

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA “FATEC SANTO ANDRÉ”

IGOR BEZERRA DA CUNHA

CONTROLE DOS ACESSÓRIOS ELÉTRICOS DO
VEÍCULO POR TELA TOUCH SCREEN

Santo André

2017

IGOR BEZERRA DA CUNHA

**CONTROLE DOS ACESSÓRIOS ELÉTRICOS DO
VEÍCULO POR TELA TOUCH SCREEN**

*Monografia apresentada ao Curso Superior de
Tecnologia em Eletrônica Automotiva da FATEC
Santo André, como requisito parcial para
conclusão do curso superior de Tecnologia em
Eletrônica Automotiva.*

Orientador: Prof. Drº Edson Caoru Kitani

Santo André – São Paulo

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

C972c

Cunha, Igor Bezerra da

Controle dos acessórios elétricos do veículo por tela touch screen / Igor Bezerra da Cunha. - Santo André, 2017. – 83f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2017.

Orientador: Prof. Edson Caoru Kitani

1. Eletrônica embarcada. 2. Sistema de controle elétrico. 3. Acessórios. 4. Veículos. 5. Software. I. Controle dos acessórios elétricos do veículo por tela touch screen.

621.389

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 18 DE DEZEMBRO DE 2017.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA
"CONTROLE DOS ACESSÓRIOS ELÉTRICOS DO VEÍCULO
POR TELA TOUCH SCREEN" DO ALUNO DO 6º SEMESTRE
DESTA U.E.

BANCAPRESIDENTE:
PROF. EDSON CAORU KITANI _____MEMBROS:
PROF. WESLEY MEDEIROS TORRES _____

PROF. FERNANDO GARUP DALBO _____

ALUNO:

IGOR BEZERRA DA CUNHA _____

*Dedico este trabalho a todos os meus professores da FATEC “Santo André”
que me incentivaram direta ou indiretamente a ir além e a todos os amantes
do setor automotivo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a meus pais, que dedicaram grande parte de suas vidas em me educando e me preparando para o futuro, visando sempre meu bem-estar. Agradeço a minha esposa Liliane que me incentiva, me suporta e faz eu me tornar uma pessoa melhor a cada dia, sendo que se não fosse por ela eu não estaria aonde estou hoje. Agradeço ao Prof. Drº Edson Caoru Kitani, que me orientou de forma sábia e adequada para que este trabalho fosse concluído com sucesso, ao Prof. Fernando Garup Dalbo, por acreditar na minha ideia e me auxiliar no que foi necessário para o desenvolvimento da mesma e por fim, quero agradecer a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como ideia inicial o desenvolvimento de um sistema de controle de acessórios elétricos no veículo por meio de botões virtuais em uma tela *touch screen*, eliminando assim seus respectivos botões mecânicos de acionamento.

Existe um sistema parecido no veículo Tesla modelo S, com uma tela *touch screen* interativa que oferece diversas opções, como: conexão on-line, sistema de navegação, controle do ar-condicionado, vidros elétricos, travamento das portas, abertura do tanque de combustível, entre outras opções de controle e interação com o ocupante do veículo.

O que diferencia esse projeto do já existente no veículo Tesla S, é que na tela de controle proposta, haverá apenas o controle de quatro acessórios elétricos escolhidos para ilustrar a ideia, sendo:

- Acionamento da ventilação forçada ou ventoinha, proporcionando apenas uma velocidade de ventilação;
- Acionamento do desembaçador traseiro, que possuirá desligamento automático após um tempo determinado via software, não havendo a necessidade de um relé temporizador para executar a função como existe em alguns veículos;
- Acionamento da luz de leitura (iluminação interna);
- Acionamento do sistema de ar-condicionado.

O sistema proposto poderá ser instalado em qualquer veículo através de um *retrofit* - que significa uma mudança do estado atual de um produto para uma versão mais ou menos atual, o que é uma opção interessante para os proprietários de veículos.

Também foi desenvolvida uma central elétrica dedicada para proteção e chaveamento dos acessórios elétricos escolhidos, na qual haverá a substituição dos relés por transistores de potência e dos fusíveis de proteção por dispositivos de proteção *poly switch*, que ao invés de romperem por efeito joule com a passagem de uma corrente elétrica excessiva à sua capacidade máxima de carga como se comportam os dispositivos fusíveis, os dispositivos de proteção *poly switch*, desarmam por temperatura ao ser excedida sua capacidade máxima de corrente elétrica, fechando

novamente o contato que permite condução elétrica após esfriar e entrar em um nível seguro de operação.

O *software* de controle foi desenvolvido através da plataforma *LabView* utilizando a comunicação serial através do protocolo *USB (Universal Serial Bus)*, sendo que a comunicação entre o software e os acessórios elétricos de fato, ou seja, o meio físico, se dá por meio de um *hardware* de *interface* baseado no microcontrolador *PIC18F4550*, pois o mesmo possui o *USB* integrado em si.

No microcontrolador está gravado um programa em linguagem C, para que a comunicação ocorra de fato, o qual foi desenvolvido utilizando a plataforma de desenvolvimento *PCW IDE Compiler for Microchip* que é produzido pela empresa *CCS (Custom Computer Service, Inc.)*.

Palavras chaves: *LabView, Touch Screen, PIC 18F4550, USB.*

ABSTRACT

This work has as initial idea the development of a system of control of electrical accessories in the vehicle by means of virtual buttons in a screen touch screen, thus eliminating their respective mechanical buttons of activation.

There is a similar system in the Tesla S model vehicle, with an interactive touch screen that offers several options such as: online connection, navigation system, air conditioning control, power windows, door locking, fuel tank opening, among other options of control and interaction with the occupant of the vehicle.

What differentiates this design from the existing one in the Tesla S vehicle is that in the proposed control screen there will be only the control of four electrical accessories chosen to illustrate the idea, being:

- Activation of forced ventilation or fan, providing only one speed of ventilation;*
- Activation of the rear defroster, which will have automatic shut-off after a certain time by software, and there is no need for a timer relay to perform the function as it exists in some vehicles;*
- Activation of the reading light (internal lighting);*
- Activation of the air-conditioning system.*

The proposed system can be installed on any vehicle through a retrofit - which means a change from the current state of a product to a more or less current version, which is an interesting option for vehicle owners.

A dedicated power station was also developed for the protection and switching of electrical accessories chosen, in which the relays will be replaced by power transistors and protection fuses by poly switch protection devices, which instead of joule breaking with the passage of an excessive electric current to its maximum load capacity how the fuse devices behave, the poly switch protection devices, disarm by temperature when its maximum capacity of electric current is exceeded, closing again the contact that allows electric conduction after cooling and entering on a safe level of operation.

The control software was developed through the LabView platform using serial communication through the Universal Serial Bus (USB) protocol, and communication

between the software and the electrical accessories, in fact, the physical medium, occurs through an interface hardware based on the microcontroller PIC18F4550, because it has the integrated USB itself.

In the microcontroller is recorded a program in language C, for communication to occur in fact, which was developed using the PCW IDE Compiler for Microchip development platform that is produced by the company CCS (Custom Computer Service, Inc.).

Keywords: LabView, Touch Screen, PIC 18F4550, USB.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- IMAGEM DE UM PAINEL DE TECLAS DE CONTROLE DE ALGUNS ACESSÓRIOS ELÉTRICOS.....	15
FIGURA 2 - IMAGEM DE UM PAINEL DO VEÍCULO TESLA MODELO S PARA ILUSTRAR A IDEIA DO PROJETO.	16
FIGURA 3 - CHARRETE COM ILUMINAÇÃO FEITA POR LÂMPADAS CONFORME INDICADO PELAS SETAS BRANCAS.....	19
FIGURA 4 - IMAGEM DE UMA BUZINA UTILIZADA EM CARRUAGENS E EM ALGUNS DOS PRIMEIROS VEÍCULOS A COMBUSTÃO INTERNA.	20
FIGURA 5 - PRIMEIRO VEÍCULO COM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA.....	20
FIGURA 6 - VEÍCULO BENZ VELO.	21
FIGURA 7 - IMAGEM DE ALGUNS TIPOS DE LÂMPADAS HALÓGENAS VEICULARES USADAS EM FARÓIS.	24
FIGURA 8 - IMAGEM DE UMA LÂMPADA DE FILAMENTO DE 12V/21W DE UM POLO USADA NA LUZ DE RÉ.....	25
FIGURA 9 - IMAGEM DE UM MOTOR DO VIDRO ELÉTRICO DO LADO ESQUERDO E LADO DIREITO	27
FIGURA 10 – IMAGEM DE UM MOTOR ELÉTRICO E MECANISMO SINCRONIZADOR DO LIMPADOR DE PARA-BRISA CONSECUTIVAMENTE.....	28
FIGURA 11- IMAGEM DE UMA VENTONHA DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO INTERNA.	29
FIGURA 12 - IMAGEM ILUSTRATIVA DE UM PAINEL COM FLUXO DE AR PELOS DIFUSORES. 29	
FIGURA 13 - IMAGEM DE UM RELÉ AUXILIAR UNIVERSAL UTILIZADO NO SETOR AUTOMOTIVO.....	32
FIGURA 14 - IMAGEM DE FUSÍVEIS GG TIPO LÂMINA ENGATE.	33
FIGURA 15 - IMAGEM DE UMA CENTRAL ELÉTRICA VEICULAR.	34
FIGURA 16 - IMAGEM DE UMA CENTRAL ELÉTRICA ELETRÔNICA.	35
FIGURA 17 - DIAGRAMA EM BLOCOS DO PROJETO.....	36
FIGURA 18 - IMAGEM ILUSTRATIVA DE UM TRANSISTOR IRFZ44N.....	38
FIGURA 19 - IMAGEM ILUSTRATIVA DO TRANSISTOR BC337.....	39
FIGURA 20- IMAGEM DE UM DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO POLYSWITCH.....	40
FIGURA 21 - EXEMPLO DE UM PAINEL FRONTAL DE UM PROGRAMA (VI) DESENVOLVIDO NO LABVIEW.....	42

FIGURA 22 - EXEMPLO DE UM DIAGRAMA DE BLOCOS DE UM PROGRAMA (VI) DESENVOLVIDO NO LABVIEW.....	43
FIGURA 23- IMAGEM DE UM MICROCONTROLADOR PIC 18F4550.....	45
FIGURA 24- IMAGEM DE CONECTORES USB FÊMEA TIPO A E TIPO B CONSECUTIVAMENTE.	46
FIGURA 25 - VISTA SUPERIOR DO HARDWARE DO PROJETO.....	50
FIGURA 26 - IMAGEM DO CIRCUITO COM CABOS FLEXÍVEIS NA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO.	51
FIGURA 27 - CIRCUITO QUE REGULA A TENSÃO DE +12VCC PARA +5VCC USANDO O LM7805.....	53
FIGURA 28 - CIRCUITO DO MICROCONTROLADOR.	53
FIGURA 29 - CIRCUITO PARA CHAVEAMENTO DOS ACESSÓRIOS ELÉTRICOS.....	56
FIGURA 30 - ROTINA DE CONVERSÃO DE ASCII PARA DECIMAL DO PRIMEIRO E DO SEGUNDO BYTE DE DADOS.....	61
FIGURA 31 - IMAGEM DO PAINEL FRONTAL COM PAINEL DE TECLAS DESTACADO (INTERFACE COM O OPERADOR).....	62
FIGURA 32 - IMAGEM DAS SUB-VI'S DE CONFIGURAÇÃO PARA COMUNICAÇÃO SERIAL....	65
FIGURA 33 - IMAGEM DO DIAGRAMA DE BLOCOS COM AS ROTINAS DE CONTROLE DOS ACESSÓRIOS.....	66
FIGURA 34 - FLUXOGRAMA DA ROTINA TEMPORIZADORA IMPLEMENTADA NO PROGRAMA.	67
FIGURA 35 - IMAGEM DA BANCADA DIDÁTICA DE SIMULAÇÃO DOS ACESSÓRIOS ELÉTRICOS.....	69
FIGURA 36 - TESTE DO CIRCUITO DE POTÊNCIA NA PROTOBOARD.....	70
FIGURA 37 - IMAGEM DE UM FUSÍVEL TÉRMICO COM CAPACIDADE DE 172°C E 10A.	71
FIGURA 38 - MEDIÇÕES DE TENSÃO E CORRENTE ELÉTRICA DO CIRCUITO REGULADOR PARA O MICROCONTROLADOR.	73
FIGURA 39 - MEDIÇÕES DE TENSÃO E CORRENTE ELÉTRICA DA VENTILAÇÃO INTERNA. ..	73
FIGURA 40- MEDIÇÕES DE TENSÃO E CORRENTE ELÉTRICA DA LUZ DE LEITURA.	74
FIGURA 41- MEDIÇÕES DE TENSÃO E CORRENTE ELÉTRICA DO AR-CONDICIONADO.	74
FIGURA 42- MEDIÇÕES DE TENSÃO E CORRENTE ELÉTRICA DO DESEMBAÇADOR.	75
FIGURA 43 - MEDIÇÃO DO TESTE DE CORRENTE ELÉTRICA MÁXIMA NOS QUATRO CIRCUITOS DOS ACESSÓRIOS.....	75

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Motivação.....	15
1.2 Objetivo.....	16
1.3 Metas e metodologia.....	17
2. CONTEXTO HISTÓRICO DOS ACESSÓRIOS ELÉTRICOS VEICULARES.....	19
2.1 Acessórios elétricos veiculares.....	22
2.1.2 Lâmpadas elétricas veiculares	24
2.1.3 Motores elétricos de corrente contínua (CC).....	26
2.2 Sistemas para controle de acionamento dos acessórios elétricos	30
2.3 Chaveamento dos circuitos de potência dos acessórios elétricos via relés	31
2.4 Dispositivos fusíveis.....	33
2.5 Central elétrica veicular	34
3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	36
3.1 Descrição resumida dos principais componentes eletrônicos e softwares utilizados no projeto	36
3.1.1 Transistores do tipo TJB e do tipo MOSFET	36
3.1.2 Descrição resumida do LabVIEW	41
3.1.3 Descrição resumida de um microcontrolador.....	44
3.1.4 Descrição resumida sobre alguns protocolos de comunicação serial	45
3.2 Desenvolvimento do projeto	47
3.2.1 Explicação resumida sobre o desenvolvimento de software e hardware utilizados no projeto	48
3.2.2 Descrição do <i>hardware</i> do projeto.....	50
3.2.3 Descrição dos softwares do projeto	58

3.2.4 Confecção da bancada didática para simulação dos acessórios elétricos escolhidos no projeto.....	68
4 TESTES REALIZADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS OBTIDOS	70
4.1 Testes de <i>hardware</i>	70
4.2 Testes de <i>software</i>	76
5 CONCLUSÃO	78
6 PROPOSTAS FUTURAS	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
Apêndice - Esquema elétrico do projeto	83

1. INTRODUÇÃO

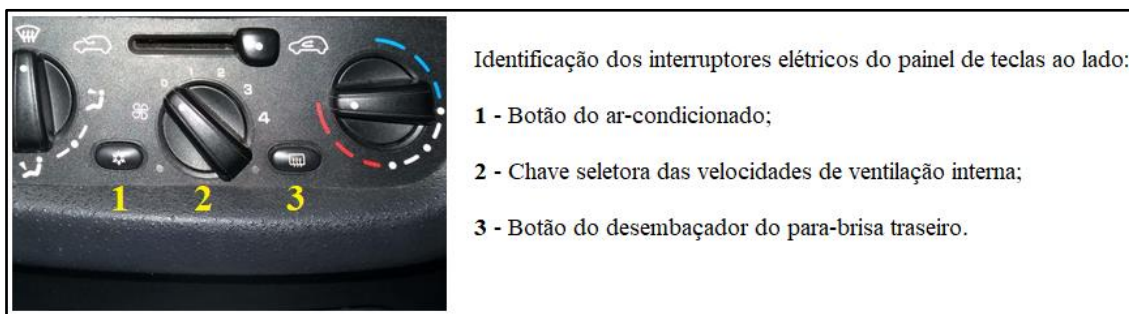
Os controles dos acessórios elétricos são efetuados por meio de botões e chaves que funcionam como interruptores elétricos, os quais estão sujeitos a desgaste não só nos terminais de contato elétrico, como em todo o conjunto mecânico que o compõem para que o movimento de acionamento seja efetuado.

