizadas na conversão do Gol Elétrico:

- RS-232 – Porta serial – A porta serial é a interface utilizada para a conexão a um computador para realizar as configurações do BMS por meio de um aplicativo de emulação de terminal.
- EXT CURR SNSR – Sensor de corrente externo – O sensor de corrente tem por finalidade medir a corrente de carga e descarga do banco de baterias.

- **BANKS** – Conexões dos bancos de bateria – O Elithion Lithiumate™ BMS pode lidar com baterias com até 255 células em série. Existem 16 interfaces para receber bancos distintos. Por razões técnicas e para a maior confiabilidade, o BMS vê todo o banco de baterias como composta por vários grupos, denominados "bancos". (Isso não significa que o conjunto em si é fisicamente dividido em seções: isso é apenas no que diz respeito à forma como o BMS vê o conjunto de baterias).

Um banco é um conjunto de células conectadas em série que se comunicam com o controlador através de seu próprio cabo de comunicação. Portanto, se o banco de baterias estiver dividido em três bancos, existem três cabos entre o controlador BMS e cada um desses bancos.

No caso do Gol Elétrico, foram utilizados três bancos, sendo dois com 15 células e um banco com 10 células.

- **CONTROL** – Controle – O conector de controle permite conectar o BMS ao resto do sistema.

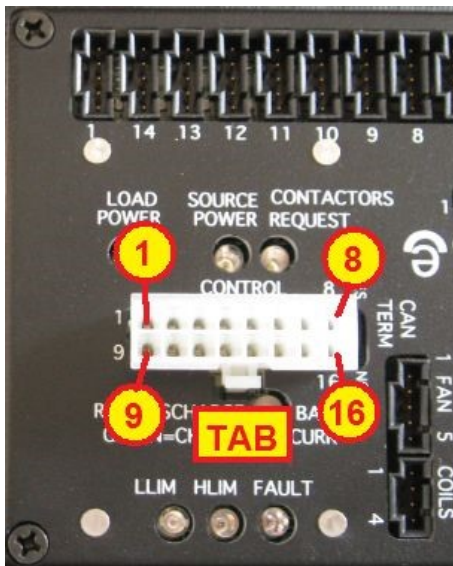


Foto: internet

**Figura 57 – Conector de controle**

O conector de controle tem 16 pinos, que serão descritos a seguir:



**Tabela 4 – Descrição dos pinos do conector de controle**

Pino	Nome	Função	Notas
1	GND	Terra para sinal de baixa potência	Use um fio separado da terra de alimentação, para evitar erros nas leituras analógicas.
2	V+	Fornecimento de +12 V	Tensão de fornecimento de tensão de +12 V quando o BMS é alimentado por meio da linha V+. Pode ser usado para alimentar outros equipamentos como registradores e controladores remotos.
3	V+L	Alimentação quando estiver em descarga.	V + L deve ser alimentado com +12 V sempre que o carro estiver ligado, em funcionamento.
4	V+S	Alimentação quando estiver em carga.	V + S deve ser alimentado com +12 V sempre que o carregador do banco de baterias estiver ligado.
5	Cont. Req.	Solicitação para ligar contactor	Envia sinal para que os contactores sejam ligados. Para aplicações de veículos conectado à linha de ignição (desligado quando a ignição se apaga).
6	SRC	Corrente de carga	Entrada analógica para medir a corrente de carga do carregador (0-5V)
7	5V	Fonte auxiliar de 5V	Para alimentar dispositivos de baixa potência
8	CANL	Barramento da rede CAN - baixo	
9	PGND	Terra para sinal de alta potência	Retorno para altas correntes de carga (bobinas de contactor, ventilador, HLIM, LLIM e saídas de falha). Use um fio separado da terra do sinal.
10	LLIM	Limite baixo da capacidade da bateria	Esta saída é acionada quando bateria estiver incapaz de aceitar mais descarga. É configurada por software.
11	HLIM	Limite alto da capacidade da bateria	Esta saída é acionada quando bateria estiver incapaz de aceitar mais carga. É configurada por software.
12	FLT	Falha	Esta saída é acionada em caso de falha. É configurada por software.
13	SOC	Saída analógica do estado da carga do banco de baterias	Tensão analógica: 5 V = 100 %, carga completa; Tensão analógica: 0 V = 0 %, bateria descarregada.
14	DCL	Limite da corrente de descarga	Tensão analógica: 5 V = sem limite de corrente, até 0 V = corrente totalmente limitada.
15	CCL	Limite da corrente de carga	
16	CANH	Barramento da rede CAN - alto	

- CAN TERM (YES – NO) – Se o veículo tiver um barramento CAN pode ser conectado nesse conector.
- 1 FAN 5 – O BMS pode controlar ventiladores quando a temperatura da célula excede um limite ou quando há necessidade de aquecer as células do banco de baterias. Pode acionar diretamente um ventilador CC de baixa potência ou um relé para acionar ventiladores de alta potência. A outra forma é acionar ventiladores com velocidade variável, por meio da saída PWM. Nesse caso, o BMS deve ser programado. Consulte o manual do fabricante para utilizar essa funcionalidade.
- COILS (1 – 4) – O BMS pode acionar diretamente contactores opcionais: 2 contactores em série com cada linha da bateria, além de um relé de pré-carga em série com um resistor de pré-carga. Consulte o manual do fabricante para utilizar essa funcionalidade.
- PGM – Portable GrayMap – Se você precisar reprogramar o BMS utilize este conector. Consulte o manual do fabricante para utilizar essa funcionalidade.
- INTERLOCK – Boqueio. Nesse conector o BMS pode abrir um contactor e imobilizar o veículo. Dependendo da programação, os pinos em aberto podem bloquear ou podem desbloquear.
- 5V SUPPLY – Fonte de 5V que pode ser utilizada para alimentar dispositivos de baixa potência.

### **9.5.2 Instalação do BMS**

Para a instalação do BMS são necessárias, essencialmente 4 etapas: planejar, instalar, configurar e testar. É importante que o manual do fabricante seja consultado para complementar as informações contidas nesse livro

Na fase de planejamento da instalação do BMS no Gol Elétrico, tomei as seguintes decisões:

- Todas as células foram ligadas em série e divididas em 3 bancos: dois bancos com 15 células cada um, na caixa traseira e um banco com 10 células, localizado na parte dianteira do veículo.

- O controle dos contactores e sistema de refrigeração ficaram fora do controle do BMS.
- A leitura da corrente é realizada por sensor externo e não utiliza o barramento CAN.
- O BMS controla o processo de carga, desligando o carregador quando terminar o processo.
- Embora o BMS possa desligar o motor em caso de sobrecarga do banco de baterias, foi decidido não utilizar essa funcionalidade em virtude da possibilidade do deligamento do motor com o carro em movimento.
- Escolhi a melhor localização para o BMS. Utilizei a parte traseira inferior esquerda do banco dos passageiros em virtude da maior proteção física e facilidade das ligações elétricas.

Na fase da execução da instalação segui a seguinte sequência de atividades:

- Instalei os circuitos de gerenciamento em cada uma das células, obedecendo a sequência das três redes de dados estabelecidas na fase de planejamento.
- Observe que há três tipos de circuitos de gerenciamento. Os positivos, os negativos e os circuitos intermediários. Na aquisição do seu BMS você deve informar ao vendedor como você planejou o seu banco de baterias. Abaixo você poderá observar as imagens dos circuitos de gerenciamento positivo, negativo e intermediários.

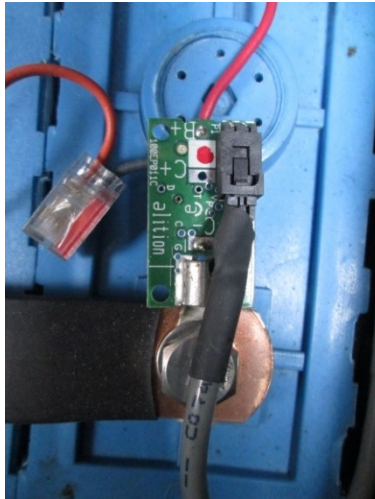


Foto: Elifas Gurgel

**Figura 58 – Circuito de gerenciamento positivo**

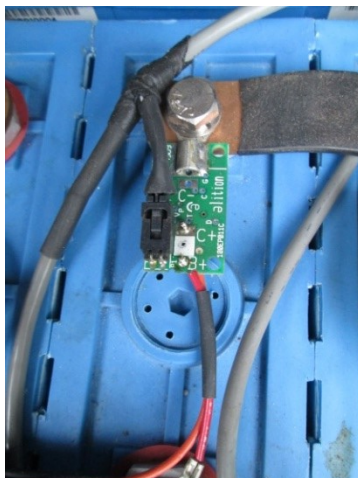


Foto: Elifas Gurgel

**Figura 59 – Circuito de gerenciamento negativo**

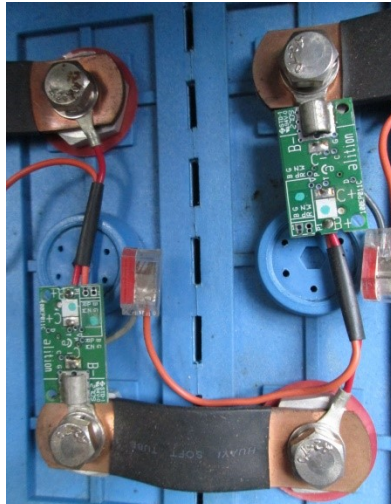


Foto: Elifas Gurgel

### **Figura 60 – Circuitos de gerenciamento intermediários**

- Conectei os fios entre os circuitos de gerenciamento adjacentes para cada um dos três bancos.
- Conectei os fios do cabo de quatro vias mais a blindagem, bitola  $0,25 \text{ mm}^2$  (24 AWG), que acompanhou o kit do BMS, aos terminais tipo WM2512-ND e instalei nos conectores tipo WM2903-ND. Esses cabos ligam os circuitos de gerenciamento às entradas dos bancos de baterias ao BMS. Abaixo as imagens do conector assim como o seu respectivo desenho técnico.



Foto: internet

**Figura 61 – Conector dos circuitos de gerenciamento para o BMS**

**Tabela 5 – Conexão dos circuitos de gerenciamento para o BMS**

Pino	Nome	Tipo	Função	Cor do fio	Observações
1	TX	Saída	Transmissão	Vermelho	Para a célula mais positiva do banco
2	Gnd	Terra	Retorno de TX	Preto	
3		Blindagem	Comum para TX e RX	-	Não se liga na outra extremidade
4		Terra	Retorno de RX	Verde	Para a célula mais negativa do banco
5	RX	Entrada	Recepção	Branco	



Foto: Elifas Gurgel

### Figura 62 – Ligações ao BMS

- Instalei o sensor de corrente. O sensor de corrente pode ser instalado em qualquer ponto de conexão de das baterias, que estão ligadas em série. Observe abaixo a instalação do sensor de corrente no banco de baterias do Gol Elétrico, notadamente a seta indicando o sentido da corrente no banco de baterias.
- O sensor de corrente mede a corrente nos dois sentidos, isto é, na carga e na descarga do banco de baterias. Mede correntes de 50 a 600 Ampères.
- A conexão elétrica ao BMS se dá por meio do conector modelo WM4902-ND de quatro pinos e terminais tipo WM2512-ND.