Existe uma possível solução para esse problema, que se resume em não haver interruptores mecânicos e sim virtuais, cuja ideia será desenvolvida nos capítulos a seguir.

1.1 Motivação

A partir do surgimento de acessórios elétricos nos veículos, tais como, limpador de para-brisas, faróis, setas, lanternas entre outros, o acionamento deles têm sido feitos através de chaves (alavancas) ou botões, que funcionam como interruptores elétricos que abrem ou fecham o circuito que alimenta o sistema selecionado pelo condutor ou por qualquer ocupante do veículo. Na figura 1, pode-se visualizar exemplos dos mesmos.

Figura 1- Imagem de um painel de teclas de controle de alguns acessórios elétricos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Um dos problemas que acontecem em botões e chaves é o desgaste em seus contatos mecânicos ao longo do tempo, podendo apresentar um funcionamento

inadequado como mal contato nos terminais elétricos ou travamento mecânico na posição aberta ou fechada, e que pode gerar um transtorno ao condutor e/ou passageiro no controle do sistema desejado.

Logo, uma solução para esse problema bem como a aplicação de uma tecnologia com um *design* mais interessante do ponto de vista tecnológico, é a substituição de chaves e botões mecânicos dos acessórios elétricos do veículo, por botões virtuais em uma tela *touch screen*, com a opção de *retrofit* do sistema em qualquer veículo e com um custo acessível ao proprietário. Na figura 2 pode-se visualizar a ideia do projeto.

Figura 2 - Imagem de um painel do veículo TESLA modelo S para ilustrar a ideia do projeto.



Fonte: Extraído do site da Web Luxo¹.

1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo a aplicação das tecnologias *touch screen* e microcontrolador utilizando a linguagem C, associadas ao ambiente de desenvolvimento de programação *LabView*, para substituir o controle mecânico de acionamento (liga/desliga) de alguns acessórios elétricos veiculares por controle virtual em uma tela *touch screen*. Essa plataforma será uma bancada didática baseada no microcontrolador *PIC18F4550* que receberá os comandos do *LabView* via comunicação serial (*USB*) para simulação dos acessórios elétricos veiculares dispostos na mesma.

¹ Disponível em: <<http://www.webluxo.com.br/menu/autos/13/tesla-tera-painel-touch.htm>>. Acesso em ago. 2017.

Os acessórios elétricos que terão seus controles mecânicos substituídos por controles virtuais, serão o ar-forçado ou ventilação interna (ventoinha), o ar-condicionado, o desembaçador do para-brisas traseiro e a luz de leitura (iluminação interna).

Será desenvolvida uma central elétrica otimizada para proteção e chaveamento dos circuitos de potência dos acessórios elétricos escolhidos para serem controlados por botões virtuais, na qual haverá a substituição dos relés por transistores e fusíveis de proteção por dispositivos de proteção *poly switch*, que ao invés de romperem definitivamente por efeito Joule, desarmam por temperatura e fecham novamente o contato que permite condução elétrica após o resfriamento ao entrar em um nível seguro de operação.

1.3 Metas e metodologia

A linguagem de programação C é muito utilizada na eletrônica embarcada, por apresentar uma fácil implementação e uma alta confiabilidade de *software*. Já o *LabView* é muito aplicado nas áreas de desenvolvimento e testes de veículos, por possuir uma *interface* de programação visual e amigável com o operador.

Assim, a meta deste projeto é aplicar as tecnologias de programação em linguagem C com microcontroladores, e a programação em linguagem *LabView*, para que em conjunto com a tecnologia *touch screen* possa resolver o problema de desgaste dos contatos mecânicos dos botões e chaves de acionamento elétrico, por meio de botões virtuais.

Os botões virtuais deixarão o painel de teclas com o visual mais arrojado do ponto de vista tecnológico, pois o acionamento será por um simples toque na tela *touch screen*.

E é algo muito mais atrativo para os proprietários de veículos, já que essa tecnologia pode ser aplicada em qualquer veículo através de um *retrofit* com um custo de aquisição acessível.

O programa que executará o controle dos acessórios elétricos através de botões virtuais na tela *touch screen* foi desenvolvido utilizando o *software LabView* e a *interface* de comunicação entre o *LabView* e o veículo se dará através de um *hardware*

utilizando o microcontrolador *PIC18F4550*, comunicação serial USB (*Universal Serial Bus*) e chicote elétrico da saída dos drivers de potência até os acessórios elétrico de fato.

2. CONTEXTO HISTÓRICO DOS ACESSÓRIOS ELÉTRICOS VEICULARES

Desde os tempos medievais em que carruagens e charretes eram os principais meios de transporte já se fazia necessário um sistema de iluminação da pista, quando se trafegava à noite, para que o condutor pudesse enxergar o caminho e os obstáculos a frente, bem como um sistema de sinalização sonora denominado buzina.

Nessa época, conforme indicado na figura 3, a iluminação para as carruagens era constituída por lampiões e/ou velas, e a sinalização sonora (buzina) para chamar a atenção de pessoas ou animais presentes no meio externo ao veículo (carruagem), conforme indicado na figura 4, era um instrumento formado por um pequeno balão de borracha anexado a uma trombeta, que pela saída do ar quando se acionava (pressionava) o balão e por consequência produzia um som alto.

Figura 3 - Charrete com iluminação feita por lampiões conforme indicado pelas setas brancas.



Fonte: Extraído e adaptado do site Mundo das Tribos ².

² Disponível em: <<http://www.mundodastribos.com/charrete-para-casamento-fotos.html>>. Acesso em ago. 2017

Figura 4 - Imagem de uma buzina utilizada em carruagens e em alguns dos primeiros veículos a combustão interna.



Fonte: Extraído do site do Auto Esporte³.

Com o passar dos anos esses sistemas evoluíram para sistemas elétricos, bem como muitos outros sistemas importantes, tais como o limpador de para-brisas e a ventilação forçada, luz de leitura, desembaçador do para-brisas traseiro, entre outros acessórios nos quais todos foram criados após a criação dos veículos com motores de combustão interna, sendo que o primeiro surgiu em 1886 através da criação do alemão Carl Benz, o veículo Benz Patent-Motorwagen movido a gasolina - vide figura 5 - que rapidamente conquistou o mercado e essa nova tecnologia veicular vem evoluindo até os dias atuais.

Figura 5 - Primeiro veículo com motor de combustão interna.



Fonte: Extraído do site da *Car Point News*⁴.

³Disponível em: <http://autoesporte.globo.com/edic/ed439/ser_buzina.htm>. Acesso em nov. 2017.

⁴ Disponível em: <<http://www.carpointnews.com.br/?p=45524>>. Acesso em jun. 2017.

Conforme informações contidas no site da montadora Mercedes-Benz do Brasil Ltda (HISTÓRIA DO AUTOMÓVEL: Pioneiros, 2017), podemos dizer que há divisões de eras na história do início do automóvel moderno, com base nos tipos de propulsão, sendo que no ano de 1886 o primeiro veículo movido a motor de combustão interna e patenteado foi apresentado à sociedade por Carl Benz. Foram produzidas três versões do triciclo, mas o ano considerado do nascimento do automóvel moderno na história devido o elevado número de veículos produzidos, foi 1894 com a produção do veículo *Benz Velo* - indicado na figura 6 - totalizando 1200 unidades produzidas até o ano de 1901, tornando a empresa Benz & Co. (Empresa de Carl Benz) a maior fabricante de veículos do mundo.

Figura 6 - Veículo Benz Velo.



Fonte: Extraído do site da Wikipédia⁵.

Com a criação do veículo moderno movido a gasolina, as tecnologias de iluminação e de sinalização acústica (buzina) primitivas migraram para acessórios elétricos, assim como muitos outros itens de segurança e conforto, tais como limpador de para-brisas, desembaçador do para-brisas traseiro, entre muitos outros que também foram desenvolvidos através de sistemas elétricos.

A iluminação automotiva foi o sistema elétrico que ganhou corpo de forma exponencial, pois foram desenvolvidos vários itens de iluminação externa e interna, sendo que as cores das luzes variam de acordo com a legislação de cada país.

⁵Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_do_autom%C3%B3vel#/media/File:Benz-velo.jpg>. Acesso em ago. 2017.

Vários outros acessórios elétricos para segurança, conforto e conveniência dos ocupantes foram introduzidos nos veículos de forma muito rápida, deixando os veículos com um *design* visual e tecnológico mais inovador, tais como vidros com acionamento elétrico, travas elétricas nas portas, teto solar elétrico, alarmes contra roubo, entre outros acessórios elétricos que compõem sistemas de segurança e conforto para os ocupantes do veículo.

Com o avanço exponencial da tecnologia, os veículos atuais ganharam uma vasta eletrônica embarcada para controle e gerenciamento do veículo como um todo, sendo incorporados em diversos sistemas módulos de controle denominados *ECUs* (Unidades de Controle Eletrônico) melhorando assim a eficiência de vários sistemas elétricos e eletrônicos do mesmo, como acontece com o acionamento do vidro elétrico. Por exemplo, o que antes era feito acionando o botão subir ou descer o vidro até o seu fim de curso, atualmente, com a inserção de uma *ECU* para controle do acionamento, o mesmo pode ser feito com apenas um toque no botão, e o mesmo ocorrendo com o acionar ou desacionar das travas elétricas das portas.

2.1 Acessórios elétricos veiculares

Ao longo do tempo, foram desenvolvidos diversos acessórios elétricos nos veículos visando garantir a segurança e o conforto de seus ocupantes, bem como a segurança dos veículos e habitantes ao seu redor, tais como, itens de iluminação interna e externa ao veículo, travas elétricas nas portas, vidros com acionamento elétrico, ventilação forçada, ar-condicionado, desembaçador do para-brisas traseiro, limpador de para-brisas dianteiro e traseiro, entre outros acessórios eletroeletrônicos.

Segundo Bosch, temos como principais itens de iluminação externa as lanternas de delimitação para lado esquerdo e direito na dianteira e traseira do veículo, que possuem a finalidade de tornar o veículo visível ao meio externo (outros veículos e pedestres), bem como o farol baixo e farol alto, sendo que o farol baixo possui a função de iluminar a pista para que o condutor veja o caminho e os obstáculos a frente, e o farol alto possui a função de iluminar a pista focando mais no horizonte a frente, que pode ser usado com acionamento direto ou lampejo (acionamento pulsado) para ver algo distante ou chamar a atenção de quem está a frente. (BOSCH, 2005).

Temos também as luzes de freio, luzes de ré na traseira do veículo e luzes de advertência e indicadoras de direção, na qual as luzes de freio indicam uma redução de velocidade para o(s) veículo(s) que estão atrás, as luzes de ré indicam que o veículo irá se movimentar para trás (ou seja, em marcha a ré), sendo considerado também como farol traseiro, pois também ilumina a pista traseira ao veículo ao realizar esse movimento reverso.

As luzes indicadoras de direção e as luzes de advertência se localizam nos lados esquerdo e direito na dianteira e traseira do veículo, sendo que as indicadoras de direção ou setas, como o próprio nome já diz, indicam com antecedência para o meio externo qual a direção (esquerda ou direita) que o veículo irá seguir através da oscilação (pisca-pisca) em uma frequência de 90 ± 30 ciclos por minuto, e as luzes de advertência ou pisca-alerta, indicam alguma emergência, ou seja, solicita um estado de extrema atenção para o meio externo através de uma oscilação de 60 à 120 ciclos por minuto, sendo que se uma lâmpada queimar as outras devem continuar emitindo os sinais perceptíveis ao meio externo. (BOSCH, 2005).

Como exemplos de iluminação interna, temos a luz de leitura que ao ser acionada promove uma iluminação geral do interior do veículo (habitáculo), a luz de cortesia que é acionada ao destravar a porta caso possua trava elétrica e/ou abri-la para que o(s) passageiro(s) enxerguem bem o interior do veículo ao adentrarem ou saírem do habitáculo.

Outro item de extrema importância na iluminação interna do veículo é a iluminação do painel de instrumentos (cluster) que indica diversas funções do veículo ao condutor, tais como, velocímetro, contagiros (rotação do motor), odômetro total e parcial, entre outras, e por fim temos a iluminação do painel de teclas, ou seja, a iluminação todos botões de acionamento dos sistemas elétricos com suas devidas simbologias que identificam cada um, tanto ao condutor quanto aos passageiros do veículo. (BOSCH, 2005).

Já o dispositivo de sinalização acústica denominado buzina, passou a gerar som a partir de vibrações produzidas em uma determinada frequência após aplicada uma tensão na mesma. Da mesma forma surgiram diversos acessórios elétricos importantes, como o limpador de para-brisas em 1903 pela criadora norte-americana Mary Anderson, que foi desenvolvido com a intenção de manter uma boa visibilidade no para-brisas em dias de chuva, pois através de um motor elétrico movimenta duas palhetas metálicas com uma borracha pressionada sobre o vidro limpando o mesmo e melhorando a

segurança dos ocupantes do veículo e da população externa ao mesmo. (Biografia de Mary Anderson , 2017).

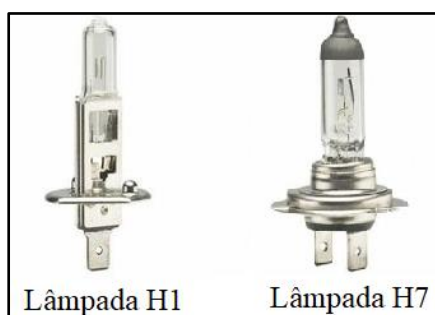
2.1.2 Lâmpadas elétricas veiculares

De acordo com o manual de tecnologia automotiva existem lâmpadas automotivas com tensão de funcionamento de 6V, 12V ou 24V conforme ECE R37 com soquetes diferentes e inscrição da tensão em sua carcaça para evitar erros de ligação, pois ao elevar 10% da tensão de alimentação, reduz-se em 70% a vida útil da lâmpada e 30% de sua iluminação. (BOSCH, 2005).

A eficiência luminosa (lumens por watt) representa a eficiência fotométrica da lâmpada em relação a potência elétrica fornecida. [...] A eficiência máxima das lâmpadas halógenas são de 22...26 lm/W é primariamente uma consequência da elevada temperatura do filamento. (BOSCH, 2005, p.939).

As lâmpadas utilizadas atualmente em grande escala na iluminação automotiva devido seu baixo custo de aquisição, são as do tipo halógenas, que possuem um filamento contido em um gás inerte que fica incandescente ao receber um fluxo de corrente elétrica sobre si, mas acaba dissipando muita energia em calor, não apresentando assim uma boa eficiência energética. Existem alguns tipos de lâmpadas usualmente usadas nos veículos, sendo os principais tipos:

Figura 7 - Imagem de alguns tipos de lâmpadas halógenas veiculares usadas em faróis.



Fonte: Extraído e adaptado do site da Alibaba⁶.

⁶ Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/p-detail/auto-lamp-halogen-bulb-h1-h3-h4-h7-h11-h13-h15-h16-9004-9005-9006-9007-60356417692.html>>. Acesso em ago. 2017.

- H1 = possui apenas um terminal para o sinal positivo do acionamento do farol e o negativo é na sua própria carcaça, havendo uma lâmpada para o farol baixo com potência de 55W e uma para o farol alto com 55W de potência;
- H3 = possui um rabicho com um terminal para o sinal positivo do acionamento do farol de milha ou farol de neblina, sendo que o sinal negativo é ligado em sua carcaça e possui uma potência de 55W;
- H4 = possui três terminais, sendo um para o sinal negativo, um para o sinal positivo do farol baixo com potência de 55W e o outro para o positivo do sinal do farol alto com potência de 60W;
- H7 = possui dois terminais, sendo um para o sinal positivo do farol baixo com potência de 55W e o outro para o sinal positivo do farol alto com 60W de potência.
- Lâmpadas 12V/21W, conforme pode ser visualizada na figura 8, podem ser de apenas um polo onde recebe o sinal positivo tendo o sinal negativo ligado a sua carcaça, geralmente usada para acionamento da luz de ré e dos faróis de neblina traseiro, ou podemos tê-la com dois pólos sendo um de 21W de potência para luz de freio e outro de geralmente de 5W de potência para a lanterna traseira, tendo o sinal negativo também ligado em sua carcaça.

Figura 8 - Imagem de uma lâmpada de filamento de 12V/21W de um polo usada na luz de ré.



Fonte: Extraído do site da CDX⁷.

⁷ Disponível em: <<https://cdx.com.br/lampada-halogena-polo-cinoy-1141-branca-p-1419.html>>.

De acordo com informações disponibilizadas pela Bosch (BOSCH BRASIL, 2017), aos poucos as lâmpadas com tecnologia *LED* (Diodo Emissor de Luz) estão ganhando espaço no mercado, pois dissipam muito pouca energia em forma de calor e no sentido oposto a emissão da luz, apresentando um ganho energético enorme bem como uma maior luminosidade e durabilidade da lente dos faróis e das lanternas.

2.1.3 Motores elétricos de corrente contínua (CC)

Segundo Noll a energia não se cria e não se destrói, apenas se transforma, ou seja, a energia mecânica pode ser transformada em energia elétrica, ou em energia térmica por exemplo. Um motor elétrico é uma máquina elétrica que converte energia elétrica em energia mecânica de rotação, possuindo suas informações básicas como tensão de operação, corrente nominal, potência mecânica entre outras características elétricas descritas em uma placa anexa a seu corpo (carcaça) ou impressa sobre o mesmo. (NOLL, 2007).

2.1.3.1 Acessórios elétricos veiculares acionados por motores elétricos

Muitos acessórios elétricos veiculares foram desenvolvidos com base em motores elétricos de corrente contínua (CC), para seu acionamento e desligamento. E outros equipamentos foram aprimorados deixando de ter um acionamento manual que utiliza a força bruta do ocupante do veículo, para um acionamento automatizado por um motor elétrico tornando muito mais cômodo para os ocupantes do veículo acionar ou desacionar o acessório em questão, como por exemplo subir ou descer os vidros das portas.

Segundo Bosch, segue uma breve explicação sobre alguns acessórios veiculares que possuem motores elétricos de baixa potência em seu acionamento, ou seja, motores com ímã permanente no lugar da bobina de campo, possuindo apenas dois terminais de energização: (BOSCH, 2005).

- Vidro elétrico: Um sistema composto basicamente por um braço, um suporte posicionado na parte de baixo do vidro e uma placa dentada engrenada em um motor elétrico reversível, que permite o movimento do vidro para cima ou para baixo de acordo com a polarização elétrica do motor, ou seja, basicamente possui os mesmos componentes para acionamento mecânico do vidro através de uma manivela, porém para maior conforto dos ocupantes do veículo o acionamento manual é substituído por um acionamento elétrico controlado por meio de um motor (CC), conforme indicado na figura 9.

Figura 9 - Imagem de um motor do vidro elétrico do lado esquerdo e lado direito



Fonte: Extraído do site do Salão do Carro⁸

- Limpador de para-brisa: Possui a função de manter o para-brisas limpo e consequentemente com uma boa visibilidade panorâmica, sendo composto basicamente pelo mecanismo das palhetas que são quadriláteros articulados e arranjados de forma a fornecer um movimento sincronizado e estável das

⁸Disponível em: <<https://salaodocarro.com.br/como-funciona/vidros-eletricos.html>>. Acesso em set. 2017.

palhetas ao ser movimentado por meio de um motor elétrico (CC) com imã permanente, sendo que a palheta sustenta uma lâmina de borracha junto a si para efetuar a limpeza do vidro ao deslizar sobre ele com uma certa pressão, e a mesma é ligada ao mecanismo das palhetas, que sincroniza os movimentos por meio de um braço metálico, vide figura 10.

Figura 10 – Imagem de um motor elétrico e mecanismo sincronizador do limpador de para-brisa consecutivamente.



Fonte: Extraído e adaptado do site da Jocar⁹.

- Ventilação forçada ou ventilação interna: Basicamente é constituída por uma ventoinha movida por um motor elétrico - vide exemplo na figura 11 - que fica posicionada no centro do painel, possuindo um botão que faz a seleção da velocidade desejada no ventilador, através da abertura e fechamento de contatos elétricos em um resistor que limita a corrente elétrica no mesmo. Possui também a opção de ventilar ar externo para dentro do veículo ou apenas recircular o ar interno direcionando-o por meio difusores dispostos no painel, conforme indicados na figura 12.

⁹ Disponível em: <<https://www.jocar.com.br/Index.aspx?CSGI=1649&NSN=motor%20limpador&BPM=motor%20limpador>>. Acesso em nov. 2017;

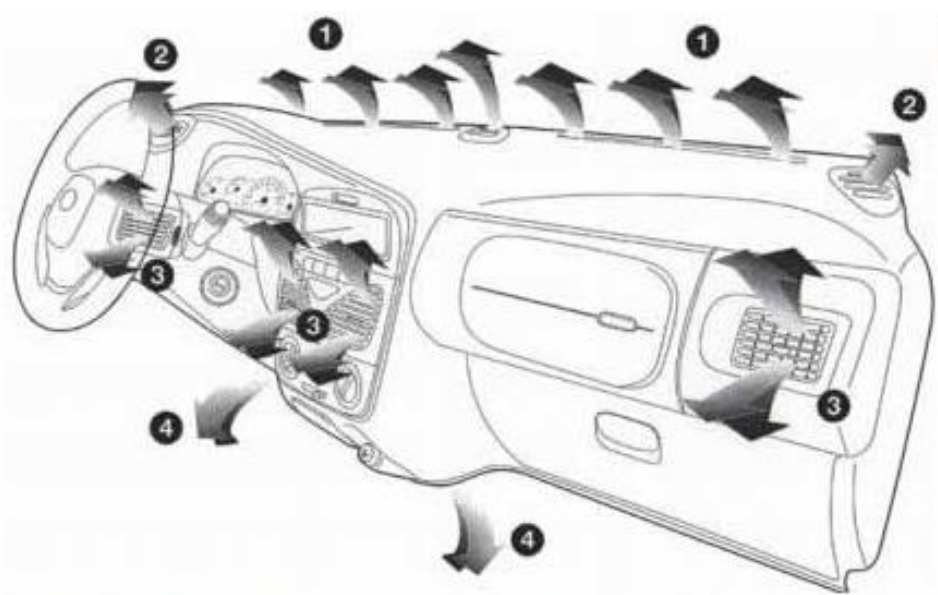
Disponível em: <<https://www.jocar.com.br/Index.aspx?CG=17&CSG=500>>. Acesso em nov. 2017.

Figura 11- Imagem de uma ventoinha do sistema de ventilação interna.



Fonte: Extraído do site da K2 Ar-condicionado¹⁰.

Figura 12 - Imagem ilustrativa de um painel com fluxo de ar pelos difusores.



Fonte: Extraído do site da K2 Ar-condicionado¹¹.

¹⁰ Disponível em: < Disponível em: <<http://k2arcondicionado.com.br/article/motor-ventilador-ar-condicionado-automotivo.html>>. Acesso em nov. 2017.

¹¹ Disponível em: <<http://k2arcondicionado.com.br/article/ar-condicionado-palio-strada-siena.html>>. Acesso em nov. 2017.

2.2 Sistemas para controle de acionamento dos acessórios elétricos

Segundo Bosch, os acionamentos de todos os acessórios elétricos do veículo são feitos por meio de botões ou chaves (alavancas), que possuem a função de interruptores elétricos, abrindo ou fechando o circuito elétrico do sistema desejado, ou seja, ligando ou desligando o mesmo, porém, os interruptores e chaves elétricas não suportam uma corrente elevada fluindo em seus terminais, por isso são usados apenas para chavearem um relé que suportará a corrente elétrica exigida para o acionamento dos acessórios elétricos do veículo, isolando assim o circuito de baixa potência do circuito de alta potência. (BOSCH, 2005)

Pode-se usar como exemplo dessa aplicação o desembaçador do para-brisa traseiro, cujo botão de acionamento suporta uma corrente elétrica de 10A, porém o desembaçador do para-brisas traseiro exige uma corrente elétrica em torno de 20A, o que danificaria permanentemente o interruptor que se fundiria por efeito Joule.

Para maior entendimento, também como exemplo dessa aplicação há o farol baixo, que possui seu acionamento conjugado com as lanternas de delimitação, consumindo assim uma corrente elétrica total na faixa de 14A aproximadamente, sendo que uma corrente dessa magnitude pode danificar não só o interruptor do farol, mas danifica a maioria dos possíveis interruptores e chaves de acionamento do no meio automotivo, levando-os a fundir por efeito Joule, pois a maioria deles suportam no máximo uma corrente elétrica de 10A.

2.3 Chaveamento dos circuitos de potência dos acessórios elétricos via relés

Relés são dispositivos comutadores eletromecânicos muito utilizados no meio automotivo, os quais realizam o chaveamento de circuitos de alta potência através de um sinal de baixa potência isolando assim os dois circuitos.

Geralmente um interruptor ou chave elétrica automotiva suporta uma corrente elétrica na ordem de 10A passando pelos seus terminais de contato, sendo que se esse limite for ultrapassado o circuito se danifica por efeito Joule, no qual superaquece até fundir.

Já os terminais do circuito de potência dos relés utilizados na maioria dos acessórios elétricos veiculares, suportam uma corrente de 20A, sendo que alguns acessórios necessitam de uma capacidade maior de corrente elétrica, sendo utilizados relés que suportam até 40A, como pode ser visualizado na figura 13.

Relés são utilizados para aumentar a vida útil dos interruptores elétricos e diminuir sua necessidade de robustez, pois o circuito de baixa potência do relé que requer uma corrente baixa corrente, na faixa dos miliamperes (mA) e a alta corrente irá circular pelos terminais de potência do relé, permitindo assim que uma carga de alta potência seja controlada através de uma baixa potência, preservando assim os interruptores elétricos de um desgaste excessivo que os danificariam em um curto prazo.

Segundo Bosch, os terminais de contato tanto de interruptores elétricos veiculares quanto dos relés, possuem uma identificação padronizada pela designação dos bornes do sistema elétrico do veículo especificado na norma DIN 72552 e DIN-VDE e para uso automotivo podem apresentar tensão de alimentação de 12V ou 24V. (BOSCH, 2005).

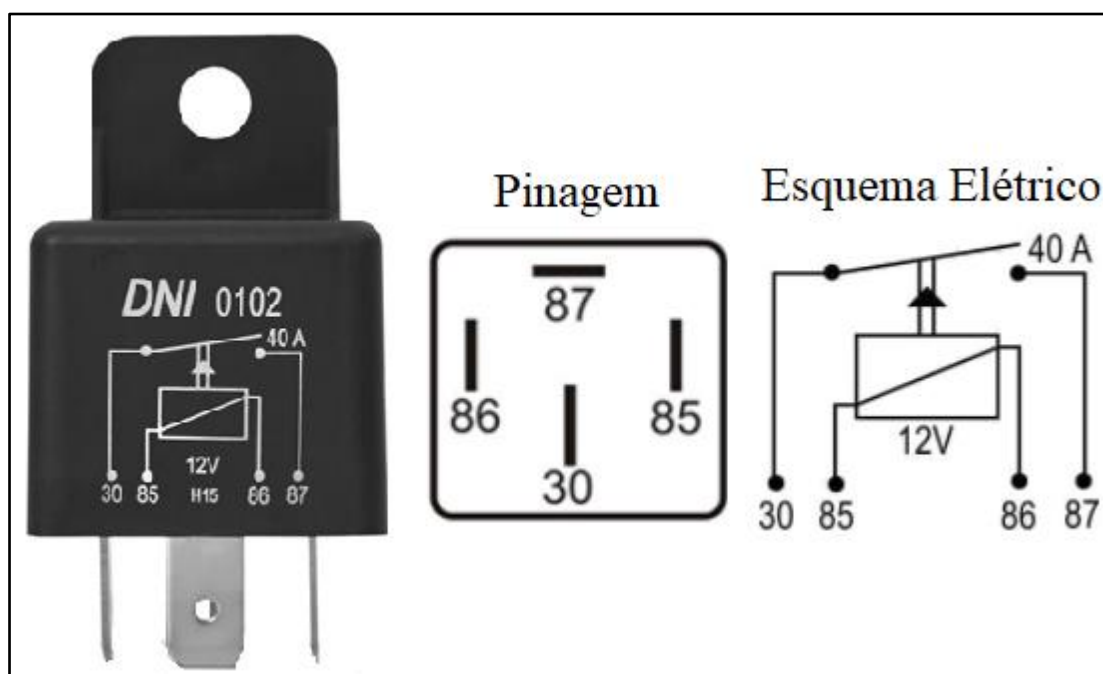
Segundo Braga, para que um relé funcione corretamente, o mesmo deve possuir uma instalação elétrica que proporcione a energização de sua bobina, por meio de um interruptor elétrico, formando assim a parte do circuito denominada linha de campo.

Conforme indicado na figura 13, os terminais que compõem a linha de campo são o terminal 85 que recebe um sinal negativo e o terminal 86 que recebe um sinal positivo.

Ao ocorrer a alimentação nesses terminais através do chaveamento de um interruptor ou chave, é gerado um campo eletromagnético em sua bobina que atrai uma

palheta (pequena chapa ferromagnética) para si, fechando assim o contato elétrico do terminal 30 (entrada) - que pode possuir uma conexão direta com um sinal positivo direto, pós-chave ou negativo - com o terminal 87 (saída para o consumidor), fechando assim o circuito de maior potência denominado de linha de trabalho, conforme indicado na figura 13. Existem também relés temporizadores, ou seja, que temporizam a abertura e fechamento da linha de trabalho através de um circuito eletrônico internamente conjugado, temporizando assim o acionamento do circuito elétrico em que está instalado. (BRAGA, 2017).

Figura 13 - Imagem de um relé auxiliar universal utilizado no setor automotivo.



Fonte: Extraído e adaptado do site da DNI¹².

¹² Disponível em: <http://www.dni.com.br/index.php/auto_pt/produtos/relés-e-modulos/dni-0102-rele-auxiliar-universal-ar-condicionado.html>. Acesso em dez. 2017

2.4 Dispositivos fusíveis

Conforme informações contidas no Guia EM da NBR 5410, comumente chamado de “fusível” o dispositivo que ao ser percorrido por corrente elétrica excessiva por um tempo considerável, opera para proteger a instalação elétrica em que está presente, fundindo-se e abrindo o circuito elétrico em questão, ou seja, são limitadores de corrente no sistema em que está instalado.

O nome técnico é “dispositivo fusível” sendo constituído por alguns elementos, basicamente sendo uma base que é a parte fixa do dispositivo com contatos e terminais, um porta-fusível que é a parte móvel do dispositivo onde o fusível é instalado, o elemento fusível em si, que fundi ao ser percorrido por uma corrente especificada pelo modelo do componente, por um tempo determinado, e o indicador que mostra de forma visível que o dispositivo fusível operou.

A norma que rege esses dispositivos são a IEC 60269 e a NBR 11840 à 11849, nas quais são definidos três tipos de dispositivos fusíveis limitadores de corrente, sendo o tipo gM que se aplica somente para curto circuito, como também o tipo aM que é utilizado no meio industrial também se aplicando somente para curto circuito, e por fim o tipo gG como podemos ver exemplos na figura 14, os quais são utilizados no meio automotivo pois fornece proteção de sobrecarga e curto-circuito até 100A,. (SOUZA e MORENO, 2001).

Figura 14 - Imagem de fusíveis gG tipo lâmina engate.