Foto: internet

**Figura 63 – Conector do sensor de corrente ao BMS**

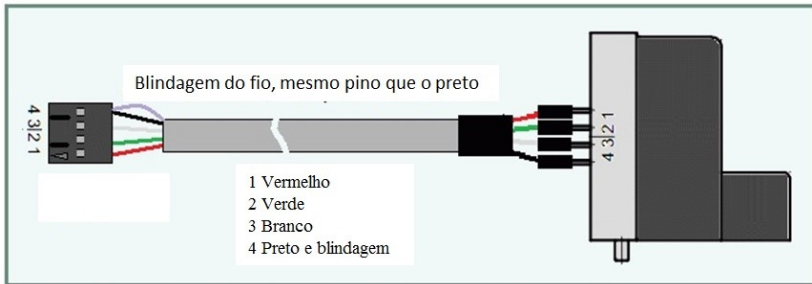


Foto: internet

**Figura 64 – Ligação do sensor de corrente ao conector**

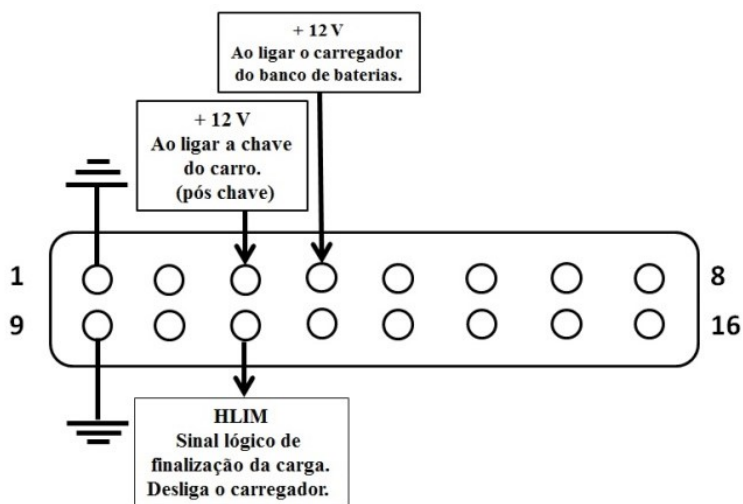




Foto: Elifas Gurgel

**Figura 65 – Instalação física do sensor de corrente**

- Instalei o controlador BMS propriamente dito no encosto do banco dos passageiros, buscando a facilidade das ligações e proteção mecânica.
- Utilizei apenas as funcionalidades básicas do BMS. Abaixo o esquema elétrico da instalação do BMS.



**Figura 66 – Ligações ao conector de controle do BMS**

O processo de carga do banco de baterias é gerenciado pelo BMS. Assim, tão logo termine o processo de carga o BMS desliga o carregador. Abaixo o esquema elétrico de ligação do carregador ao BMS.

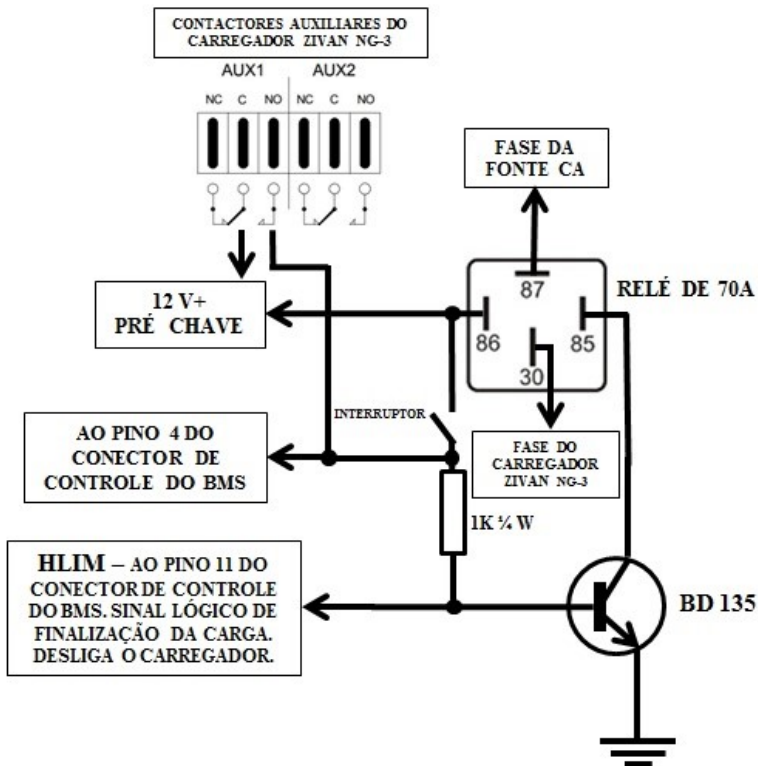


Figura 67 – Esquema elétrico de carga do banco de baterias

Os contactores auxiliares do carregador do banco de baterias são acionados no momento em que o carregador é ligado, estabelecendo o circuito elétrico nos terminais “C” e “NO”.



**Figura 68 – Interruptor de início da carga**

O interruptor de início de carga foi instalado na parte interna próximo à lanterna traseira direita.

Após a instalação elétrica e física de todos os componentes, a próxima etapa é a configuração do controlador BMS.

Para isso é necessário fazer a configuração da porta de comunicações serial para a conexão à porta serial RS-232 do controlador BMS com uma porta COM do computador.

Dependendo da configuração das portas do seu computador, você poderá utilizar um cabo conversor USB para serial. É necessário fazer a instalação do software que acompanha o cabo.



**Figura 69 – Cabo conversor USB 2.0 para serial**

O próximo passo é baixar e instalar o software de emulação de terminal para que haja a comunicação do computador com o controlador BMS. O software recomendado é o PuTTY. Esse software pode ser baixado gratuitamente no seguinte endereço eletrônico: <https://www.putty.org/>.

Após baixar o software e instalar no seu computador, é preciso que ele seja configurado para se comunicar corretamente com o controlador BMS.

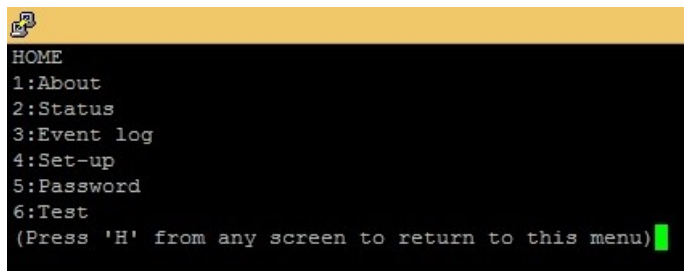
As configurações recomendadas para a versão 1.xx, que é a que foi utilizada no Gol Elétrico são:

- 19.200 baud.
- 8 bits de dados.
- sem paridade.
- 1 bit de parada.
- Controle de fluxo: nenhum.

É importante que estas configurações sejam respeitadas, caso contrário, não haverá comunicação com o controlador BMS.

Além das configurações do software PuTTY é importante também você verificar, no seu computador, qual a porta COM que está habilitada pelo seu sistema operacional.

Após a configuração do computador, do software PuTTY, será realizada a configuração do BMS, por meio de um software interativo, em função do tipo de bateria que você está utilizando, assim como também, as demais configurações necessárias para o perfeito funcionamento do controlador BMS.



**Figura 70 – Tela do menu principal do BMS**

Assim, segui as seguintes etapas de configuração, considerando as configurações padrão do controlador BMS e a utilização das baterias de  $\text{LiFePO}_4$ .

- Conectei um computador à porta serial no controlador BMS.
- Liguei o controlador BMS, ligando a chave do carro.
- Programei as funções das linhas de entrada e saída: as saídas (LLIM, HLIM, FLT) foram deixadas na programação padrão, normalmente aberto.
- Programei o arranjo do banco de baterias: a 1ª vez que é ligado, o BMS descobre automaticamente quantas células estão no banco de baterias e a configuração que foi adotada. É possível fazer essa programação manualmente.
- Confirmei que o BMS encontrou todos os bancos e todas as células.
- Programei os parâmetros operacionais: tipo de célula, tensão, correntes máximas de carga e descarga, sensor de corrente, capacidade nominal da bateria. Muitos outros parâmetros podem ser personalizados, mas geralmente são deixados o padrão.
- Finalmente, testei todo o sistema e comprovei o seu perfeito funcionamento.

## 9.6 Sistema de carga da bateria auxiliar

O conversor CC - CC tem a finalidade de carregar a bateria auxiliar, original do veículo.

A decisão de instalar tanto o carregador de baterias quanto o conversor CC - CC na parte traseira do banco dos passageiros foi tomada tendo em vista que o local onde se encontra o motor sofre bastante com as agressões externas, por isso, considerando que são equipamentos sensíveis, eles foram colocados na parte interna do Gol, no encosto do banco de passageiros traseiro.

Para fixar o conversor CC - CC foram utilizados também coxins para absorver as vibrações. Esses coxins são os mesmos utilizados no radiador do Gol.

Foi instalada uma placa de alumínio de 310 mm de comprimento por 190 mm de largura e 2 mm de espessura que fica de encontro ao encosto do banco de passageiros para dissipar melhor o calor gerado pelo conversor CC - CC.

Foto: Elifás Gurgel

A instalação elétrica do conversor CC - CC encontra-se no esquema elétrico. Utilize o conector Anderson SB-50.

**Atenção: deve ser instalado um relé para desconectar o conversor CC - CC da bateria auxiliar quando não estiver ligado.**

Na figura a seguir, é apresentado o esquema elétrico das ligações do conversor CC - CC.

## CONVERSOR CC-CC ASTRODYNE MODELO SP-480P-12

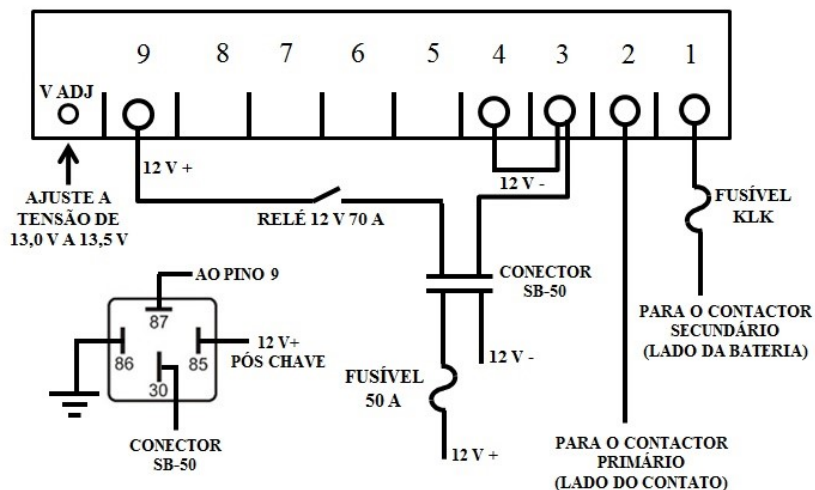


Figura 71 – Esquema de ligações do conversor CC-CC

### 9.7 Sistema de monitoramento da carga do banco de baterias

O Gol Elétrico dispõe de dois dispositivos de monitoramento da carga do banco de baterias, o voltímetro e o amperímetro.