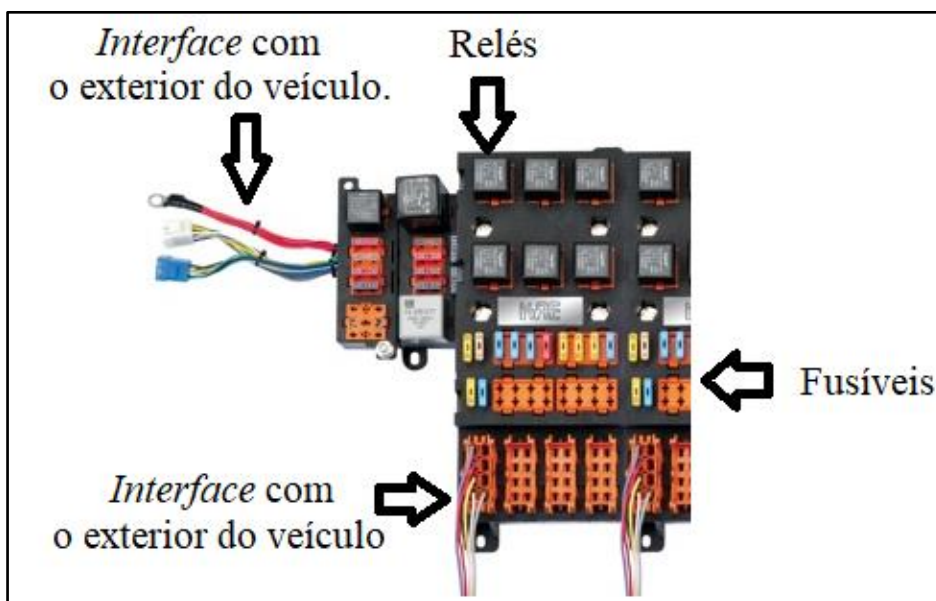
Fonte: Extraído do site da Hikari Fusíveis¹³.

¹³ Disponível em: <<http://www.hikarifusiveis.com.br/2013/fusiveis.html>>. Acesso em ago. 2017.

2.5 Central elétrica veicular

É o ponto central, onde é realizada a *interface* entre os itens elétricos e eletrônicos do habitáculo (cabine) do veículo com o chassi ou quadro, e o sistema de *powertrain* (trem de força), no qual possui os relés que realizam o chaveamento dos circuitos de potência e os dispositivos fusíveis, conhecidos popularmente apenas como fusíveis, que realizam a proteção necessária a toda instalação elétrica (chicote elétrico) do veículo contra sobrecorrente gerada através de curto-circuito, picos de tensão e instalação de consumidores inadequados, não projetados e/ou não recomendados pelo fabricante. Visualizar os componentes mencionados acima, na figura 15.

Figura 15 - Imagem de uma central elétrica veicular.



Fonte: Extraído e adaptado do site da AllBiz¹⁴.

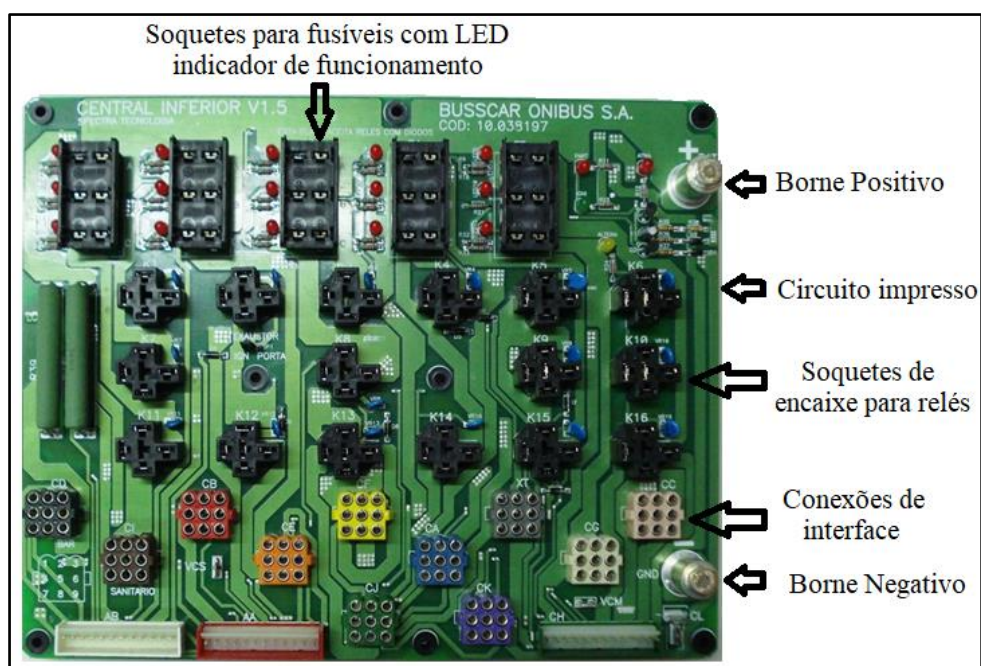
Segundo a fabricante KAE, um tipo de central elétrica muito utilizado no meio automotivo, é a central elétrica modular, como mostra a figura 15, em que o projetista seleciona e encaixa os moldes otimizando o espaço em que ela ficará posicionada, sendo bem simples de entender o circuito pois os terminais superiores estão curto-circuitados (ligados) aos inferiores, ou seja, é fácil de visualizar o sinal e/ou cabo elétrico que entra

¹⁴ Disponível em: <<https://br.all.biz/central-eletrica-modular-automotiva-g15600>>. Acesso em dez. 2017.

e o que sai dela sem muita necessidade de um esquema elétrico da mesma. (KAE, 2017).

Existe também a central elétrica eletrônica, que possui suas conexões e terminais soldados em uma placa de circuito impresso, conforme indicado na figura 16, a qual necessita de um esquema elétrico ou de um tempo mais elevado para entender o circuito e/ou realizar uma manutenção. (VEHTEC, 2017)

Figura 16 - Imagem de uma central elétrica eletrônica.



Fonte: Extraído e adaptado do site da VEHTEC Tecnologia.¹⁵

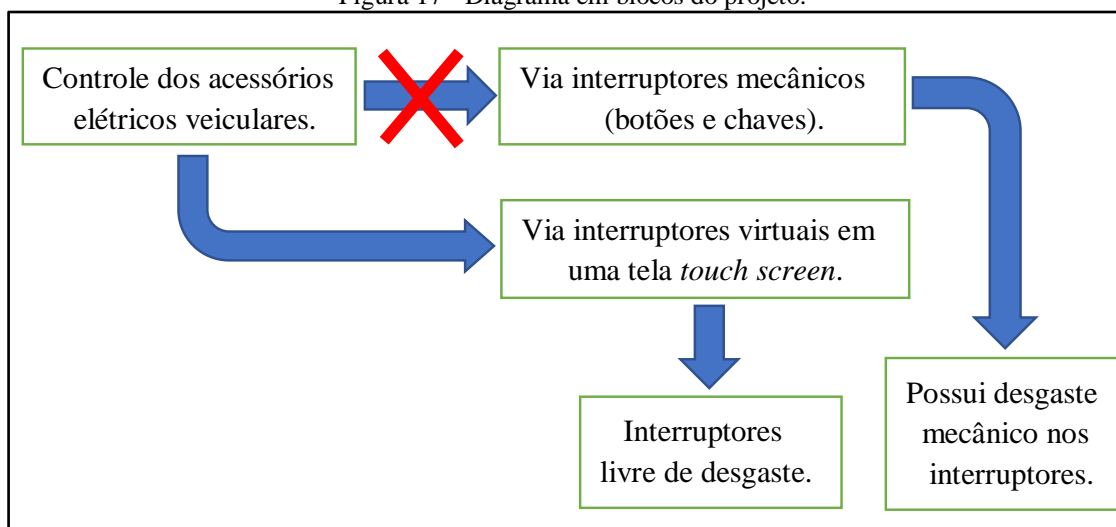
Por fim, outro tipo de central elétrica muito utilizada em veículos mais atuais com uma eletrônica embarcada mais complexa, são centrais elétricas integradas em uma unidade de comando eletrônico (*ECU*), que possuem fusíveis e conexões de *interface* integrados em si, tendo seus relés e/ou transistores para chavear os circuitos de potência soldados na placa de circuito impresso. Ela funciona como um módulo eletrônico, pois possui memória e até um certo processamento de dados, e nesse caso, é necessário um esquema elétrico para realização de manutenção ou entendimento do circuito interno. (DR. CARRO, 2017).

¹⁵ Disponível em: <<http://vehtec.web2439.uni5.net/site/produto/automotiva/centrais-eletricas/central-eletrica-busscar>>. Acesso em dez. 2017.

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nesse capítulo serão abordados os métodos de confecção do *software* e do *hardware* utilizados no projeto, bem como os principais componentes eletrônicos utilizados para atender a proposta apresentada, conforme diagrama de blocos indicado na figura 17.

Figura 17 - Diagrama em blocos do projeto.



Fonte: O próprio autor.

3.1 Descrição resumida dos principais componentes eletrônicos e softwares utilizados no projeto

3.1.1 Transistores do tipo TJB e do tipo MOSFET

Segundo Boylestad *et al.*, o transistor de junção bipolar (TJB) é um dispositivo semiconductor formado por uma camada do tipo N (base) entre duas do tipo P (coletor e emissor) – PNP - ou o inverso, sendo uma camada tipo P (base) entre duas tipo N (coletor e emissor) – NPN - que controla a corrente que circula entre o coletor e emissor, por meio da corrente elétrica aplicada na base, podendo operar na zona de saturação, ou seja, como chave, pode operar na zona de corte, onde bloqueia totalmente a passagem de corrente, ou pode operar na zona linear, controlando a corrente que

circula entre o coletor e o emissor, através da corrente aplicada na base. (BOYLESTAD e NASHELSKY, 2004).

Além de poder chavear o acionamento de circuitos em uma alta frequência, pode também trabalhar como um amplificador, pois através de uma baixa corrente aplicada em sua base, libera a passagem de uma alta corrente de acordo com sua capacidade máxima, ou seja, um circuito de baixa potência controla um circuito de alta potência através do transistor.

Os transistores de efeito de campo FET (*Field-Effect Transistor*) muito utilizados em circuitos de alta potência, podem também aplicados em circuitos de baixa potência e se assemelham muito com os do tipo TJB.

Há diferenças significativas para o seu funcionamento e aplicação, na qual a principal é que os transistores de junção bipolar (TJB) liberam a passagem de corrente entre o coletor e o emissor, de acordo com a corrente elétrica aplicada em sua entrada (base), já os FET liberam a passagem de corrente elétrica entre o dreno (*drain*) e a fonte (*source*), de acordo com a tensão aplicada em sua entrada ou porta (*gate*), possuindo esse nome de efeito de campo justamente por trabalhar por campo elétrico, possuindo uma alta impedância de entrada mantendo uma excelente isolamento entre o circuito controlador e a carga controlada. (BOYLESTAD e NASHELSKY, 2004).

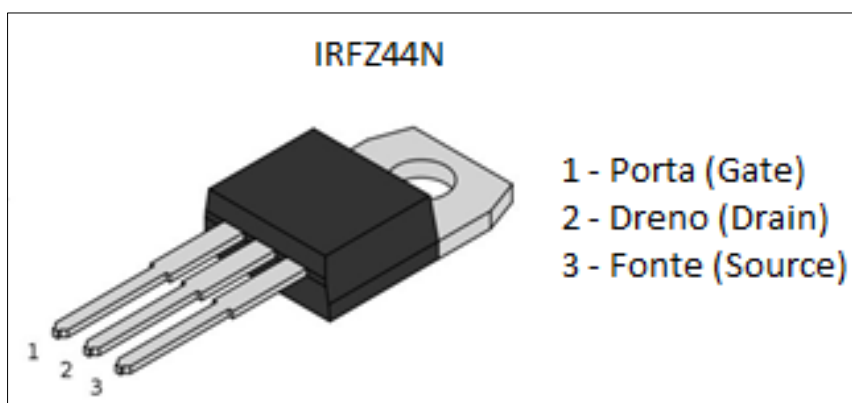
3.1.1.1 Transistor IRFZ44N

Conforme o *datasheet* do componente, o transistor MOSFET IRFZ44N é um FET com tecnologia MOS, que oferece uma impedância de entrada bem maior que a oferecida um FET, que os permitem serem usados numa infinidade de aplicações de alta potência com um baixíssimo consumo de energia na entrada, devido sua alta impedância de entrada, o qual começa a conduzir corrente elétrica entre o dreno (*drain*) e a fonte (*source*) ao ser aplicada uma tensão mínima em sua porta, denominada tensão de *threshold* [VGS(th)] no valor de 2V contínuos (VDC) sendo que ao ser aplicados 10VDC em sua porta ele já passa a conduzir até 33A entre o dreno e a fonte, e satura quando aplicados 20VDC em sua porta, conduzindo a corrente máxima de acordo com sua temperatura, sendo capazes de controlar correntes de até 49A @ 25°C e 35A @ 100°C.

Como geralmente equipamentos eletrônicos no meio embarcado chegam facilmente a uma temperatura entre 70°C à 100°C, adota-se como padrão para o projeto em questão com base no *datasheet* do componente, uma corrente máxima de dreno (I_d) de 35A em uma situação normal de operação, suportando uma tensão máxima entre o dreno e a fonte (V_{dss}) de 60VDC.

Ver ilustração do componente e posição dos terminais na figura 18. (DATASHEET DO TRANSISTOR MOSFET IRFZ44N, 2017).

Figura 18 - Imagem ilustrativa de um transistor IRFZ44N.

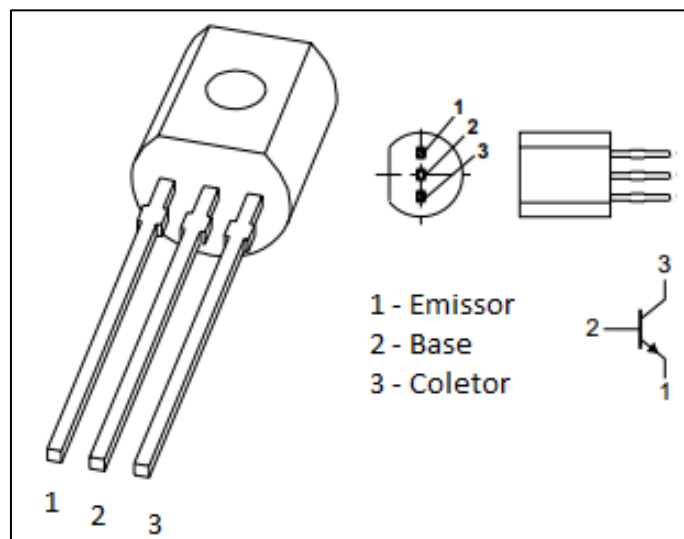


Fonte: Extraído de adaptado do (DATASHEET DO TRANSISTOR MOSFET IRFZ44N, 2017).

3.1.1.2 Transistor BC337

Conforme informações contidas no *datasheet* do componente, os transistores BC337 são do tipo NPN de média potência, trabalha com uma tensão de base (V_{BE}) de 5V saturando com uma corrente de base (I_B) de 50mA e suportando uma corrente máxima de coletor (I_C) de 500mA e uma corrente de pico de coletor (I_{CM}) de 1A, sendo muito utilizados em pequenos amplificadores de áudio e possuindo um baixo custo de aquisição. Ver ilustração do componente, simbologia e a posição dos terminais na figura 19. (DATASHEET DO TRANSISTOR TJB BC337, 2017) .

Figura 19 - Imagem ilustrativa do transistor BC337.



Fonte: Extraído de adaptado do (DATASHEET DO TRANSISTOR TJB BC337, 2017).

3.1.1.3 Dispositivos de proteção rearmáveis

São dispositivos de proteção que após atuarem protegendo um circuito, possuem a capacidade de se reestabelecerem, fornecendo a mesma proteção sem que sejam substituídos, possuindo uma vida útil prolongada e reduzindo assim as manutenções do circuito e conseqüentemente os custos. (PPTC, 2017).

3.1.1.4 *Polyswitch*

Segundo informações disponíveis no site da empresa CYG Wayon, que é uma das principais fornecedoras mundiais de soluções e proteção de circuitos eletrônicos, os dispositivos *polyswitch* - PPTC (Coeficiente de Temperatura Positivo Polimérico) possuem em temperatura ambiente a capacidade de conduzir eletricidade, sendo que sua resistência aumenta na medida em que sua temperatura aumenta em seu interior. O aumento de temperatura no interior do *polyswitch* pode subir até o ponto de impedir a passagem de corrente elétrica.

Os dispositivos de proteção *polyswitch* atuam por temperatura, ou seja, são dispositivos de proteção contra danos causados por sobretensão, sobrecorrente, e outras falhas que ocasionam sobretemperatura no circuito elétrico.

Os dispositivos fusíveis, também fornecem proteção ao circuito elétrico contra sobrecarga e curto-circuito, mas, ao contrário dos fusíveis, os *polyswitch* são dispositivos de proteção que se rearmam após a correção da falha, possuindo uma vida útil muito extensa comparado aos fusíveis, pois ao se rearmarem, reestabelecem a condução elétrica no circuito ao atingir uma temperatura segura em seu interior (conforme especificada em cada modelo do componente), e ser reiniciada a energia do mesmo, retomando assim níveis seguros de corrente elétrica circulando no circuito. Pode-se visualizar a imagem de um *polyswitch* na figura 20. (PPTC, 2017).

Figura 20- Imagem de um dispositivo de proteção *polyswitch*.



Fonte: Extraído do site da UCHIDIG¹⁶.

¹⁶ Disponível em: <<http://portuguese.uchidg.com/sale-2002527-ac-265v-1a-polyswitch-ptc-pptc-resettable-fuse-for-medical-equipment.html>>. Acesso em ago. 2017.

3.1.2 Descrição resumida do LabVIEW

O software *LabView - Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench* (Laboratório Virtual de Instrumentos de Engenharia de Bancada) – criado pela *National Instruments*, utiliza uma linguagem gráfica de programação utilizando ícones ao invés de linhas de programa. Além disso, a sua execução não é de forma sequencial e sim por de fluxo de dados (*dataflow*) que definem a execução de rotinas trazendo assim vantagens para aplicações com instrumentação - Data acquisition (DAC) - que é a aquisição e manipulação de dados e/ou geração de sinais através de uma porta serial RS232, USB ou rede Ethernet, e sendo aplicado frequentemente na solução de problemas científicos e de engenharia. (UTFPR, 2014)

O *LabView* está totalmente integrado para comunicação com diversos hardwares[...]. Utilizando o *LabView*, você pode criar aplicações de teste e medição, aquisição de dados, controle de instrumento, registro de dados, análise de medição e geração de relatório. Também pode criar executáveis e bibliotecas compartilhadas, como DLLs, já que o *LabView* é um compilador real de 32 bits. (Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Introdução a Programação com *LabView*, 2014, p.4)

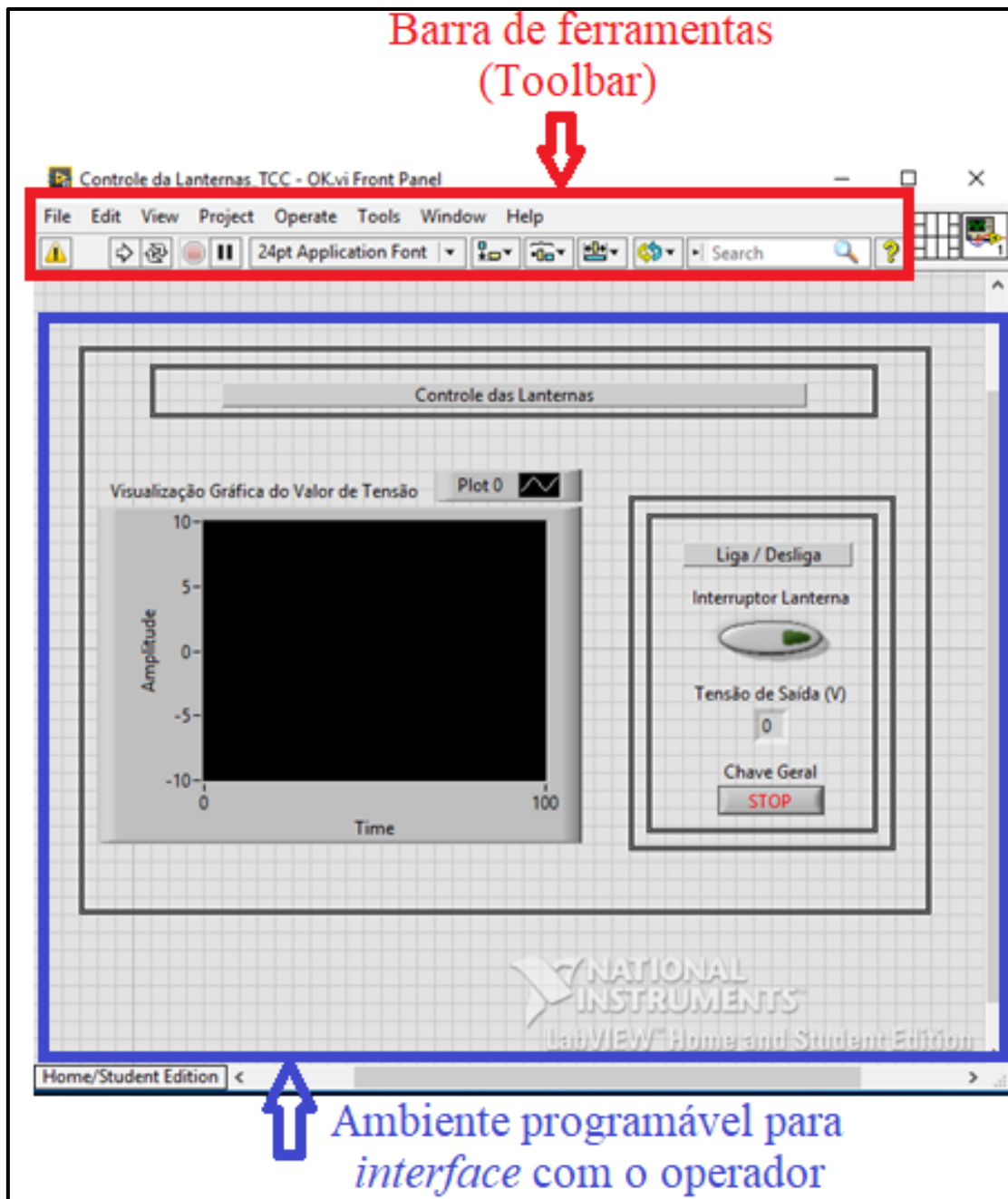
Um dos grandes benefícios do *LabVIEW* para sequências de testes, registro de dados e *interfaces de hardware* é a execução de tarefas em modo paralelo.

O código é formado por símbolos possuindo um visual semelhante ao de um fluxograma e um esquema eletrônico. E a *interface* com o usuário é interativa e amigável, favorecendo assim a compreensão tanto do programador quanto do operador (usuário). O código fonte de um programa produzido pelo *LabView* é denominado *VI (Virtual Instrument)*, e possui duas *interfaces* de interação com o programador:

- **Painel Frontal (Front Panel):** Conforme pode ser visualizado no exemplo indicado na figura 21, o Painel Frontal permite a inserção de valores de entrada por meio de botões e/ou chaves que selecionam um valor ou estado inicial para o programa, e visualização dos de valores de saída que mostram o resultado da execução do programa ao operador através de visualizadores, que podem ser na

forma gráfica, tabelada, ou por um indicador booleano, tornando o painel frontal a *interface* com o operador. (UTFPR, 2014).

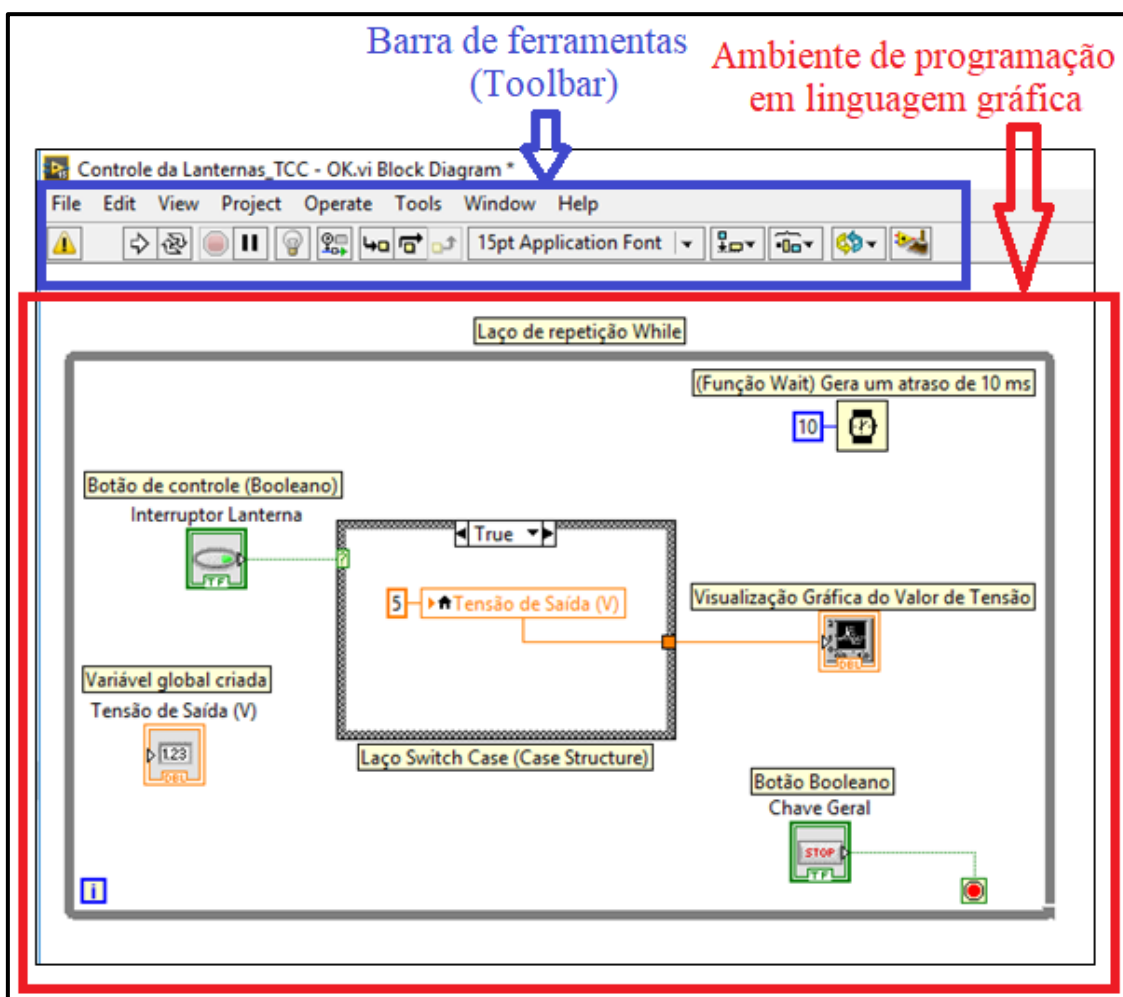
Figura 21 - Exemplo de um Painel Frontal de um programa (VI) desenvolvido no *LabView*.



Fonte: O próprio autor.

- **Diagrama de blocos (*Block Diagram*):** Conforme pode ser visualizado no exemplo indicado na figura 22, o Diagrama de Blocos é o ambiente de programação por linguagem gráfica aonde tudo acontece por fluxo de dados. O programa (VI) recebe os dados de entrada pelo Painel Frontal, executa as rotinas por fluxo de dados no Diagrama de Blocos, e devolve os resultados da execução para o operador através de indicadores no Painel Frontal. (UTFPR, 2014).

Figura 22 - Exemplo de um Diagrama de Blocos de um programa (VI) desenvolvido no *LabView*.



Fonte: O próprio autor

3.1.3 Descrição resumida de um microcontrolador

Segundo Pereira, baseado no conceito de micro, um microcontrolador trabalha com semicondutores de dimensões micrométricas em diferentes aplicações, possuindo as partes fundamentais de um microcomputador, tais como microprocessador, memórias, portas de entrada e/ou saída podendo ser analógicas ou digitais e tudo em um único circuito integrado (CI).

Essas características o tornam capaz de criar um completo sistema digital programável, limitado apenas pela capacidade de *hardware* de cada modelo de microcontrolador e sendo muito utilizado em aplicações simples, onde não são necessárias grandes capacidades de processamento e memória em aplicações de baixo custo. (PEREIRA, 2003).

3.1.3.1 Microcontrolador PIC18F4550

O microcontrolador PIC 18F4550 (*PIC* significa *Peripheral Interface Controller*, ou seja, Controlador de *Interface* Periférica) possui 40 pinos, e é produzido pela Microchip, tendo como principais características:

- Possui 35 portas de entrada e saída (I/O);
- Possui 13 portas A/D com resolução de 10 bits;
- 31 níveis de STACK - Módulo CCP (Capture/Compare/PWM);
- Opera com tensão de 2V à 5,5V;
- Arquitetura RISC (set de instruções reduzidas);
- Possui diversas portas de comunicação, tais como a comunicação serial USB V2.0 de 1,5Mb/s a 12Mb/s, possui uma memória RAM de 1Kbytes dedicada a USB, possuindo também um conversor de porta paralela para a USB entre outras informações;
- Periféricos capazes de absorver ou drenar 25mA;
- velocidade de operação de 48Mhz com estrutura flexível para osciladores internos e externos;
- Possui internamente uma memória de programa (Flash) de 32Kbytes, uma memória de dados (RAM) de 2Kbytes divididos em oito bancos com 256 posições de memória cada um, e uma memória EEPROM de 256 bytes;

Toda a linha de microcontroladores *PIC* possuem uma arquitetura otimizada para um compilador C, entre muitas outras características. O microcontrolador PIC 18F4550 pode ser visualizado na figura 23. (GIMENEZ e DANTAS, 2015).

Figura 23- Imagem de um microcontrolador PIC 18F4550.



Fonte: Extraído do site da Microchip¹⁷.

3.1.4 Descrição resumida sobre alguns protocolos de comunicação serial

Comunicação serial é um protocolo muito comum e padronizado em quase todos os computadores, sendo muito utilizado na indústria em sistemas de instrumentação, na qual consiste no processo de enviar e receber bytes de dados (pacotes de dados) *bit* a *bit* de forma sequencial em um canal de comunicação ou barramento.

Esse tipo de comunicação, geralmente utiliza o código ASCII (*American Standard Code for Information Interchange* - que significa Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação) que codifica com zeros (0) e uns (1), ou seja, de forma binária, um conjunto de 128 sinais ou caracteres.

Existe a comunicação paralela, que é mais rápida que a serial, pois todos os *bits* de cada *byte* são enviados ao mesmo tempo, porém, possui um custo maior de implementação, e um limite no cabeamento entre equipamentos para uma transmissão eficiente de dados, sendo limitados a de 20 metros, o que deixa a comunicação serial mais interessante para o uso em muitas aplicações, pois seu limite de comprimento é de 100 metros. (NI, 2017).

Existem alguns protocolos de comunicação serial, tais como RS-232 que é muito utilizado na indústria para instrumentação de dispositivos. Ele recebe e envia dados serialmente de um computador para uma máquina ou dispositivo de forma *Full-Duplex*, ou seja, envia e recebe dados simultaneamente, possuindo uma velocidade de

¹⁷ Disponível em: <<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F4550>>. Acesso em ago. 2017.

transmissão (taxa de transmissão em bits por segundo) de 1,2 a 115,2Kbps, e podendo se comunicar com apenas um dispositivo de cada vez.

Já o protocolo USB 2.0, recebe e envia dados serialmente de um computador para uma máquina ou dispositivo, de forma *Half-Duplex*, ou seja, permite o fluxo de dados nos dois sentidos, mas não de forma simultânea, sendo um sentido de cada vez e com uma velocidade de transmissão de 1,5 a 12Mbps, o que é uma velocidade muito superior à do protocolo RS-232. A versão USB 3.0 permite a transmissão de dados de forma *Full-Duplex* à uma velocidade de até 4,8Gbps. (ROBOCORE TECNOLOGIA LTDA, 2017).