#### 9.7.1 Voltímetro

O voltímetro mede a tensão do banco de baterias. É um bom indicativo do estado da carga das baterias.

É ligado em paralelo ao banco de baterias, conforme o contido no circuito elétrico do veículo.

Foi acondicionado em uma caixa que lhe deu sustentação e facilitou a visibilidade por parte do motorista e foi instalado acima do painel, no centro.

#### 9.7.2 Amperímetro

O amperímetro mede a corrente instantânea da corrente que está sendo consumida pelo motor.



Deve ser ligado em paralelo com o *shunt*, conforme o contido no circuito elétrico do veículo.

Da mesma forma que o voltímetro, foi acondicionado em uma caixa que lhe deu sustentação e facilitou a visibilidade por parte do motorista e foi instalado acima do painel, no centro.

Um chicote especial foi instalado no voltímetro e amperímetro.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 72 – Instalação do voltímetro e do amperímetro**

## 9.8 Sistema de assistência dos freios

O veículo original dispõe de um sistema de freios que utiliza o vácuo produzido pelo motor de combustão interna. O motor elétrico que move o carro não produz vácuo, por isso é necessário um sistema adicional para prover a assistência dos freios.

### 9.8.1 Bomba de vácuo e pressostato

A bomba de vácuo provê o vácuo necessário para a assistência dos freios e o pressostato regula o vácuo no servofreio do carro. É importante medir o vácuo necessário para cada modelo de carro. Em função do valor encontrado, o pressostato deve ser calibrado.

A instalação física da bomba de vácuo foi feita no suporte do banco de baterias dianteiro assim como o pressostato.

A bomba de vácuo deve ser montada com o uso de coxins para absorver as vibrações provocadas pelo seu motor.

A instalação elétrica deve seguir o contido no esquema elétrico indicado nesse livro.

A tubulação de borracha que conduz o vácuo da bomba de vácuo deve ser acoplada à válvula no hidrovácuo com o uso de abraçadeiras metálicas e as conexões rosqueadas devem ser feitas com o uso de fitas vedantes de PVC.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 73 – Instalação da bomba de vácuo e pressostato**

## **9.9 Sistema de proteção dos circuitos**

A proteção dos circuitos se dá por meio do uso de fusíveis e do interruptor inercial.

### **9.9.1 Fusíveis do circuito de baixa tensão e baixa corrente**

Observe no esquema elétrico e identifique os fusíveis seguindo os valores indicados.

### **9.9.2 Fusível do circuito de alta tensão e baixa corrente**

Observe no esquema elétrico e identifique o fusível, seguindo os valores indicados.

### **9.9.3 Fusível do circuito de alta tensão e alta corrente**

Esse fusível é 400 Ampères. Protege o circuito do banco de baterias. Observe o esquema elétrico para a sua correta instalação.

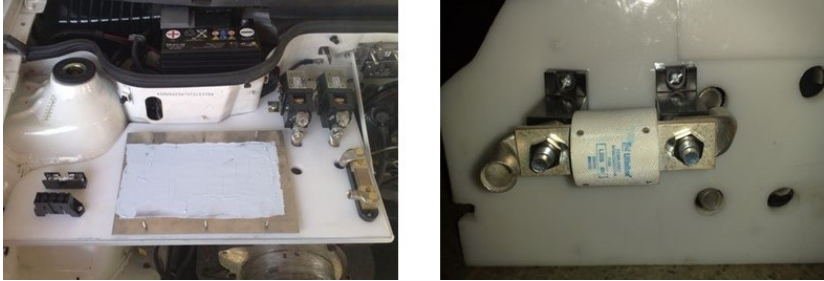


Foto: Elifás Gurgel

**Figura 74 – Localização dos fusíveis**

#### **9.9.4 Interruptor inercial**

O interruptor inercial deve ser fixado na estrutura do veículo. A sua instalação elétrica deve seguir o esquema apresentado. No caso de colisão, o interruptor inercial interrompe o circuito de alimentação da plataforma de controle, desconectando, integralmente, qualquer possibilidade de acionamento dos contactores. Dessa forma, o circuito de alta tensão e alta corrente fica inoperante.

Para que o interruptor inercial volte a atuar novamente, é necessário comprimi-lo na parte superior, vermelha.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 75 – Localização do interruptor inercial**

## **9.10 Sistema de suspensão**

A adequação do sistema de suspensão se dá em virtude do aumento do peso do carro, notadamente na parte traseira.

### **9.10.1 Substituição das molas e amortecedores**

Tendo em vista o peso do banco de baterias na parte traseira do Gol, foram instaladas na suspensão traseira molas específicas para veículos com kit de Gás Natural Veicular – GNV e, ainda, foi utilizado o amortecedor de suspensão elevada original da Volkswagen. Foram utilizados os amortecedores do Gol G4 Rallye modelo 2009.

Sem o peso das baterias de íon de lítio, apenas com as baterias de teste, o carro ficou cerca de três cm acima da medida da altura original.



Foto: Elifas Gurgel

**Figura 76 – Substituição das molas e amortecedores**



## CAPÍTULO 10



### **10. Acabamento, condução segura e manutenção**

Neste capítulo será abordado como foi feito o acabamento final do porta-malas, a forma segura para a condução do veículo convertido e as atividades referentes à manutenção do seu carro convertido.

#### **10.1 Acabamento**

O acabamento bem realizado é muito importante para a aparência do seu trabalho e deve merecer atenção especial.

O Porta Malas do Gol Elétrico ficou cerca de 15% menor do que original. A cobertura do banco de baterias traseiro feita em compensado naval de 25 mm (vinte e cinco milímetros) bipartido e

protegido por um carpete, o que permite transportar qualquer objeto sobre essa estrutura. Foi aproveitado ainda o carpete original.

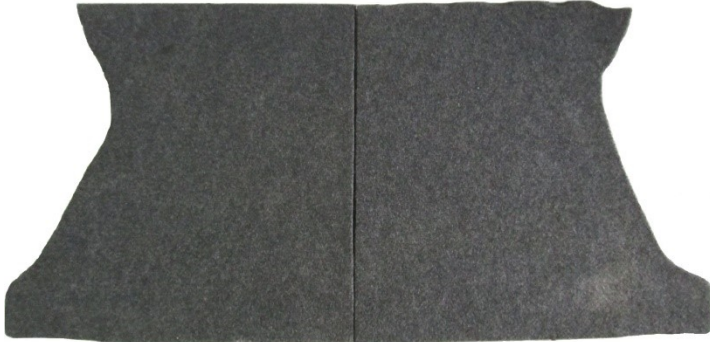


Foto: Elifás Gurgel

**Figura 77 – Cobertura do banco de baterias traseiro**



Foto: Elifás Gurgel

**Figura 78 – Acabamento do porta-malas**

## 10.2 Condução segura

A condução segura de um veículo elétrico depende essencialmente da atenção do condutor nos instrumentos do veículo e da forma de conduzir o veículo.

### 10.2.1 Uso dos instrumentos de controle

- Os instrumentos de controle disponíveis para o condutor do veículo são o voltímetro e o amperímetro. O voltímetro indica constantemente a tensão em Volts do banco de baterias. O amperímetro indica a corrente que está sendo consumida em cada instante em Ampères.
- Quando o veículo inicia um deslocamento, a corrente aumenta e pode chegar a 400 Ampères. Nesse momento, a tensão cai um pouco, cerca de 10% do valor quando o veículo está parado. Esse comportamento é normal, pois, sob carga, a tensão da bateria tende a cair. Uma queda de tensão muito acentuada em uma arrancada normal, indica que o banco de baterias precisa ser recarregado.
- Se o seu veículo tem o medidor de rotações do motor, observe que ele não ultrapasse o valor máximo de rotações por minuto – rpm. No caso do Gol Elétrico, o motor da Advanced Motors FB1–4001A, não pode ultrapassar de 5.600 rpm. É muito importante observar esse limite.
- Zerar o hodômetro parcial a cada recarga é sempre uma boa medida para ter a informação sempre atual da quilometragem percorrida, pois o voltímetro e o amperímetro fornecem informações pouco precisas do estado da carga do banco de baterias.
- Portanto, esteja sempre atento aos instrumentos de controle.

### 10.2.2 Maximizando a autonomia

- O veículo elétrico é mais sensível do que um veículo a motor de combustão interna quanto à forma de dirigir. Acelerações bruscas e altas velocidades reduz de forma considerável a autonomia do



veículo. Portanto, quanto menos acelerar, menor o consumo de energia, e, conseqüentemente, maior a autonomia.

- Antecipar-se ao trânsito, evitando freadas bruscas e arrancadas rápidas, maximiza a autonomia do veículo elétrico e preserva a vida útil do banco de baterias.
- Observe qual marcha deve ser utilizada para cada velocidade. O motor elétrico da Advanced Motors FB1 4001–A funciona com a sua eficiência máxima na rotação em torno de 4.000 rpm (quatro mil rotações por minuto).

### **10.2.3 Hábitos que prejudicam o veículo elétrico**

- Acelerar quando a marcha não estiver engatada.
- Arrancar de 4ª ou 5ª marcha, se houver.
- Ultrapassar a rotação máxima do motor que é de 5.600 rpm.
- Segurar o veículo em uma rampa com o auxílio do motor. Isso irá queimá-lo. Utilize o freio de mão.
- Deixar o banco de baterias com uma carga muito baixa. Preferencialmente, utilize até 70% da capacidade total de seu banco de baterias.

## **10.3 Manutenção do veículo convertido**

A manutenção do veículo elétrico é muito mais simples do que um veículo movido a motor de combustão interna. Entretanto, não pode ser negligenciada sob pena de ter grande prejuízo.

Além dos equipamentos elétricos instalados no veículo, as manutenções dos demais itens mecânicos devem ser observadas, como o sistema de freios e suspensão, seguindo o manual do veículo original.

**Atenção: não se esqueça de desconectar o banco de baterias por ocasião da realização da manutenção.**

### **10.3.1 Motor**

Para motores com escova, que é o caso do motor da Advanced Motors FB1 4001-A, utilizado pelo Gol Elétrico, as escovas devem ser substituídas, em média, a cada 80.000 km rodados.

Verificar mensalmente a fixação do motor nos coxins.

### **10.3.2 Baterias**

As baterias de íon de lítio não requerem manutenção como as de chumbo ácidas. Entretanto, mensalmente, elas devem ser verificadas e limpas em caso de acúmulo de sujeira e quanto a maus contatos e a fixação.