O protocolo de comunicação serial *USB (Universal Serial Bus)* utiliza o código ASCII para transmissão de dados. Foi uma inovação tecnológica lançada no ano de 1995, desenvolvida para ser conectada ao computador (sendo necessário a instalação de um driver em alguns casos para estabelecer comunicação) com uma padronização dos conectores (universais), existindo conectores macho e fêmea, para que a conexão possa ser feita entre dispositivos. Ver exemplos de conexões USB tipo A e Tipo B fêmea na figura 24 abaixo.

Figura 24- Imagem de conectores *USB* fêmea tipo A e Tipo B consecutivamente.



Fonte: Extraído do site da Hardware¹⁸.

O padronização dos conectores (*USB*), os mesmos possuem alimentação elétrica em sua própria conexão e podendo ser conectado a “quente”(*hot-swapping*), ou seja, permite conexão e desconexão sem precisar desligar ou reiniciar o computador, proporcionando assim fácil instalação e um baixo custo de aquisição e manutenção, pois a instalação de periféricos em um computador era difícil devido a necessidade de ter que abrir a máquina, mas com o surgimento deste padrão de conexão *Plug and Play*, ou

¹⁸ Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/guias/placas-mae-barramentos/usb.html>>. Acesso em nov. 2017.

seja, ligar e usar, a instalação de novos periféricos no computador ficou mais amigável ao operador. (DIGITAL, 2017).

3.2 Desenvolvimento do projeto

Este projeto foi desenvolvido para promover a ideia de aplicação de botões virtuais em uma tela *touch screen*, ao invés de botões e chaves mecânicas de controle do acionamento dos acessórios elétricos veiculares, como é usado atualmente.

Foram escolhidos quatro acessórios elétricos para ilustrar a ideia do projeto, que serão representados em uma bancada didática, ilustrando assim a ideia de funcionamento dos mesmos em um veículo real. Os quais são:

Ventilação forçada (ou ventoinha interna) que será representado por um mini ventilador automotivo giratório e que possui as seguintes especificações:

- Tensão de trabalho: 12Vcc;
- Corrente de trabalho: 1A;
- Potência: 12W @ 2500RPM;
- Diâmetro: 8” (polegadas).

Luz de leitura (iluminação interna), que será representada por uma lâmpada automotiva que possui as seguintes especificações:

- Tensão de operação: 12Vcc;
- Corrente de operação: 1,75A;
- Potência: 21W.

Ar-condicionado, que terá seu acionamento representado por um *LED* (Diodo Emissor de Luz) verde, que possui as seguintes especificações:

- *LED* verde de alto brilho 5mm;
- Tensão de operação: 12Vcc;
- Corrente de operação: Limitada a 17,6 mA por um resistor de 680Ω 1/4W.

Desembaçador do para-brisas traseiro, que será representada por uma lâmpada automotiva e que possui as mesmas especificações da lâmpada citada anteriormente

para a Luz de Leitura, porém com sua tensão e corrente elétrica limitada por um resistor de $15\Omega/10W$, fazendo com que o sistema seja acionado. O filamento da lâmpada ficará incandescente e com pouca luminosidade, pois haverá uma queda de tensão sobre ela de apenas 1,65V para indicar que o sistema está ligado, e o resistor aquecerá, dissipando energia elétrica em forma de calor com uma potência de 7,14W, simulando assim o desembaçador do para-brisa traseiro.

O sistema possui seu desligamento automático e temporizado via *software*, por questões de otimização do sistema e segurança. Segue alguns dados do sistema:

- Tensão de operação: 12Vcc, sendo 10,35V sobre o resistor e 1,65V sobre a lâmpada;
- Corrente de operação: 0,69A;

3.2.1 Explicação resumida sobre o desenvolvimento de software e hardware utilizados no projeto

O *software* que realizará a *interface* homem-máquina, ou seja, que fará a *interface* com o condutor e/ou passageiro no habitáculo do veículo por meio de uma tela *touch screen*, foi desenvolvido no *LabView*.

Já o *software* que realiza a *interface* entre o *LabView* e o meio físico, ou seja, realiza a comunicação entre a vontade operador ao selecionar uma opção no painel de teclas na tela *touch screen* e a execução da função selecionada de fato no veículo, é um programa em linguagem C, desenvolvido através do ambiente integrado de desenvolvimento PCWH da CCS.

A comunicação se dá forma serial, na qual o programa em C emula o protocolo de comunicação RS-232, utilizando o protocolo *USB 2.0* no microcontrolador *PIC18F4550*.

Ambos os programas, foram criados com base no software de um *Datalogger* que usa a plataforma *LabView* como *interface* homem-máquina e o microcontrolador *PIC18F4550* como interface com a camada física, os quais desenvolvidos e fornecidos pelo professor Dr. Edson Caoru Kitani da FATEC Santo André, para o desenvolvimento deste projeto. Foram apenas alterados e adaptados ao projeto atual de controle do

acionamento de acessórios elétricos via *touch screen*, no qual também foi desenvolvida e incluída uma rotina de temporização de um acessório no programa em linguagem G.

Como dito anteriormente, o *hardware* utilizado é baseado no microcontrolador *PIC18F4550*, substituindo assim os possíveis hardwares dedicados ao software *LabView* que são fabricados e fornecidos pela fabricante *National Instruments*, e assim reduzindo o custo de aquisição do *hardware* em torno de 80%, o que é um número bem razoável.

Como dito anteriormente no capítulo 2.5, uma central elétrica é formada por vários relés para chaveamento dos circuitos de potência e fusíveis para a proteção das instalações elétricas, ou seja, dos condutores elétricos de cada sistema, bem como diversas conexões que realizam a *interface* entre as instalações elétricas da parte interna do veículo com as instalações elétricas da parte externa do mesmo.

Os acessórios elétricos que terão o seu acionamento modificado para botões virtuais, ou seja, controle em uma tela *touch screen* e receberão uma central elétrica transistorizada montada sobre uma placa de circuito impresso, que está integrada com o *hardware* do projeto baseado no microcontrolador *PIC18F4550*.

O *hardware* possui uma fonte 12V/60W e um regulador de tensão LM7805 que reduz essa tensão para um nível de 5V deixando a alimentação do *PIC* em uma faixa de tensão aceitável.

Possui também os componentes para realização do chaveamento de cada circuito de potência dos acessórios elétricos (denominados *drivers* de potência), que se dão por meio de um arranjo que será explicado posteriormente, no qual é composto por um diodo retificador 1N4148, três resistores de 4K7 Ω de 1/4W, dois transistores de junção bipolar BC337 e um transistor de efeito de campo MOSFET IRFZ44N, e nenhum relé quando comparado com os veículos atuais.

Também não utilizarão fusíveis de proteção, como usualmente são utilizados nos circuitos dos veículos atuais, mas na central elétrica dedicada aos acessórios escolhidos, mas serão utilizados dispositivos de proteção rearmáveis do tipo *polyswitch*.

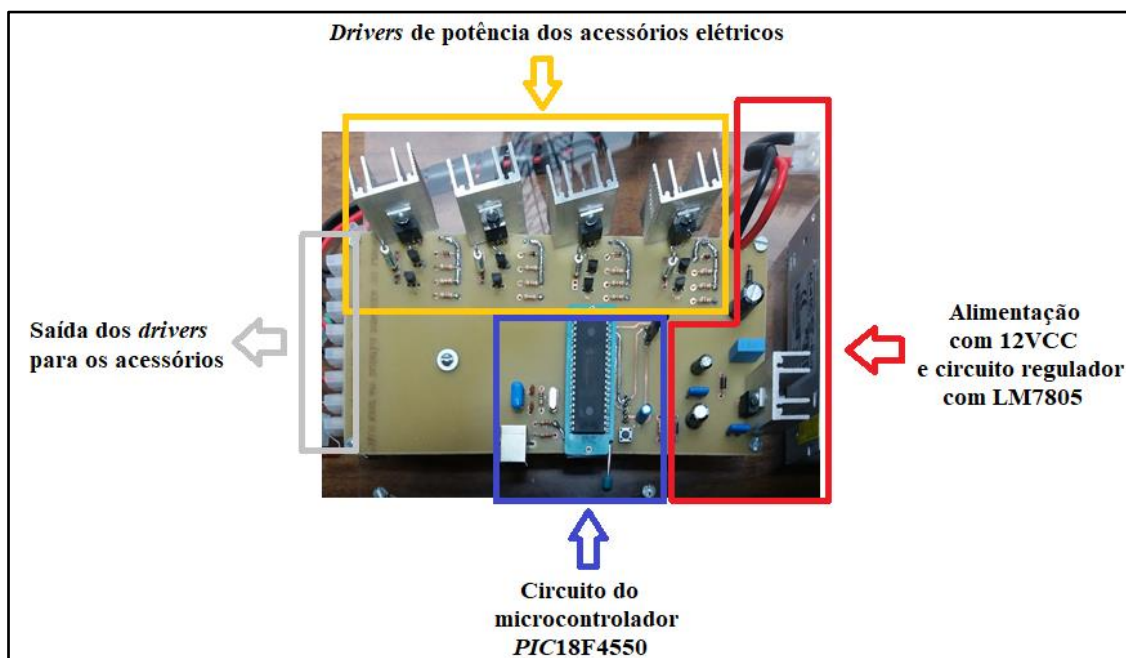
3.2.2 Descrição do *hardware* do projeto

Este circuito representa o hardware atual, porém muitas oportunidades de otimização e melhorias do mesmo já foram identificadas e serão descritas posteriormente no capítulo 6 como propostas futuras. O esquema elétrico completo está disponível mais adiante nos apêndices.

O *hardware* é composto por um circuito de alimentação, um circuito regulador de tensão, um circuito do microcontrolador e um de chaveamento dos circuitos de potência (*drivers*), conforme pode ser visualizado na figura 25, estando todos arranjados em um único esquema de forma que possam atender a proposta deste projeto em termos da camada física, ou seja, do meio físico.

Neste tópico de descrição do *hardware*, detalhes técnicos não serão aprofundados, mas serão expostos de maneira clara e sucinta. Porém os mesmos podem ser melhor detalhados em livros sobre eletrônica e dispositivos eletrônicos, existindo diversos autores conceituados, tais como: (BOYLESTAD e NASHELSKY, 2004).

Figura 25 - Vista superior do hardware do projeto.



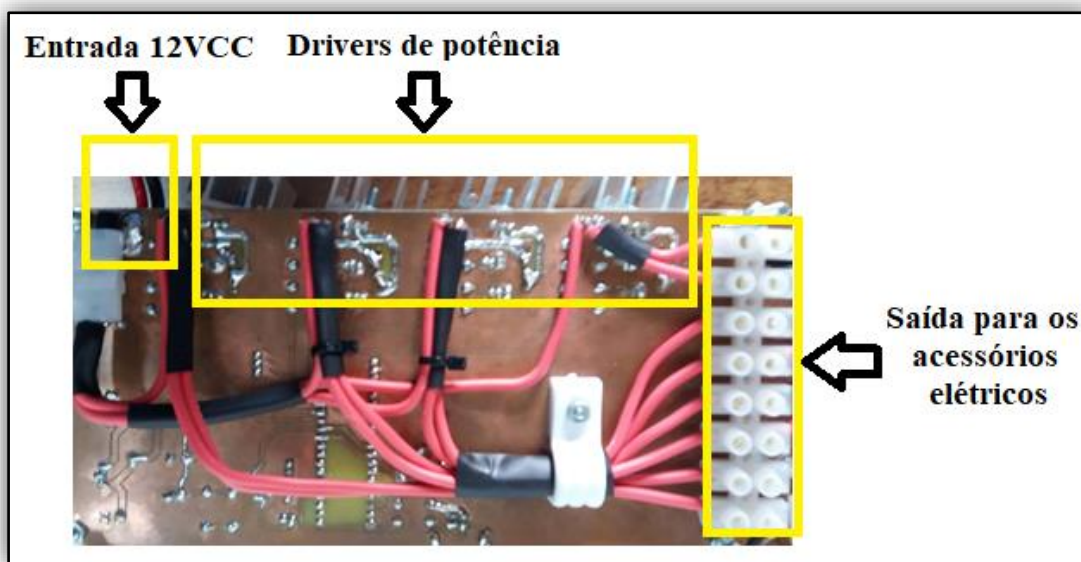
Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2.1 Circuito de alimentação

A placa de circuito impresso, não possui trilhas dimensionadas para suportarem uma corrente elétrica na faixa de 30A nos circuitos de chaveamento dos acessórios elétricos, o que é exigido aproximadamente nos acessórios elétricos de um veículo. Portanto, como solução inicial as trilhas desse circuito foram substituídas por cabos flexíveis, no qual ficará como proposta futura o redimensionamento das trilhas bem como possíveis melhorias que podem ser feitas na placa de circuito impresso, tais como redução de seu tamanho entre outras descritas mais adiante.

Como os acessórios elétricos escolhidos para simulação da ideia do projeto não consumirão mais que 10A, que são limitados pelos dispositivos de proteção *polyswitch*, foram adotados cabos com bitola de 1,5 mm² para substituir as trilhas de potência na camada de baixo da placa, pois os mesmos suportam uma corrente de 15A fluindo sobre si. Visualizar a figura 26.

Figura 26 - Imagem do circuito com cabos flexíveis na placa de circuito impresso.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2.2 Circuito regulador de tensão

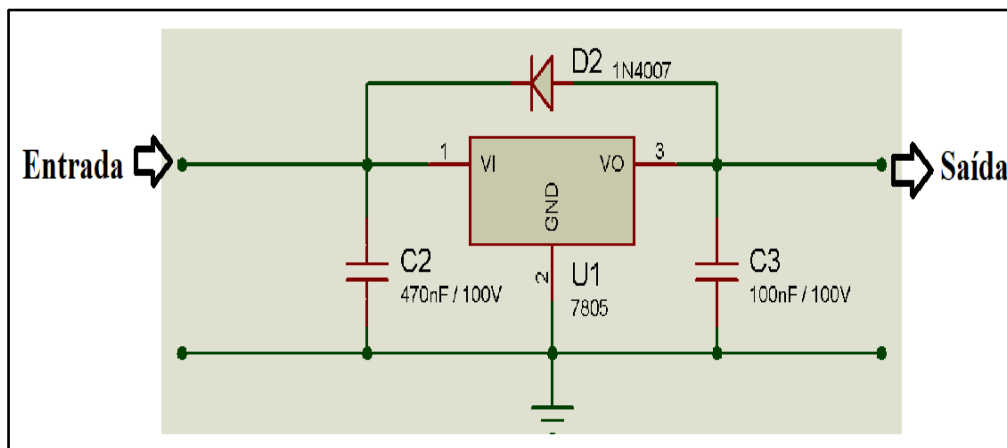
Segundo o *datasheet* do regulador LM7805, ele é um circuito integrado compacto, muito robusto do ponto de vista de durabilidade e muito utilizado em placas de circuito impresso, sendo um regulador de tensão positiva, capaz de regular sua tensão de saída em 5Vcc quando aplicada uma tensão de 7 a 20 Vcc em sua entrada, suportando picos de tensão de 35A e proteção contra curto circuito podendo fornecer uma corrente elétrica máxima de 1A.

Há algumas aplicações típicas de arranjos esquemáticos para utilização do regulador em seus possíveis modos de operação, que não serão descritas aqui, apenas será citado o que está sendo utilizado no projeto, que é um arranjo denominado *DC Parameters*, ou seja, estamos usando o modo parâmetro de corrente contínua, que segundo o *datasheet* do componente, deve possuir um capacitor de 330nF (não haverá problemas caso seja utilizado um capacitor maior, pois quanto maior, mais estável será o circuito, sendo que os limites de valores variam de acordo com o projeto) em sua entrada e um de 100nF (cerâmico) em sua saída, que servirão como filtro do sinal, ou seja, estabilizarão o sinal evitando oscilações em altas frequências, deixando-o mais estável.