### **10.3.3 Carregador de baterias**

O carregador de baterias não requer manutenção. Entretanto, deve ser verificado quanto às conexões e à limpeza.



## CAPÍTULO 11



### 11. Regularização

Nada mais frustrante do que dispender muita energia para converter o seu veículo e não poder circular em vias públicas.

A legislação brasileira regulamenta a atividade de conversão de veículos movidos a motor de combustão interna para motores elétricos. A conversão deve ser realizada apenas por empresa (Pessoa Jurídica) cujo contrato social conste, explicitamente, essa atividade e deve ser homologada pelo Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN.

O Código de Trânsito Brasileiro – CTB, no Artigo 96, classifica, quanto à tração, os veículos elétricos como veículos que são movidos por energia elétrica.

No início do projeto da conversão do Gol Elétrico, não havia legislação que amparasse essa atividade. Assim, solicitei à Câmara

Temática de Assuntos Veiculares - CTAV, uma oportunidade para apresentar o meu projeto e solicitar que fosse regulamentada a conversão de veículos movidos a motor de combustão interna para motor elétrico.

Após a finalização e aprovação do relatório que tratou do tema, foi publicado no Diário Oficial da União - DOU nº 72 de 16 de abril de 2010, a Portaria nº 279, de 15 de abril de 2010, do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, que altera o Anexo II da Resolução nº 291, de 29 de agosto de 2008, do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, que dispõe sobre as transformações de veículos sujeitas a homologação compulsória. Na realidade, essa Portaria, pela primeira vez, permitia que fosse feita a transformação de veículos movidos a motor de combustão interna para motor elétrico.

A normatização que trata da empresa que realiza a conversão é a portaria nº 190, de 29 de junho de 2009. Essa Portaria estabelece as condições para a emissão do Certificado de Capacitação Técnica - CCT para realizar transformações. Portanto, para regularizar o Gol Elétrico, criei a empresa 4GVE Indústria de Veículos Elétricos Ltda, que foi homologada pelo DENATRAN para realizar transformações de veículos movidos a motor de combustão interna para elétricos.

Atualmente, as normatizações que tratam dos veículos convertidos são a resolução nº 291, de 29 de agosto de 2008 e a portaria nº 59, de 27 de abril de 2017. Esta portaria substitui os Anexos da Portaria DENATRAN nº 65, de 24 de março de 2016, que estabelece a Tabela I - Classificação de Veículos conforme Tipo/Marca/Espécie e a Tabela II - Transformações de Veículos sujeitos a homologação compulsória da Resolução CONTRAN nº 291, de 29 de agosto de 2008.

Todos esses normativos podem ser obtidos acessando o *site* do DENATRAN na internet.

COMO CONVERTER O SEU CARRO PARA ELÉTRICO



MINISTÉRIO DAS CIDADES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO

**CERTIFICADO DE ADEQUAÇÃO À LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO – CAT Nº 0264/15**

O Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, em cumprimento ao que dispõe a Portaria nº 190/09 do DENATRAN, concede com base na documentação apresentada, constante do processo nº 80000.009343/2014-82 DENATRAN, o presente CERTIFICADO, a **4GVE INDUSTRIA DE VEÍCULOS ELETRICOS LTDA**, CNPJ Nº 13.002.576/0001-30 referente ao veículo abaixo especificado:

MARCA/MODELO/VERSÃO: **VW/GOL 4GVE ELETRICO EGA**  
CÓDIGO MARCA/MODELO/VERSÃO: **154876**  
ESPÉCIE/TIPO: **PASSEIRO/ AUTOMÓVEL**  
CARROÇARIA: **NA**  
CAPACIDADE MÁXIMA: **LOTAÇÃO: CONDUTOR + 04 PASSEIRO(S)**  
PBT: **1,615 t**  
CMT: **1,615 t**  
QUANTIDADE DE EIXOS: **02 EIXO(S)**  
FABRICANTE: **VOLKSWAGEN DO BRASIL LTDA**  
ENCARROÇADOR: **NA**  
TRANSFORMADOR: **4GVE INDUSTRIA DE VEÍCULOS ELETRICOS LTDA**  
PAÍS DE FABRICAÇÃO/ORIGEM: **BRASIL**  
IDENTIFICADOR INTERNACIONAL DO FABRICANTE (WMI): **9BW**  
CÓDIGO(S) VIN: \*\*\*\*\*

Este CERTIFICADO não exige do interessado de comprovar junto ao Órgão ou Entidade Executiva de Trânsito, por ocasião do registro, licenciamento e emplacamento, que o veículo objeto deste esteja adequado a legislação vigente de identificação e de segurança veicular. A comprovação restringe-se a comprovação de que o veículo está conforme ao memorial descritivo do Anexo IV, mediante a vistoria.

Brasília, 03 de março de 2015.

  
**MILTON WALTER FRANTZ**  
Coordenador Geral

  
**ALBERTO ANGERAMI**  
Diretor do DENATRAN

**Figura 79 – CAT do Gol Elétrico**

1ª Via - Cliente - 2ª Via - Organismo de Inspeção Credenciado - 3ª Via - INMETRO


 Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial		COMPROVANTE DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA NÚMERO: <b>013500</b>	
01 RAZÃO SOCIAL 4GVE INDÚSTRIA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS LTDA		02 CCG 13.002.576/0001-30	
03 ENDEREÇO AV. SANTOS DUMONT, 2626, SALA 313, BAIRRO ALDEOTA			
04 MUNICÍPIO FORTALEZA	05 ESTADO CE	06 CEP 60.150-162	07 DDD/TELEFONE (85) 99812185
08 ESPÉCIE/TIPO PAS/AUTOMOVEL		09 MARCA/MODELO/VERSÃO VW/GOL 4GVE ELETRICO FGA	
10 DOCUMENTO(S) DE REFERÊNCIA PORTARIA Nº31 - INMETRO, PORTARIA Nº 190- DENATRAN			
11 ORGANISMO DE INSPEÇÃO CREDENCIADO SETA - REALENGO INSTITUIÇÃO TÉCNICA DE INSPEÇÃO VEICULAR LTDA		12 NÚMERO CREDENCIAMENTO OIA/SV Nº 618	
13 ENDEREÇO ST SAA/NORTE QUADRA 02 LT 450/460/470 BAIRRO: ZONA INDUSTRIAL			
14 MUNICÍPIO BRASÍLIA	15 ESTADO DF	16 CEP 70.632-250	17 DDD/TELEFONE (61)3362-7944
18 RESPONSÁVEL TÉCNICO Manoel Senhorino Castilho CREA 121176585-7		22 ASSINATURA E CARIMBO DO ORGANISMO DE INSPEÇÃO CREDENCIADO <i>Manoel S. Castilho</i> SETA INSPEÇÃO VEICULAR CEP: 70.632-250 (61) 3362-7944 CNPJ: 11.443.209/0004-99	
19 DATA DE AVALIAÇÃO 09/12/2016	20 DATA DE EMISSÃO 13/12/2016	21 VALIDADE 06/12/2018	

Figura 80 – CCT da empresa 4GVE - Frente

23 OBSERVAÇÕES:
CARACTERÍSTICAS FINAL DO PRODUTO  COMBUSTÍVEL/ALIMENTAÇÃO: ELÉTRICO/FONTE INTERNA MOTOR: ELÉTRICO  RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA EMPRESA CAPACITADA: ENGº FERNANDO JOSÉ LOPES DE CASTRO ALVES - CREA CE 44863/D  OIA QUE REALIZOU A INSPEÇÃO: SETA INSPEÇÃO VEICULAR - OIA/SV Nº 618

Figura 81 – CCT da empresa 4GVE - Verso

COMO CONVERTER O SEU CARRO PARA ELÉTRICO


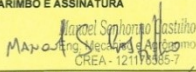
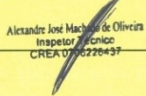



		<b>SETA - REALENGO INSTITUICAO TECNICA DE INSPECAO VEICULAR LTD</b>		<b>LAUDO TÉCNICO</b> Nº: 946/12-16 RPS: DATA DE EMISSÃO 12/12/2016	
CNPJ:11.443.209/0004-99		Inscrição Estadual:ISENTO			
QUADRA SAAN QUADRA 2 Nº 02 / ZONA INDUSTRIAL - BRASÍLIA/DF CEP 70632250		Telefone 6133627944 FAX			
<b>LAUDO TÉCNICO</b>					
<b>DADOS DO PROPRIETÁRIO</b>					
Proprietário ELIFAS CHAVES GURGEL DO AMARAL			CNPJ/CPF [REDACTED]		
Endereço: [REDACTED]		Bairro [REDACTED]	Cidade [REDACTED]	Estado [REDACTED]	CEP [REDACTED]
<b>IDENTIFICAÇÃO DO VEÍCULO</b>					
Placa [REDACTED]		Chassi [REDACTED]		Cor BRANCA	
Marca/Modelo VW/GOL 4GVE ELETRICO EGA		Espécie/Tipo PAS/AUTOMOVEL/NAO APLIC		Ano Fabricação 2008/2009	
<b>CARACTERÍSTICAS ATUAIS DE VEÍCULO</b>					
Placa [REDACTED]		Chassi [REDACTED]		Cor BRANCA	
Marca/Modelo VW/GOL 4GVE ELETRICO EGA		Espécie/Tipo PAS/AUTOMOVEL/NAO APLIC		Ano Fabricação 2008/2009	
Combustível ELT FT INT	Potencial/Cil 69CV	PBT 0.0	CMT NA	Capacidade/Lotação 5P	
<b>DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS / METODOS DE ENSAIO</b>					
OS METODOS DE ENSAIO UTILIZADOS NESTA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA VEICULAR FORAM DE ASPECTO VISUAL, DINÂMICO E ESTÁTICO, ONDE FORAM AVALIADOS SUAS DIMENSÕES, CAPACIDADES, SEGURANÇA E ATENDIMENTO DO VEÍCULO À LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO VIGENTE.					
<b>RESULTADO</b>					
O veículo foi submetido aos ensaios acima descritos e atendeu satisfatoriamente as normas de qualidade deste organismo de inspeção; nada obsta do ponto de vista de segurança veicular que possa impedi-lo de circular, considerando o atual estado do veículo; este laudo não pressupõe qualquer garantia aos itens vistoriados, nem isenta o montador e/o proprietário do veículo de suas responsabilidades quanto quaisquer danos pessoais e materiais, provocados por problema de montagem, manutenção ou utilização incorreta; considere-se o veículo APROVADO nos ensaios a que fora submetido.					
<b>DECALQUE DO CHASSI</b>					
[REDACTED]					
Data Inspeção 12/12/2016		Data Emissão 12/12/2016		Data Vencimento 12/01/2017	
NOME / Nº CREA DO ENGENHEIRO MANOEL SENHORINO CASTILHO		121176585-7		CARIMBO E ASSINATURA  Manoel Senhorino Castilho Inspetor Técnico de Segurança CREA - 121176585-7	
NOME / Nº CREA DO INSPECTOR ALEXANDRE JOSE MACHADO DE OLIVEIRA		0706226437		CARIMBO E ASSINATURA  Alexandre José Machado de Oliveira Inspetor Técnico CREA - 0706226437	

Figura 82 – Laudo técnico – Frente

	<b>SETA - REALENGO INSTITUICAO TECNICA DE INSPECAO VEICULAR LTD</b>	<b>LAUDO TÉCNICO</b>
	CNPJ:11.443.209/0004-99      Inscrição Estadual:ISENTO	Nº: 946/12-16
QUADRA SAAN QUADRA 2 Nº 02 / ZONA INDUSTRIAL - BRASÍLIA/DF CEP 70632250		RPS:
Telefone 6133627944 FAX		<b>DATA DE EMISSÃO</b>
		12/12/2016

**REGISTROS FOTOGRÁFICOS**

 <p>12/12/2016 10:18</p>	 <p>12/12/2016 10:19</p>
---	---

**APROVADO**

**Figura 83 – Laudo técnico – Verso**



Depois de concluídos todos os procedimentos anteriores, fui a Departamento de Transito - DETRAN local, no caso foi o do Distrito Federal, que emitiu a nova documentação do Gol Elétrico.

REPUBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DAS CIDADES

DETRAN

\*\* DET: 000 DER: 000 Nº [REDACTED]  
DETRAN - DF CERTIFICADO DE REGISTRO E LICENCIAMENTO DE VEÍCULO

VIA: 01 CÔD. RENAVAL: [REDACTED] R.N.T.R.C.: [REDACTED] EXERCÍCIO: 2017

NOME: ELIFAS CHAVES GURGEL DO AMARAL

CID: BRASÍLIA DF

PLACA: [REDACTED]

PLACA ANT./A/E: [REDACTED] CHASSI: [REDACTED]

ESPECIE/TIPO: PAS/AUTOMOVCL/NAO APLIC COMBUSTIVEL: ELT FT INT

MARCA / MODELO: VW/GOL 4GVE ELETRICO EGA ANO FAB.: 2008 ANO MOD.: 2009

CAP / POT / CIL: 005P/069CV/ CATEGORIA: PARTICU COR PREDOMINANTE: BRANCA

COTA ÚNICA: \*\*PAGO\*\* VENC. COTA ÚNICA: \*\*PAGO\*\* 1º VENC. / COTAS: \*\*PAGO\*\*  
2º \*\*PAGO\*\*  
3º \*\*PAGO\*\*

FAIXA I.P.V.A.: LIC/CAD PARCELAMENTO / COTAS: PAGO

PREMIO TARIFARIO (R\$): [REDACTED] IOF (R\$): [REDACTED] PREMIO TOTAL (R\$): [REDACTED] DATA DE PAGAMENTO: [REDACTED]

SEGURO OBRIGATORIO

OBSERVAÇÕES CLRE: [REDACTED]

VEIC TRANSF. CSU DOCUMENTO DE FORTÉ OBRIGATORIO NÃO VÁLIDO PARA TRANSFERÊNCIA

LOCAL: BRASÍLIA - DF DATA: 23/08/2017  
SILVANO BARBOSA TORRES FILHO  
Diretor Geral Interino  
DETRAN-DF

CONTRAN

EXPEDIDOR: [REDACTED]

Figura 84 – Documento do Gol Elétrico emitido DETRAN-DF

## **12. Referências**

### **12.1 Livros**

*Brant, Bob. Build Your Own Electric Vehicle, McGraw-Hill, Inc.*

*Powers, Gary. From Gasoline To Electric Power – A Conversion Experience*

*Brown, Michael P. Convert It: A Step-By-Step Manual For Converting An Internal Combustion Vehicle To Electric Power*

### **12.2 Manual**

Electric Vehicle Manual – Electric Vehicles of America, Inc.

### **12.3 Estudos e Pesquisas**

Estratégia de Implantação do Carro Elétrico no Brasil - versão preliminar - João Paulo dos Reis Velloso

### **12.4 Principais sites**

<http://www.clubedocarroeletrico.com.br/>

<http://www.calbusainc.com/>

<http://store.evtv.me/>

<http://lithiumate.elithion.com/php/index.php>

<http://faiscas.com.br/page10.html>

<http://evamerica.com/>

<http://www.nidec-amd.com/>

<http://curtisinstruments.com/products/series-motor-controllers/>

<http://www.evamerica.com/curtisdrivesystemdatasheet.pdf>

<http://www.astrodynetdi.com/>

<http://www.albrightinternational.com/>

<http://www.zivanusa.com/pdf/NG3.pdf>

<https://gastmfg.com/>



**APÊNDICE “A”  
DESENHOS TÉCNICOS  
DO GOL ELÉTRICO**

**Elifas Gurgel**

## Sumário

1.	Mudanças na carroceria do Gol Elétrico.....	5
2.	Visão Geral do Gol Elétrico .....	8
3.	Vista superior da parte dianteira do Gol Elétrico.....	9
4.	Vista superior da parte traseira do Gol Elétrico.....	10
5.	Vista traseira do Gol Elétrico .....	11
6.	Vista lateral direita com corte ao longo do eixo transversal .....	12
7.	Suporte da plataforma de controle.....	13
8.	Suporte do motor.....	15
9.	Caixa do banco de baterias traseiro .....	18
10.	Suporte do banco de baterias dianteiro .....	23
11.	Acoplamento do motor .....	30

## Lista de figuras

Figura 1 – Mudanças realizadas na carroceria original do veículo .....	6
Figura 2 – Visão isométrica do Gol Elétrico .....	7
Figura 3 – Vista lateral direita .....	8
Figura 4 – Vista superior com corte ao longo do eixo transversal .....	9
Figura 5 – Vista superior com corte ao longo do eixo transversal .....	10
Figura 6 – Vista traseira do Gol Elétrico.....	11
Figura 7 – Vista lateral direita com corte ao longo do eixo transversal .....	12
Figura 8 – Cantoneira 15 x 15 x 3 mm .....	13
Figura 9 – Vista superior do suporte da plataforma de controle .....	13
Figura 10 – Vista lateral e vista isométrica do suporte da plataforma de controle.....	14
Figura 11 – Vista frontal do suporte do motor.....	15
Figura 12 – Vista lateral esquerda do suporte do motor .....	16
Figura 13 – Vista inferior do suporte do motor .....	16
Figura 14 – Vista isométrica do suporte do motor .....	17
Figura 15 – Cantoneira de 15 x 15 x 1,5 mm .....	18
Figura 16 – Perfil quadrado de 10 x 10 x 1,2 mm .....	18
Figura 17 – Vista superior da caixa do banco de baterias traseiro .....	19
Figura 18 – Vista lateral da caixa do banco de baterias traseiro .....	20
Figura 19 – Vista isométrica da caixa do banco de baterias traseiro..	20
Figura 20 – Vista frontal da caixa do banco de baterias traseiro .....	21
Figura 21 – Vista trimétrica da caixa do banco de baterias traseiro..	21
Figura 22 – Seção A-A – Escala 1:10.....	22
Figura 23 – Vista frontal da caixa do banco de baterias traseiro – corte .....	22
Figura 24 – Vista isométrica da caixa do banco de baterias traseiro..	23
Figura 25 – Cantoneira de 15 x 15 x 3 mm .....	23
Figura 26 – Perfil retangular de 40 x 20 x 1,5 mm .....	24

Figura 27 – Vista superior do suporte do banco de baterias dianteiro	24
Figura 28 – Vista frontal do suporte do banco de baterias dianteiro ..	25
Figura 29 – Vista lateral do suporte do banco de baterias dianteiro ..	25
Figura 30 – Vista isométrica do suporte do banco de baterias dianteiro .....	26
Figura 31 – Vista superior da barra superior do suporte do banco de baterias dianteiro .....	27
Figura 32 – Vista lateral da barra superior do suporte do banco de baterias dianteiro .....	27
Figura 33 – Haste de fixação da barra superior do suporte do banco de baterias dianteiro .....	28
Figura 34 – Vista isométrica da montagem do banco de baterias dianteiro .....	29
Figura 35 – Vista superior da montagem do banco de baterias dianteiro .....	29
Figura 36 – Acoplamento do motor.....	30



## **1. Mudanças na carroceria do Gol Elétrico**

Para que fossem instalados os equipamentos para a transformação do Gol, foram necessárias algumas modificações na carroceria. A figura 1 evidencia as modificações realizadas na estrutura do Gol para que fosse possível a transformação.

A seguir serão apresentados os desenhos técnicos da transformação do Gol Elétrico.

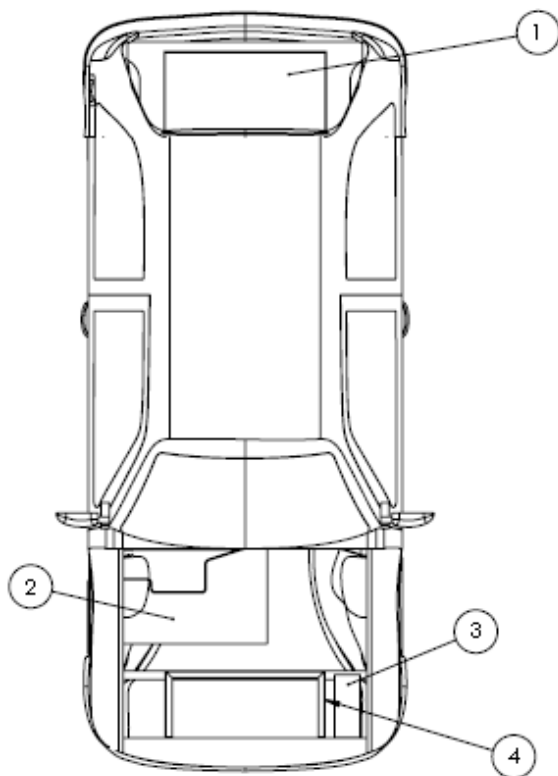
As modificações mais significativas foram para a instalação do banco de baterias traseiro. Foi necessário cortar o bojo onde se alojava o pneu estepe, fazendo um corte quadrado, para acomodar a caixa das 30 (trinta) baterias.

No cofre do motor foram instaladas 10 (dez) baterias, acomodadas deitadas, no mesmo quadro onde também foi instalada a bomba de vácuo e o pressostato.

Além das baterias no cofre do motor, foi também instalada a plataforma de controle e o motor elétrico.

Para realizar a recarga do banco de baterias foi construído um cilindro metálico no qual foi instalado o conector.