Pode-se visualizar o circuito na figura 27, no qual o terminal 2 está ligado ao negativo (referência ou *ground* em inglês), possuindo também um diodo retificador 1N4007 com seu catodo ligado na entrada (terminal 1) e seu anodo ligado na saída (terminal 3), denominado diodo de roda-livre.

Por mais que o LM7805 seja robusto, possuindo proteção interna, é recomendado que esse diodo seja ligado quando utiliza-se cargas indutivas (ou seja, que possuam bobinas) tais como relés, motores de corrente contínua entre outros, pois o mesmo atenua o pico de tensão reversa (conhecida como tensão contra eletromotriz) que ocorre quando desligamos o sistema, limitando-o a queda de tensão no diodo (0,7V se for de silício) e permitindo que a corrente residual reversa circule livremente, por isso o mesmo é denominado de diodo de roda livre. (DATASHEET LM7805, 2017).

Figura 27 - Circuito que regula a tensão de +12Vcc para +5Vcc usando o LM7805.

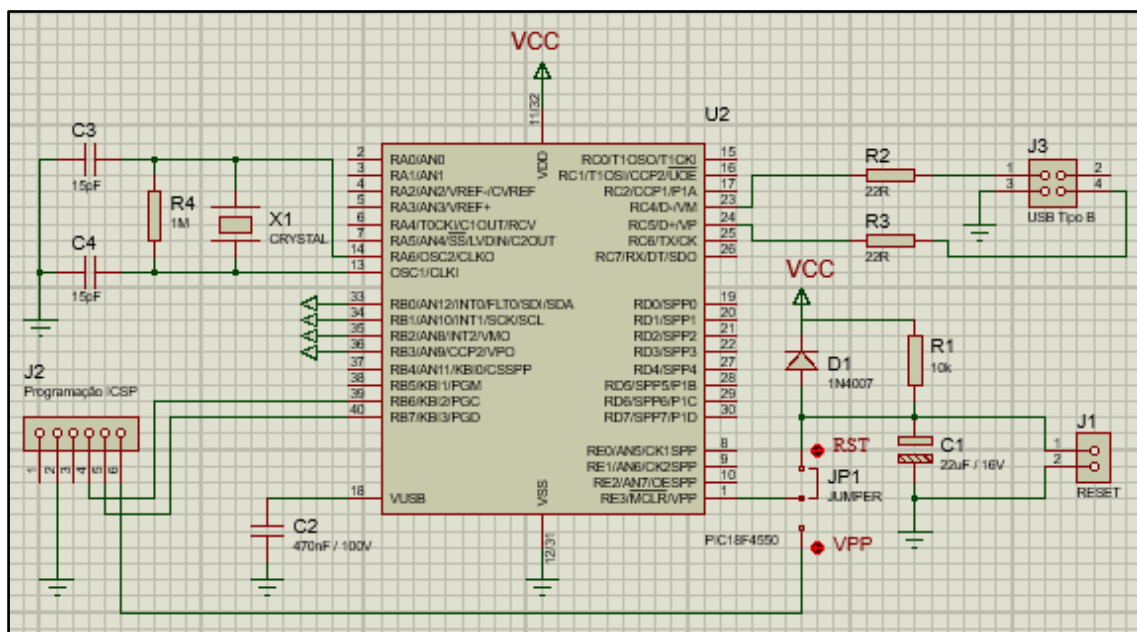


Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2.3 Circuito do microcontrolador

Na figura 28, está indicado os circuitos necessários para o funcionamento de um microcontrolador, bem como o circuito dos periféricos para atender os requisitos do projeto proposto.

Figura 28 - Circuito do microcontrolador.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme informações contidas no *datasheet* do PIC18F4550, a construção deste *hardware*, que será brevemente descrita a seguir. (MICROCHIP - DATASHEET PIC18F4550, 2017).

Para que um microcontrolador funcione de maneira plausível, primeiramente é necessário que os terminais 11 e 32 estejam ligados a 5V contínuos (VCC) e os terminais 12 e 31 ligados a referência, que corresponde a 0V (GND ou VSS).

Em seguida, é fundamental a instalação de um cristal oscilador externo ligado entre os terminais 14 e 13 conforme indicado no componente X1 da figura 28, para que seja gerado pulsos de *clock* (relógio) e todo o processamento do microcontrolador (ciclos) seja feito com base nesse tempo, podendo ser também visualizado na mesma figura, um capacitor (cerâmico) de 15pF em cada terminação (indicados por C3 e C4) conforme indicado no *datasheet* caso seja um cristal oscilador de 20MHz, servindo como filtro para os ruídos gerados em altas frequências, bem como um resistor de 1M Ω ligado em paralelo com o cristal oscilador para deixar o sinal mais estável.

Também é necessário excitar o terminal $\overline{\text{MCLR}}$ (*master clear*), correspondente ao terminal 1 do dispositivo, o qual uma lógica invertida, ou seja, uma porta inversora em sua entrada. Sendo assim, é necessário ligar o $\overline{\text{MCLR}}$ diretamente em nível lógico alto (5V) através de um resistor denominado *pull-up*, conforme indicado na figura 28 como R1, quase sempre dimensionado em torno de 10K Ω e utilizado para limitar a corrente elétrica em aproximadamente 0,5mA, mantendo a entrada excitada para que o microcontrolador funcione corretamente. Essa entrada serve de *reset* geral de modo que enquanto o capacitor C1 não está totalmente carregado o microcontrolador fica em estado de *hold*. Isso garante um *warm-up* seguro do circuito até que todos os outros circuitos se estabilizem.

Quando a entrada do *master clear* recebe nível lógico alto, a inversora muda o sinal e o microcontrolador processa nível baixo, não reiniciando o sistema. O dispositivo é reiniciado caso haja um sinal negativo na entrada do *master clear*, e caso não haja nenhum sinal no mesmo, ou seja, caso fique em aberto não havendo nível lógico baixo ou alto no pino $\overline{\text{MCLR}}$, o sistema entra em conflito interno caindo em um *loop* infinito de reinicializações e tornando impossível o uso do mesmo para qualquer aplicação.

Como pode ser visualizado na figura 28, o *hardware* do projeto possui um botão de pulso (J1) com um circuito que filtra o sinal do botão denominado circuito *debouncing*, eliminando assim os ruídos que o contato mecânico do botão gera,

garantindo assim que o botão foi acionado somente uma vez, sendo que ao ser acionado envia um sinal negativo no terminal do *master clear* fazendo com que o microcontrolador reinicie o sistema, e quando não está acionado, o terminal do *master clear* recebe sempre nível alto (5V) através de um resistor de *pull-up* conforme descrito acima.

O *hardware* também possui os terminais para programação ICSP (*In-Circuit Serial Programming*) no qual permite que um programa seja gravado no PIC sem a necessidade de remoção do mesmo, efetuando a programação com ele conectado a placa de circuito impresso, através de um gravador externo. Neste projeto será utilizado para gravar quando necessário, o dispositivo PicKit 3 Programador Gravador *USB* de *PIC* fabricado pela Microchip.

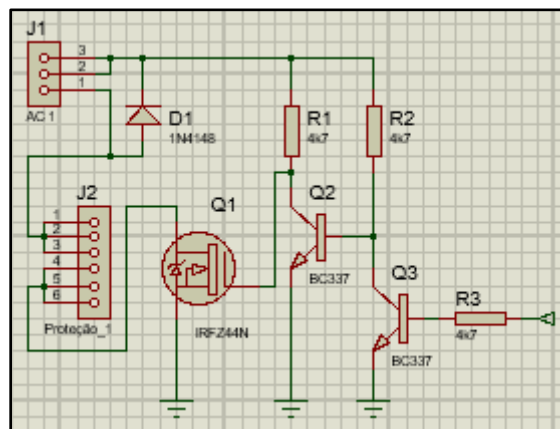
Conforme indicado na figura 28, o conector ICSP está representado pela sigla J2, possuindo o esquema de ligação abaixo:

- Terminal 2 do conector ligado ao *GND*;
- Terminal 4 do conector ligado ao pino 39 do PIC (PGC);
- Terminal 5 do conector ligado ao pino 40 do PIC (PGD);
- Terminal 6 do conector ligado ao pino 1 do PIC, quando há necessidade de programação via ICSP, sendo selecionado manualmente por um jumper no circuito de seleção do $\overline{\text{MCLR}}$, indicado como JP1 na figura.

E por fim, para finalizar essa parte do circuito do microcontrolador de forma que atenda todas as especificações do projeto proposto, há também um circuito para comunicação *USB*, o qual é composto por um conector *USB* tipo B fêmea, com seu terminal 3 ligado ao terra (*GND*), seu terminal 1 ligado ao pino 23 do *PIC* (denominado D-) com um resistor de 22Ω , e o terminal 4 do conector ligado ao pino 24 do *PIC* (denominado D+) também com um resistor de 22Ω , ambos para limitar a corrente no caso de uma possível descarga elétrica nos terminais D+ e D- ao manusear o circuito, permitindo que a comunicação (fluxo serial de pacotes de dados) ocorra nos mesmos com segurança pois garante a proteção dos pinos do *PIC*.

3.2.2.4 Chaveamento dos circuitos de potência (*drivers*)

Figura 29 - Circuito para chaveamento dos acessórios elétricos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para chaveamento dos circuitos de potência (*drivers para os acessórios elétricos*), foi desenvolvido um circuito composto por dois transistores de junção bipolar TJB BC337, um transistor de efeito de campo MOSFET IRFZ44N, três resistores, um dispositivo de proteção do circuito e um diodo 1N4148. Abaixo segue uma explicação resumida do circuito, que pode ser visualizado na figura 29.

Ao energizar o circuito com 12Vcc através do pino 3 da conexão J1, a base do transistor BC337 indicado como Q2 é polarizada com uma corrente de 2,55mA caso o BC337 indicado como Q3 esteja desligado, o que é denominado zona de corte, fazendo com que o Q2 passe a conduzir, ou seja, entre em zona linear, conduzindo um fluxo de corrente elétrica de 2,55mA entre o coletor e o emissor.

Sendo assim, não haverá tensão suficiente na porta do IRFZ44N para fazê-lo conduzir, deixando-o na zona de corte, pois a mesma tenderá a 0V e sua tensão de *threshold*, ou seja, tensão em que começa a conduzir é de 2Vcc, logo a carga (acessório elétrico) ligada a ele será desacionada.

Caso a base do BC337 indicado como Q3, seja polarizada pelo PIC com uma corrente limitada pelo resistor R3 de 1.1mA, ele começara a conduzir fazendo com que o transistor Q2 entre em zona de corte, logo a porta do IRFZ44N é polarizada com 12V deixando-o em zona linear, sendo capaz de conduzir aproximadamente 33A nesta condição caso o circuito não estivesse limitado e a carga ligada a ele exigisse essa

demanda de energia. Em resumo, ao polarizar (energizar) a base do transistor Q3, a carga é acionada e ao despolarizar (desenergizar) sua base, a carga é desacionada.

O diodo 1N4148 que está ligado em paralelo com a carga (acessório elétrico), suporta uma tensão reversa máxima de 100V e conduz uma corrente máxima de 200mA, suportando picos de 450mA conforme informações contidas no *datasheet* (DATASHEET DO DIODO 1N4148, 2017).

O mesmo se apresenta no circuito com uma disposição denominada diodo de roda livre, o qual de maneira sucinta, teve o seu funcionamento explicado no tópico 3.2.2.2, que visa conservar o circuito íntegro a longo prazo aumentando a vida útil do transistor de efeito de campo, pois em cargas indutivas, limita a tensão reversa em 0,7V e permite o fluxo de corrente reversa circule livremente dissipando assim toda a energia residual gerada ao desligar essa carga.

O dispositivo de proteção escolhido para os *drivers*, é o *polyswitch* LP16-900F que desarma por temperatura ao ter um fluxo de corrente elétrica de 15,5A circulando sobre si, rearmando ao atingir uma temperatura segura de trabalho. Sua localização no circuito se dá na conexão J2 indicada na figura 29.

Os resistores utilizados, foram dimensionados (calculados) conforme a lei de ohm, a qual afirma que a tensão em um condutor é a resultante corrente elétrica que circula no mesmo, multiplicada por sua da resistência elétrica, conforme indicada na fórmula abaixo, podendo ser manipulada algebricamente para se achar a corrente ou a resistência de cada ramo de um circuito elétrico. (BOYLESTAD, 2012).

$$V = I \times R$$

Os resistores a função de limitar a corrente elétrica nos transistores em que estão sendo utilizados, com base nos *datasheets* dos transistores utilizados e nas necessidades do circuito. Pode-se visualizar as fórmulas utilizadas e os cálculos para corrente de base do transistor Q3 (IBQ3) a corrente de base do transistor Q2 (IBQ2) abaixo:

$$IBQ3 = \frac{VR3}{R3}$$

$$IBQ3 = \frac{5}{4700} \cong 1,6mA$$

$$IBQ2 = \frac{VR2}{R2}$$

$$IBQ2 = \frac{11,3}{4700} \cong 2,4mA$$

3.2.3 Descrição dos softwares do projeto

Neste tópico será explicado de maneira sucinta os *softwares* utilizados no projeto, sendo um em linguagem C e outro em linguagem G desenvolvido no *LabView*, ambos feitos com base no *software* de um *Datalogger* e *interface* via *USB* com a placa do *PIC*, os quais foram desenvolvidos e fornecidos pelo Professor Dr. Edson C. Kitani da Fatec Santo André, os quais foram devidamente modificados e adaptados ao projeto proposto de controle dos acionamentos de acessórios elétricos via *touch screen*, com o incremento de uma função de temporização do circuito no programa em linguagem G.

Há muitas oportunidades de otimização e melhorias nos mesmos que já foram identificadas e serão descritas posteriormente no capítulo 6, como propostas futuras.

3.2.3.1 Programa em Linguagem C

É o programa utilizado no microcontrolador *PIC18F4550*, contendo basicamente rotinas para comunicar com um computador usando o protocolo de comunicação serial *USB* emulando uma porta serial RS-232.

Primeiramente, foram escritas as linhas de código para configuração do microcontrolador, nas quais foram definidas:

- Inclusão da biblioteca <18F4550.h>;
- Inclusão da biblioteca <usb_cdc.h>, pois ela é nada mais que um driver que cria um dispositivo *USB CDC*, o qual emula um dispositivo RS232, aparecendo como uma porta COM no gerenciador de dispositivos do MS Windows no computador.

Na sequência, foi escrito o laço principal do programa, denominado *main()*, no qual inicialmente, foram criadas variáveis locais que serão usadas dentro do laço. Depois foram definidos os pinos de entrada e saída do microcontrolador, chamando também a função *usb_cdc_init()* inicializando o dispositivo *USB CDC* e a função *usb_init()* que inicializa o *hardware USB*.

Após o programa rodar todas essas instruções e configurações ele entra em um laço *while(1)*, onde ficará nele enquanto sua condição for verdadeira, ou seja, enquanto o programa estiver rodando no microcontrolador.

Ao entrar no laço de repetição *while(1)*, primeiramente, é executada uma rotina que chama a função *usb_enumerated()* que testa se a *USB* foi reconhecida pelo computador, enviando dois bytes de dados em formato *ASCII* compostos por *LSB (Byte menos significativo)* e *MSB (Byte mais significativo)*, retornando um (verdadeiro) se o dispositivo tiver sido enumerado pelo computador, estando assim no modo de operação normal, podendo enviar / receber pacotes de dados. Caso não tenha sido reconhecido pelo computador, retorna zero (falso), e o computador indica ao usuário um dispositivo não reconhecido.

Em seguida, o programa possui uma rotina dentro do mesmo laço *while* que testam se há dados vindo do *LabView* através da função *usb_cdc_kbhit()*, os quais são sempre em código *ASCII / Hexadecimal*.

Através da função *usb_cdc_getc()* o programa lê o dado (caractere) presente no buffer da *USB* e caso não haja dados armazenados no buffer de recebimento, ele aguardará indefinidamente até que um dado seja recebido. Quando ele recebe esse dado, o mesmo é armazenado em uma variável local, e é realizada uma conversão desse dado de hexadecimal (*ASCII*) para decimal.