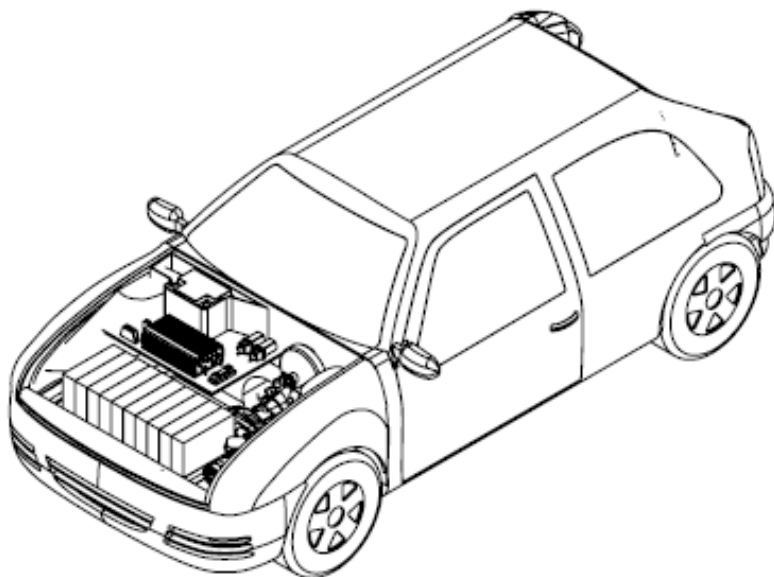
A instalação do BMS, carregador do banco de baterias e o conversor corrente contínua–corrente contínua no encosto do banco traseiro tem por finalidade proteger estes componentes das intempéries próprias do ambiente do cofre do motor.



**Figura 1 – Mudanças realizadas na carroceria original do veículo**

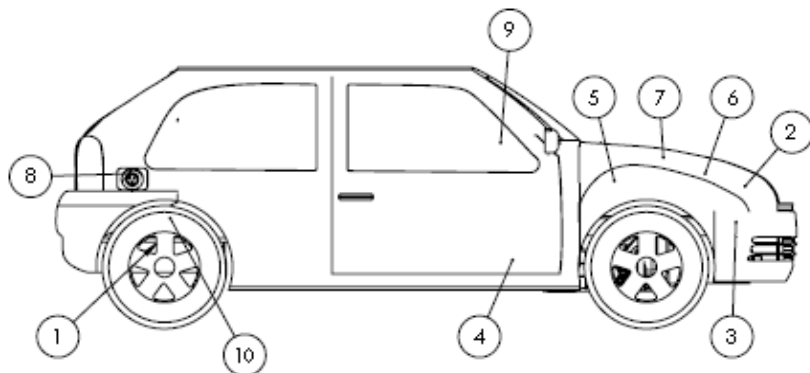
Legenda:

- 1 – Retirada do habitáculo de armazenamento do estepe para a criação do espaço para a instalação do banco de baterias traseiro
- 2 – Instalação do suporte da plataforma de controle
- 3 – Instalação do suporte da bomba de vácuo
- 4 – Instalação do suporte do banco de baterias dianteiro



**Figura 2 – Visão isométrica do Gol Elétrico**

## 2. Visão Geral do Gol Elétrico



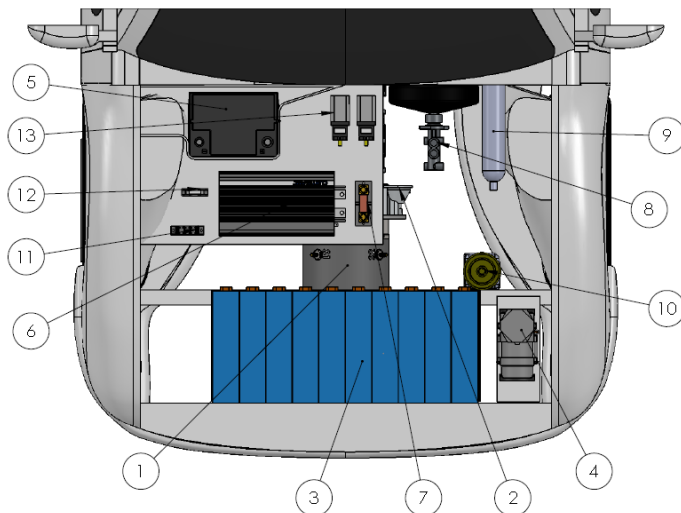
**Figura 3 – Vista lateral direita**

Legenda:

- 1 – Banco de baterias traseiro
- 2 – Banco de baterias dianteiro
- 3 – Motor – *Advanced Motors* modelo FB1– 4001A
- 4 – Câmbio original Volkswagen Gol 1.0
- 5 – Controlador Curtis modelo 1231C – 860
- 6 – Bomba de vácuo
- 7 – Pressostato
- 8 – Conector para a recarga do banco de baterias
- 9 – Voltímetro e amperímetro
- 10 – Mola do Gol para o sistema GNV e amortecedor do Gol

Rallye

### 3. Vista superior da parte dianteira do Gol Elétrico

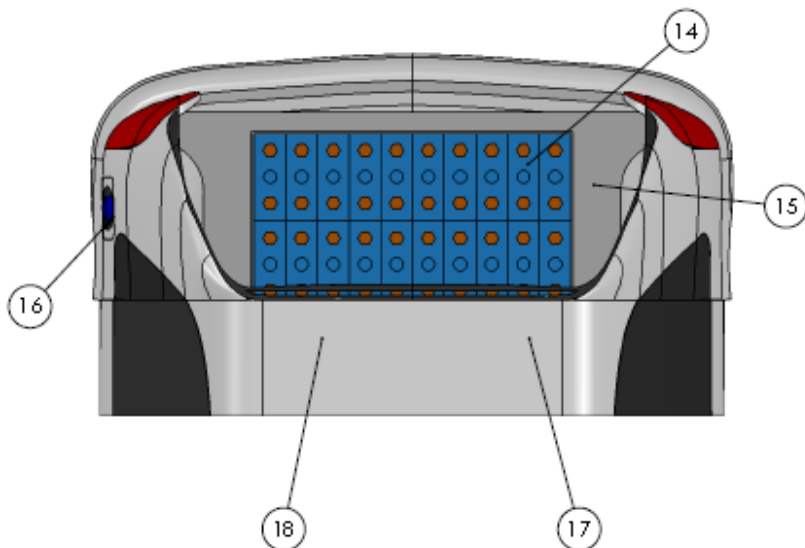


**Figura 4 – Vista superior com corte ao longo do eixo transversal**

Legenda:

- 1 – Motor – *Advanced Motors* modelo FB1-4001A
- 2 – Câmbio original Volkswagen Gol 1.0
- 3 – Banco de baterias dianteiro
- 4 – Bomba de vácuo
- 5 – Bateria original do veículo
- 6 – Controlador curtis modelo 1231C-8601
- 7 – Shunt
- 8 – Cilindro mestre de freio
- 9 – Reservatório sistema de vácuo
- 10 – Pressostato da bomba de vácuo
- 11 – Suporte para quatro fusíveis de baixa tensão
- 12 – Suporte para fusível de alta tensão
- 13 – Contactor

#### 4. Vista superior da parte traseira do Gol Elétrico

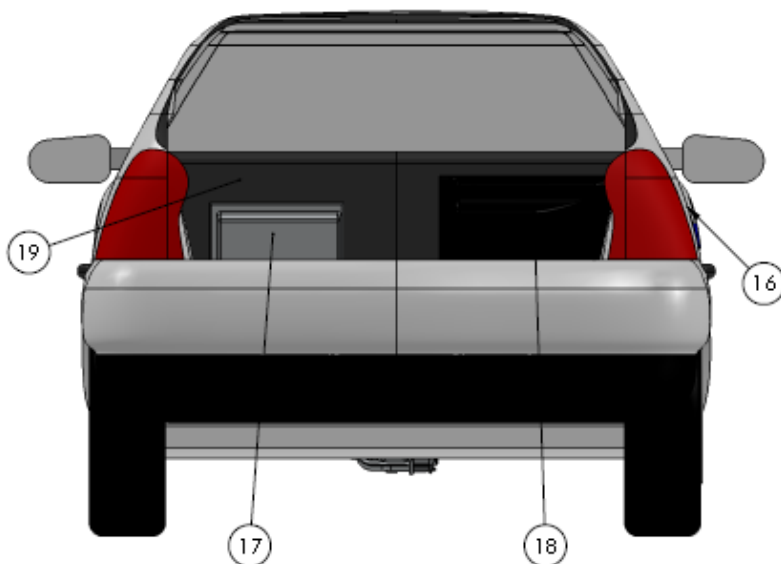


**Figura 5 – Vista superior com corte ao longo do eixo transversal**

Legenda:

- 14 – Banco de baterias traseiro
- 15 – Habitáculo para equipamentos de segurança obrigatórios
- 16 – Conector para a recarga do banco de baterias
- 17 – Conversor DC-DC
- 18 – Carregador de baterias Zivan modelo NG-3.

## 5. Vista traseira do Gol Elétrico

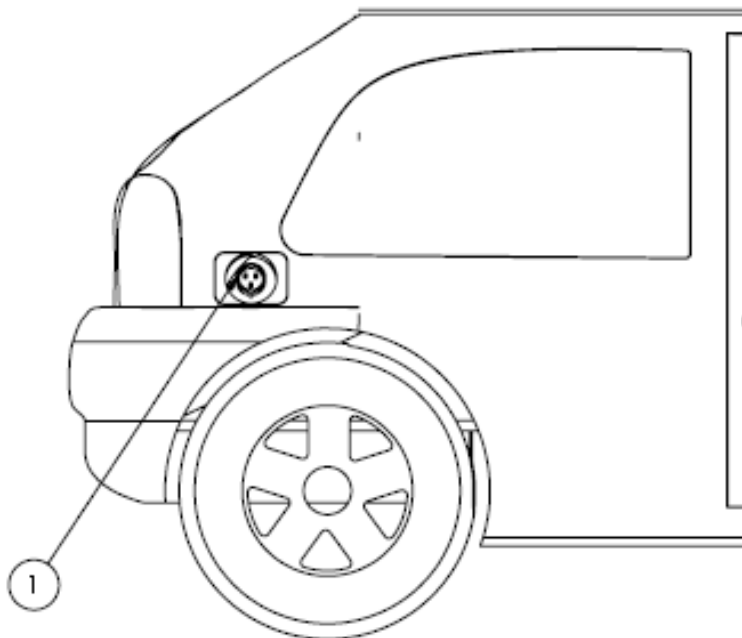


**Figura 6 – Visão traseira do Gol Elétrico**

Legenda:

- 14 – Banco de baterias traseiro
- 15 – Habitáculo para equipamento de segurança obrigatórios;
- 16 – Conector para a recarga do banco de baterias
- 17 – Conversor DC-DC
- 18 – Carregador de baterias Zivan NG-3
- 19 – Banco dos passageiros traseiro

6. Vista lateral direita com corte ao longo do eixo transversal



**Figura 7 – Vista lateral direita com corte ao longo do eixo transversal**

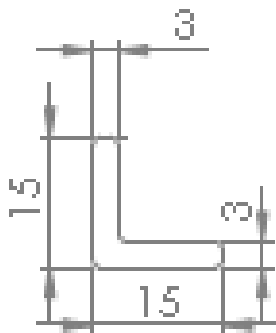
Legenda:

1 – Conector para a recarga do banco de baterias, no local onde anteriormente era realizado o abastecimento de combustível.

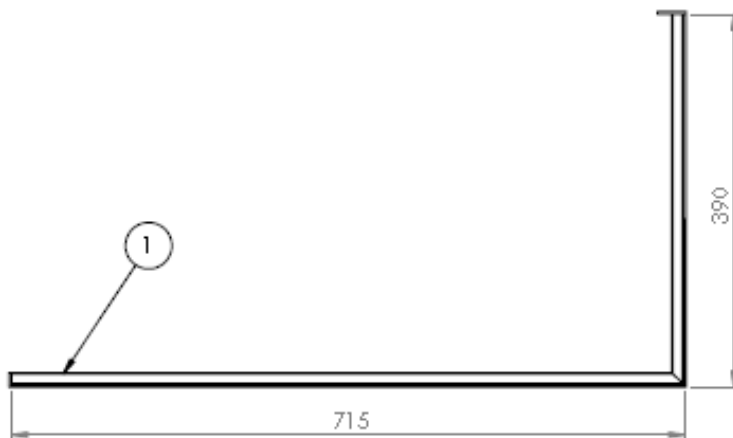


## 7. Suporte da plataforma de controle

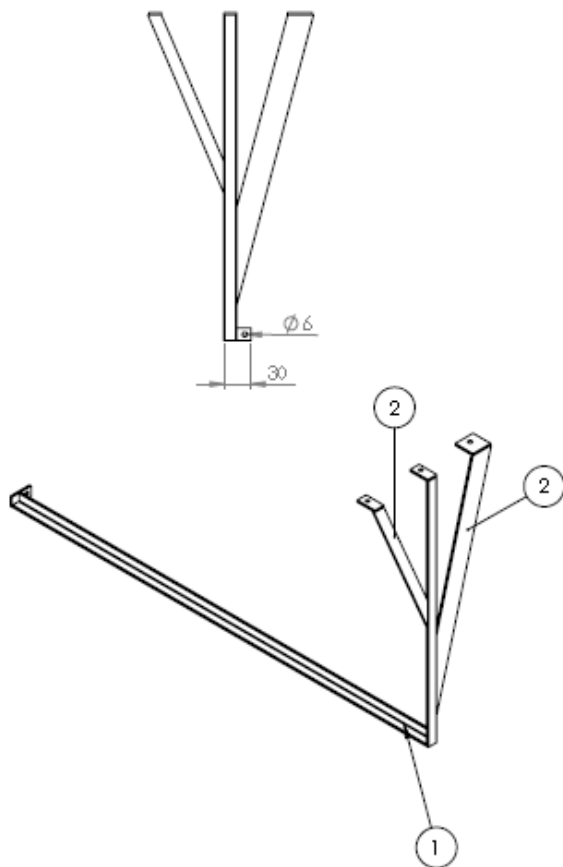
Seção transversal dos perfis usados na construção.



**Figura 8 – Cantoneira 15 X 15 X 3 mm**



**Figura 9 – Vista superior do suporte da plataforma de controle**

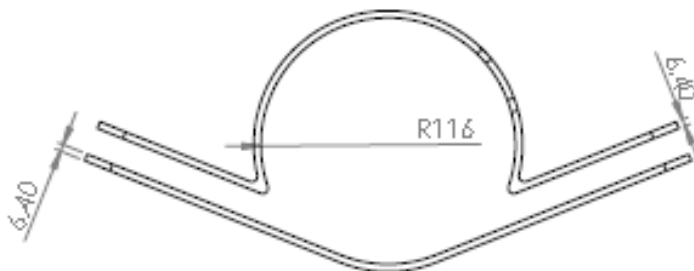


**Figura 10 – Vista lateral e vista isométrica do suporte da plataforma de controle**

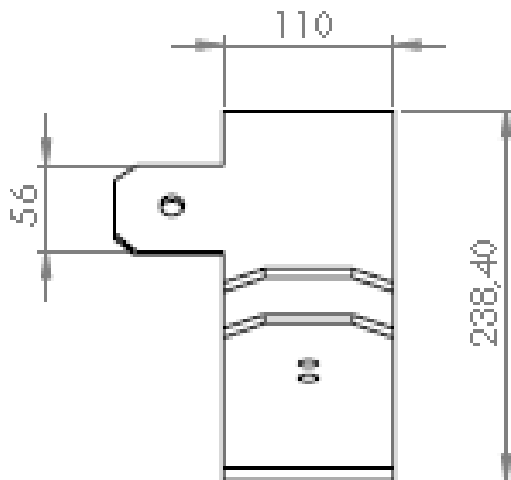
Legenda:

- 1 – Cantoneira de 15 X 15 X 3 mm
- 2 – Chapa de 3 mm de espessura

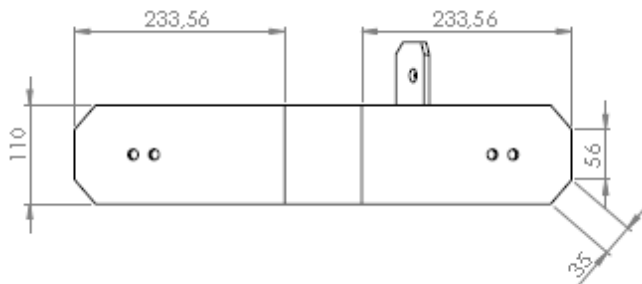
## 8. Suporte do motor



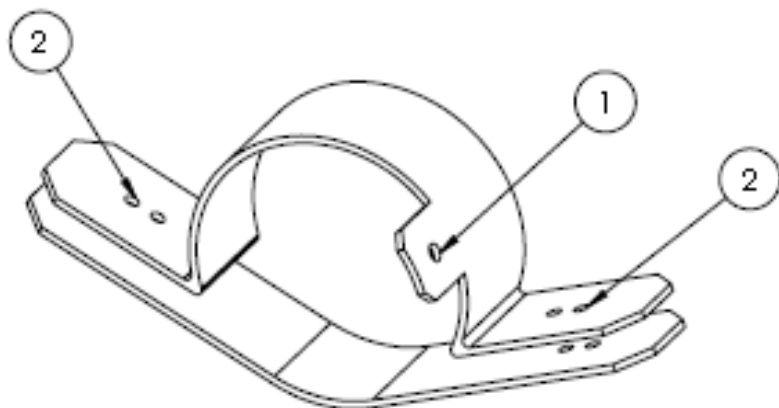
**Figura 11 – Vista frontal do suporte do motor**



**Figura 12 – Vista lateral esquerda do suporte do motor**



**Figura 13 – Vista inferior do suporte do motor**



**Figura 14 – Visa isométrica do suporte do motor**

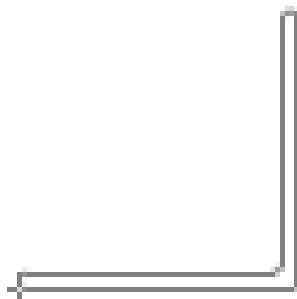
Furação:

1 – Furo de 15 mm de diâmetro

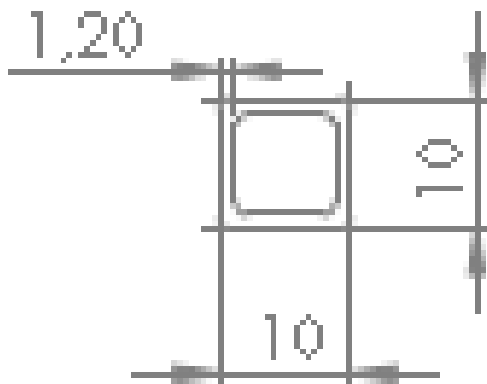
2 – Furo de 12 mm de diâmetro

## 9. Caixa do banco de baterias traseiro

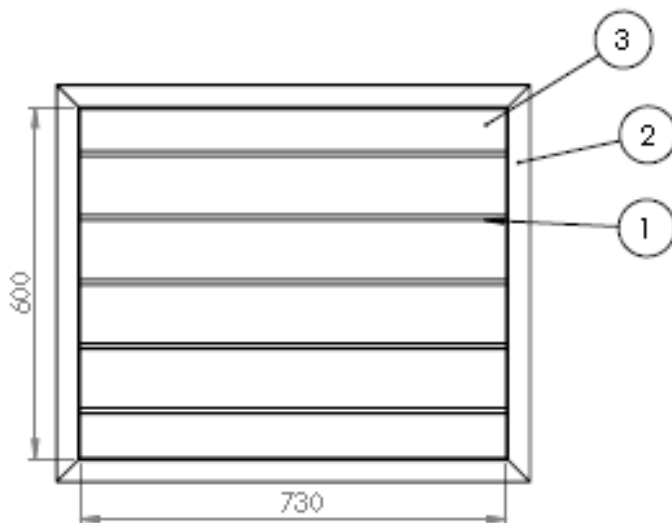
Seção transversal dos perfis usados na construção



**Figura 15 – Cantoneira de 15 x 15 x 1,5 mm**



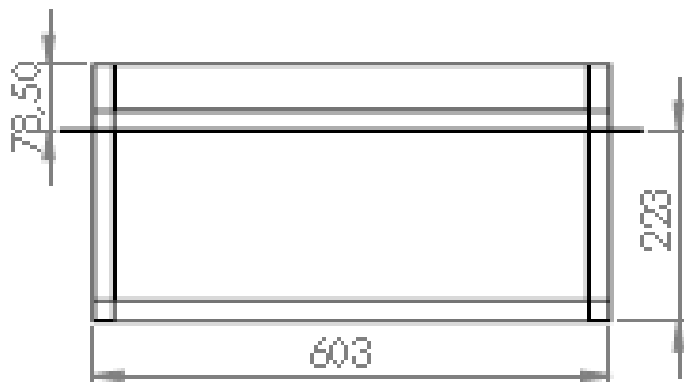
**Figura 16 – Perfil quadrado de 10 x 10 x 1,2 mm**



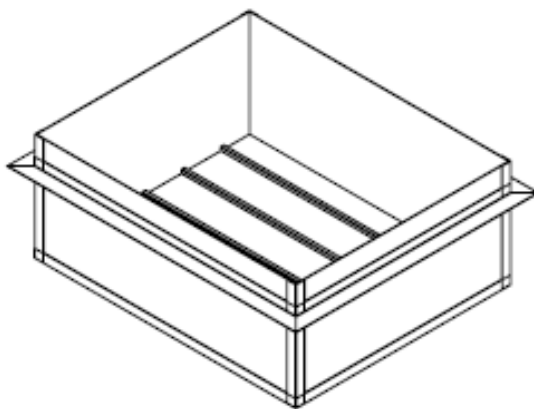
**Figura 17 – Vista superior da caixa do banco de baterias traseiro**

Legenda:

- 1 – Perfil quadrado de 10 x 10 x 1,2 mm
- 2 – Cantoneira de 25 x 25 x 1,5 mm
- 3 – Chapa de 1,5 mm de espessura

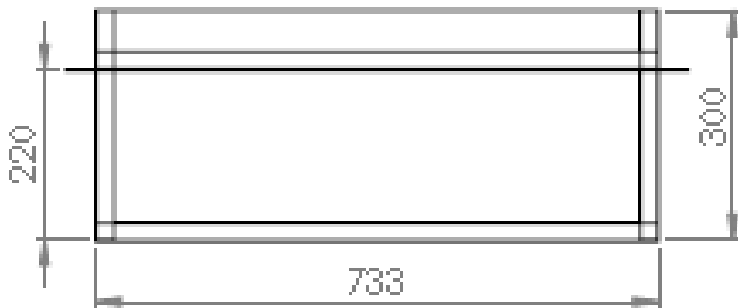


**Figura 18 – Vista lateral da caixa do banco de baterias traseiro**

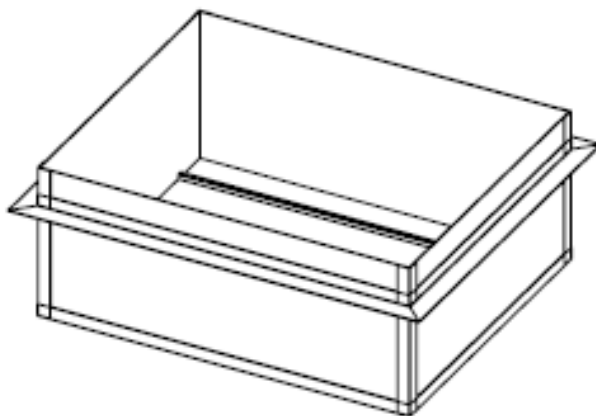


**Figura 19 – Vista isométrica da caixa do banco de baterias traseiro**





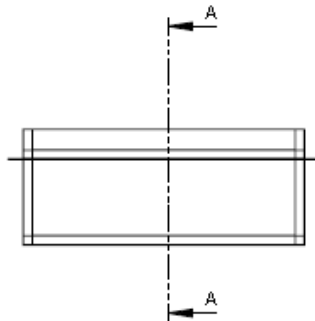
**Figura 20 – Vista frontal da caixa do banco de baterias traseiro**



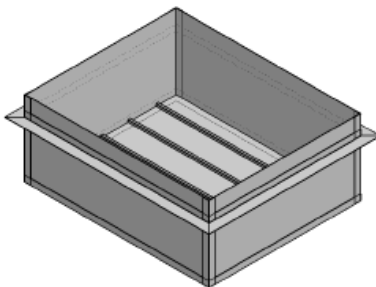
**Figura 21 – Vista trimétrica da caixa do banco de baterias traseiro**



**Figura 22 – Seção A-A – Escala 1:10**



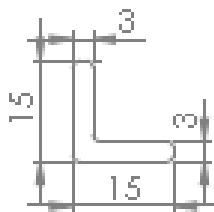
**Figura 23 – Vista frontal da caixa do banco de baterias traseiro – corte**



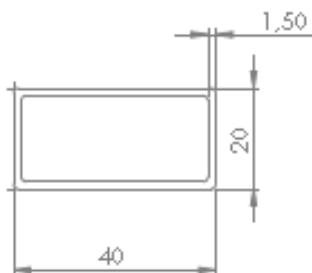
**Figura 24 – Vista isométrica da caixa do banco de baterias traseiro**

### **10. Suporte do banco de baterias dianteiro**

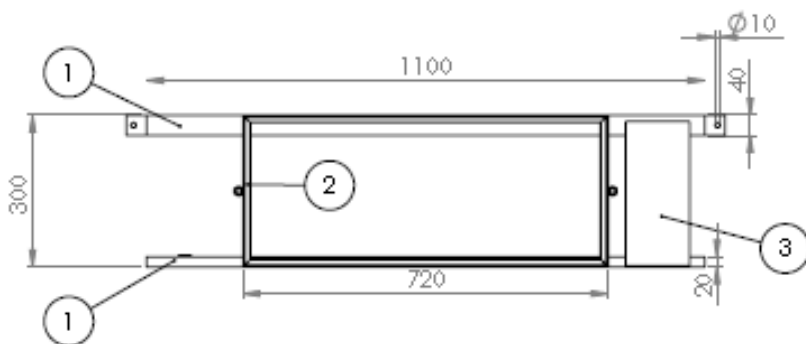
Seção transversal dos perfis usados na construção.



**Figura 25 – Cantoneira de 15 x 15 x 3 mm**



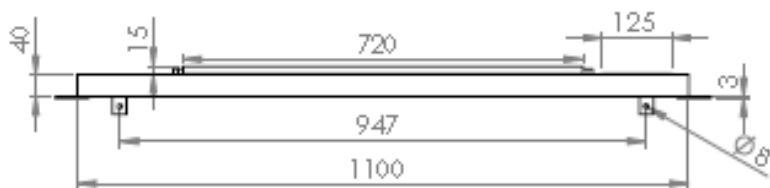
**Figura 26 – Perfil retangular de 40 x 20 x 1,5 mm**



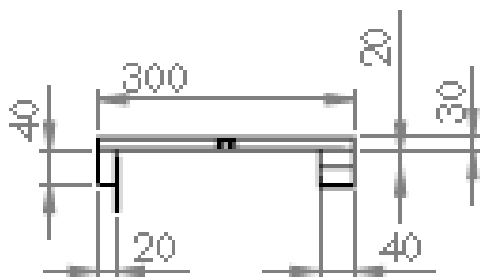
**Figura 27 – Vista superior do suporte do banco de baterias dianteiro**

Legenda:

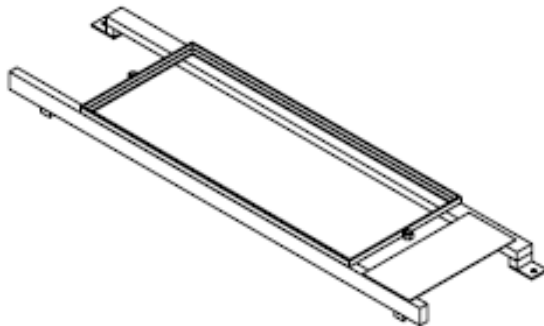
- 1 – Perfil retangular de 40 x 20 x 1,5 mmm;
- 2 – Cantoneira de 15 x 15 x 3 mm;
- 3 – Chapa de 1,5 mm de espessura.



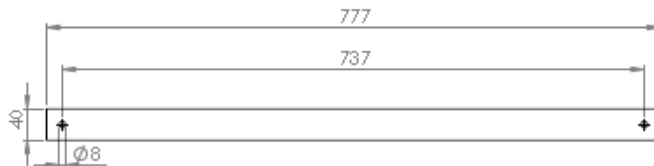
**Figura 28 – Vista frontal do suporte do banco de baterias dianteiro**



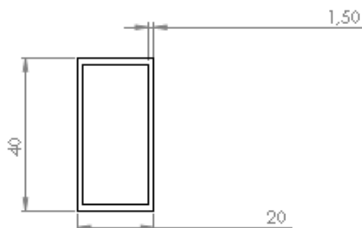
**Figura 29 – Vista lateral do suporte do banco de baterias dianteiro**



**Figura 30 – Vista isométrica do suporte do banco de baterias dianteiro**



**Figura 31 – Vista superior da barra superior do suporte do banco de baterias dianteiro**

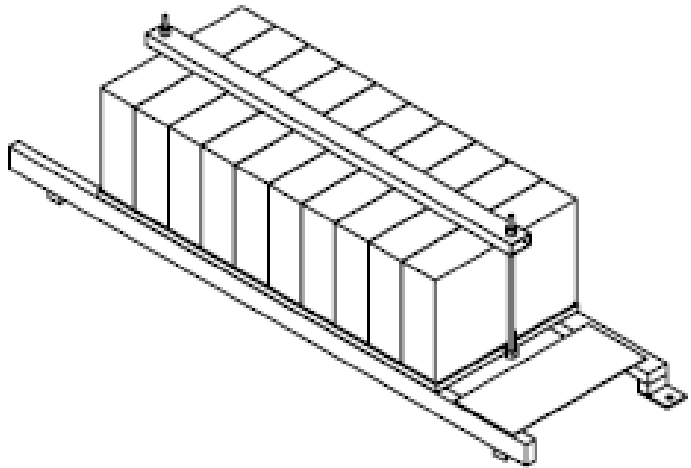


**Figura 32 – Vista lateral da barra superior do suporte do banco de baterias dianteiro**

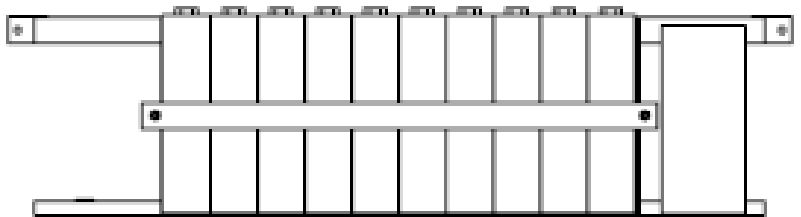


**Figura 33 – Haste de fixação da barra superior do suporte do banco de baterias dianteiro**





**Figura 34 – Vista isométrica da montagem do banco de baterias dianteiro**



**Figura 35 – Vista superior da montagem do banco de baterias dianteiro**

## 11. Acoplamento do motor

O acoplamento do motor é utilizado para fazer a ligação mecânica entre o motor elétrico e a transmissão. Abaixo o desenho técnico da peça.

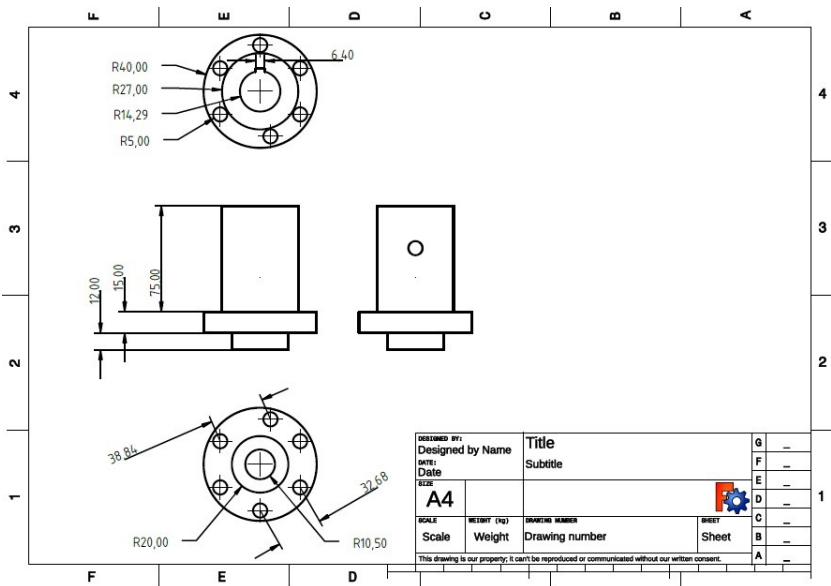


Figura 36 – Acoplamento do motor