Na rotina de conversão, primeiramente é comparado se o dado (*byte*) recebido representa um número (0 a 9) ou uma letra (A a F) em hexadecimal (*ASCII*) e efetua sua conversão para decimal através de uma rotina de comparação, onde, se o valor recebido for menor que 0x40, sabe-se que é um número decimal de 0 a 9, no qual é subtraído do mesmo o valor 0x30 hexadecimal que representa o valor 0 em decimal.

Caso o valor recebido não seja menor que 0x40, significa que o dado corresponde a uma letra em hexadecimal que varia de A a F, e esse valor menos (subtração) 0x37 em hexadecimal, é armazenado na variável local criada já convertido em decimal, a qual é denominada *c*.

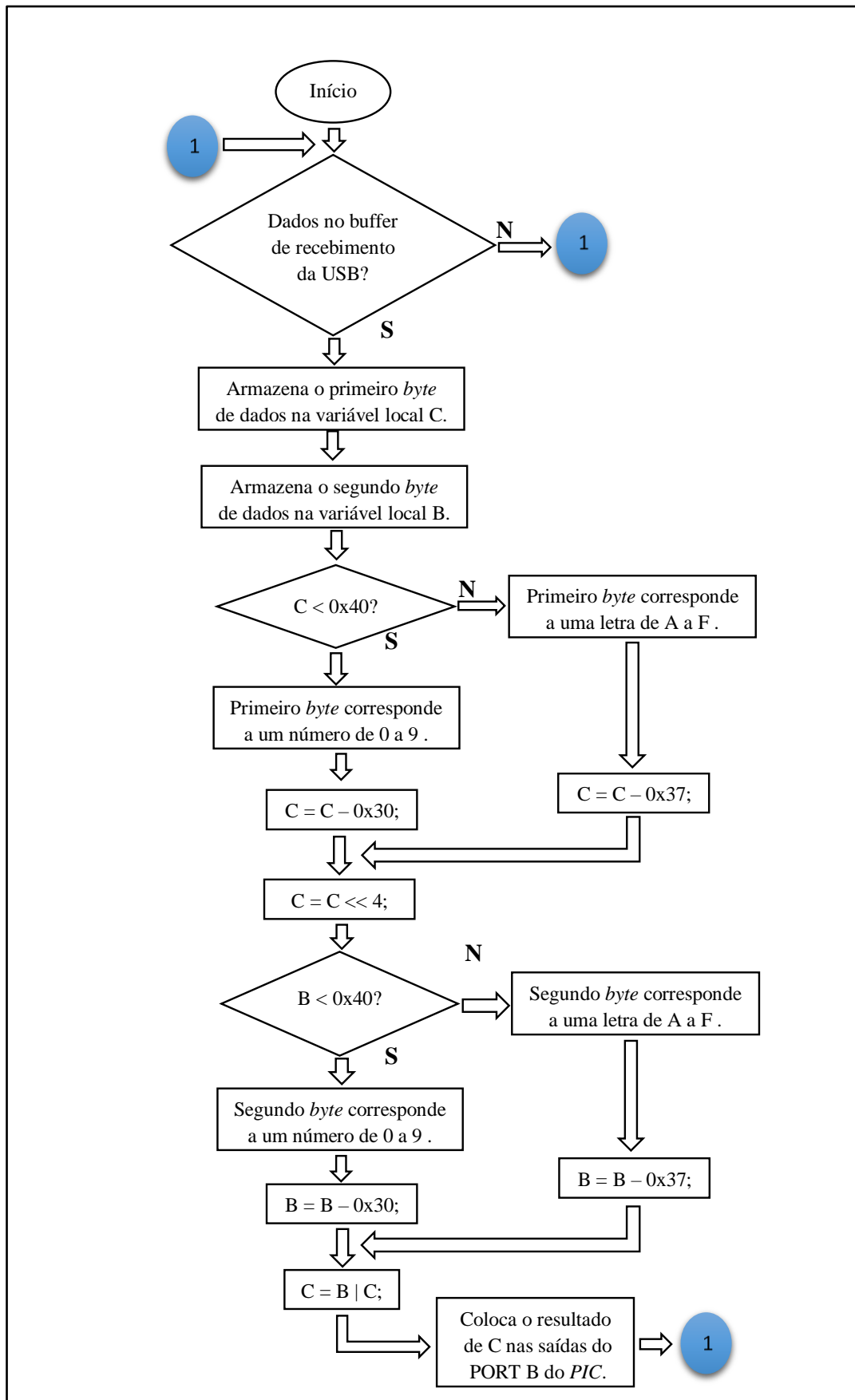
Após a conversão o valor em decimal (o qual é transformado em binário pelo compilador) é alterado com um deslocamento de quatro *bits* para esquerda. Podemos visualizar essa rotina na figura 30.

Na sequência do código, a rotina se repete para armazenar o segundo *byte* enviado e o armazena já convertido de ASCII para decimal. Foram deslocados os quatro *bits* para a esquerda do primeiro pacote de dados, pois na comunicação serial com protocolo USB, são sempre enviados dois bytes separadamente, então, eles são armazenados em duas variáveis locais, as quais são transformadas em um com a operação OU *bit a bit* entre as duas variáveis. Caso não fosse deslocado os quatro *bits*, os dados seriam corrompidos com a operação lógica. Visualizar rotina na figura 30.

Após a junção dos dois *bytes* de dados em apenas um, o mesmo é enviado para as saídas do PORT B (Pinos RB0 a RB7) do microcontrolador *PIC18F4550*.

Como dito anteriormente, o programa foi escrito utilizando a plataforma de desenvolvimento PCW IDE *Compiler for Microchip* que é produzida pela empresa CCS (*Custom Computer Service, Inc.*) e possui diversas funções integradas disponíveis ao programador, as quais possuem uma explicação básica sobre o que cada uma faz em uma função disponível na plataforma para ajuda ao usuário (função *help*). (CUSTOM COMPUTER SERVICES, INC., 2017).

Figura 30 - Rotina de conversão de ASCII para Decimal do primeiro e do segundo *byte* de dados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.3.2 Programa em Linguagem G (*LabView*)

É o programa criado no ambiente de desenvolvimento *LabView*, que realiza a *interface* homem-máquina através de seu painel frontal conforme indicado na figura 31.

Figura 31 - Imagem do painel frontal com painel de teclas destacado (*Interface* com o operador).



Fonte: Extraído e adaptado do site da Oprah e do site da Mercedes Benz do Brasil Ltda.¹⁹.

¹⁹ Disponível em: <<http://www.oprah.com/health/health-benefits-of-touching/all>>. Acesso em nov. 2017;
Disponível em: <http://www2.mercedes-benz.com.br/content/brasil/mpc/mpc_brasil_website/pt/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/cla-class/c117/fascination/pictures_videos.html>. Acesso em dez. 2017.

O *software* em linguagem G realiza o controle de acionamento dos acessórios elétricos conforme o operador seleciona uma opção através dos botões virtuais dispostos no painel frontal e que se encontram em uma tela *touch screen*, como visualizado na figura 31. O mesmo possui algumas funções de acionamento limitadas. Porém, já foram identificadas possíveis melhorias no *software* e que estão descritas mais adiante no capítulo de propostas futuras.

No painel de teclas que está disposto no painel frontal do programa, o operador pode, através do botão *Ventilação interna*, efetuar o controle do acionamento da ventoinha interna do veículo, comando que possui um acionamento limitado a apenas uma velocidade de ventilação, que corresponde a velocidade máxima.

Através do botão *Luz de leitura*, pode-se efetuar o controle de acionamento da iluminação interna do veículo, o qual também possui um acionamento limitado a apenas um nível de iluminação, que corresponde a luminosidade máxima fornecida pela lâmpada.

Através do botão *Ar-condicionado*, pode-se efetuar o controle de acionamento do ar-condicionado do veículo, sendo possível apenas ligar e desligar o mesmo.

Diferente dos botões citados acima, que são botões com trava, ou seja, necessita de um toque para acionamento e um para o desacionamento do sistema selecionado, o botão *Desembaçador* é um botão de pulso, que fecha o contato elétrico a cada pulso manual que recebe, abrindo novamente após ser solto.

Quando o operador pressionar o botão *Desembaçador*, o desembaçador do para-brisa traseiro será acionado bem como um *LED* (diodo emissor de luz) laranja no painel para indicar que o sistema está ligado, e o mesmo desligará automaticamente após um minuto (tempo definido na programação do software), sem a necessidade de relés temporizadores ou qualquer outro circuito físico, sendo tudo feito via programação no *LabView*.

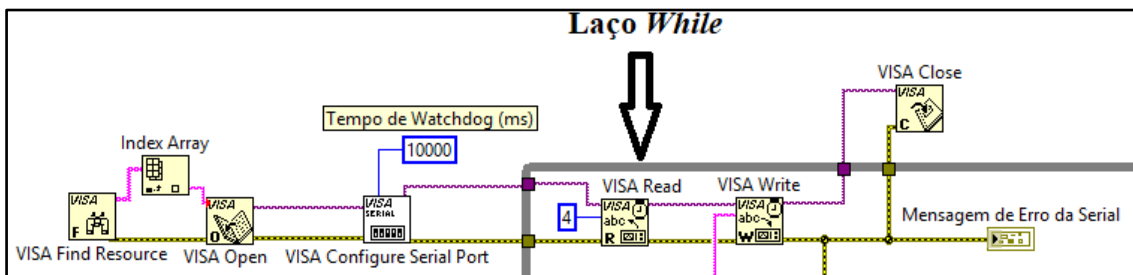
Todo o programa é controlado pelo painel frontal, porém toda a programação é feita no diagrama de blocos. Para que a comunicação serial entre o *software* e o meio físico aconteça, são incluídos alguns blocos (*VI's*) que são programas prontos apresentados como *Sub-VI's* ou subprogramas criados pela própria *National Instruments* e disponibilizados como funções a serem utilizadas na plataforma *LabView*.

Para que a comunicação serial ocorra com dispositivos que não são os produzidos pela *National Instruments*, é necessário o uso do *driver VISA* disponibilizado pela mesma, que consiste em um protocolo que troca mensagens em

ASCII com equipamentos externos em RS232C, RS485 ou GPIB. Essa comunicação é estabelecida através de *Sub-VI's* prontas, sendo necessário que os seguintes blocos descritos abaixo, estejam presentes no programa, os quais podem ser visualizados na figura 32, sendo:

- **VISA Find Resource:** Procura portas de comunicação disponíveis, então é necessário indexá-las em uma matriz (*array*) que envia os nomes dos recursos encontrados para o bloco *VISA Open*;
- **VISA Open:** abre a porta de comunicação encontrada;
- **VISA Serial:** configura os parâmetros para a porta serial, bem como valor da taxa de transmissão (velocidade de transmissão dos dados) medida em *baud* por segundo, possuindo também o número de bits de dados que o pacote possui, bem como o tipo de paridade que conta o número de uns dentro do pacote de dados para testar se a mensagem não foi corrompida na transmissão (paridade 1 corresponde a ímpar e paridade 0 corresponde a par), havendo também a opção de desabilitar esse parâmetro deixando sem paridade. E por fim, fechando assim o conjunto de parâmetros básicos para se estabelecer uma comunicação serial, temos os *bits* de parada, que indicam o fim da transmissão de um único pacote de dados;
- **VISA Read e VISA Write:** efetua a leitura e escrita (que no caso deste projeto, é no *buffer* da *USB*), mas não de forma simultânea, realizando apenas uma tarefa de cada vez.
- **VISA Close:** fecha a comunicação, que no caso deste projeto acontece quando o usuário /operador interrompe o programa ou ocorre algum erro no mesmo.

Figura 32 - Imagem das *Sub-VI's* de configuração para comunicação serial.



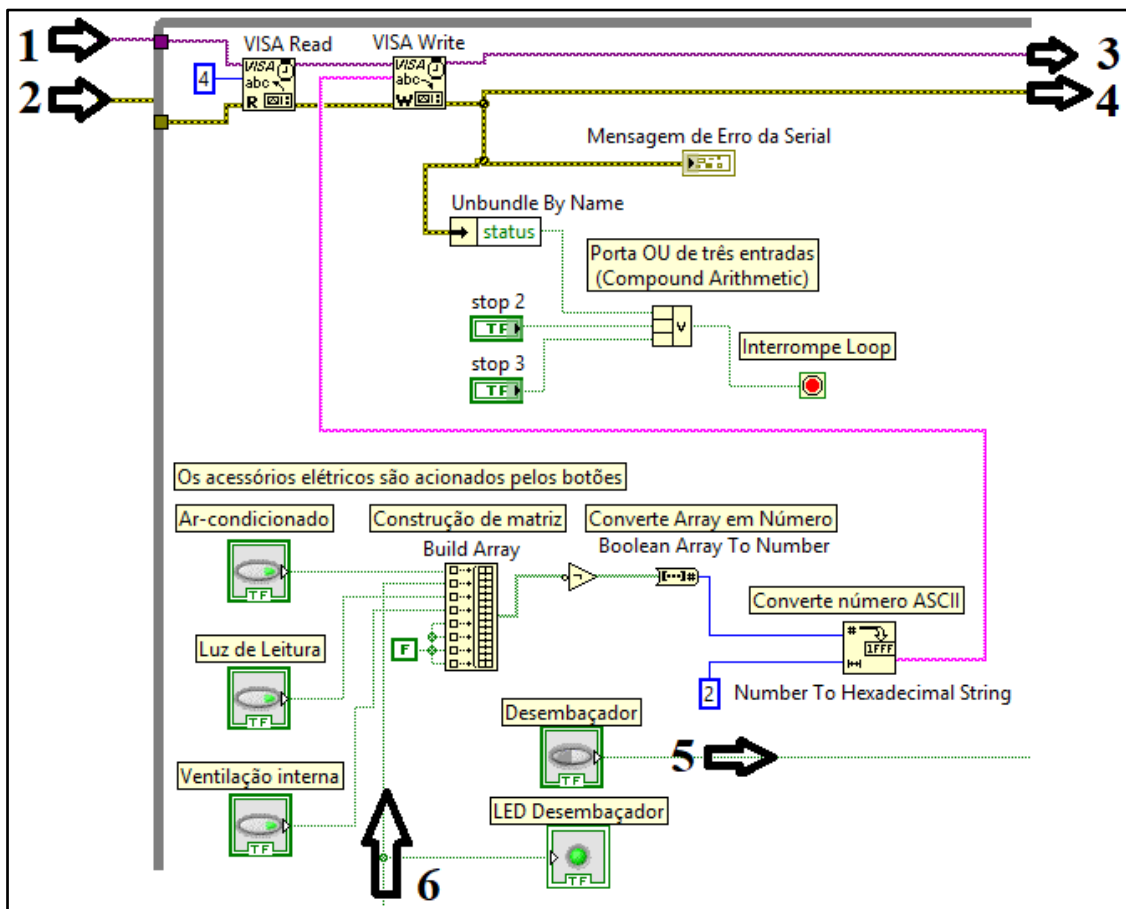
Fonte: Elaborada pelo autor.

O laço principal do programa onde ocorre todas as rotinas de controle dos acessórios elétricos, se encontra dentro do laço de repetição *while*, que é verdadeiro enquanto o botão de parada não for acionado. A parada só pode acontecer por intervenção do operador ou por algum erro no sistema, conforme pode ser observado na figura 33, no ícone *Interrompe Loop*.

Também pode ser observado que a entrada de dados ocorre pelo túnel do laço *while* indicado como 1, e a de erros também pelo túnel indicado como 2, bem como as saídas dos mesmos para o *VISA Close* quando o laço *while* é interrompido, pois o mesmo fica fora do laço.

Quando o operador seleciona um ou mais dos botões dos acessórios elétricos, é construída uma matriz binária com a composição selecionada, a qual contém sempre oito *bits*, mas o que está sendo utilizado de fato atualmente no projeto, são apenas quatro *bits*, que correspondem a quatro saídas para o meio físico no *hardware*, sendo que as outras quatro permanecem como saídas sempre em nível lógico baixo, ou seja, desligadas. Visualizar figura 33.

Figura 33 - Imagem do diagrama de blocos com as rotinas de controle dos acessórios.

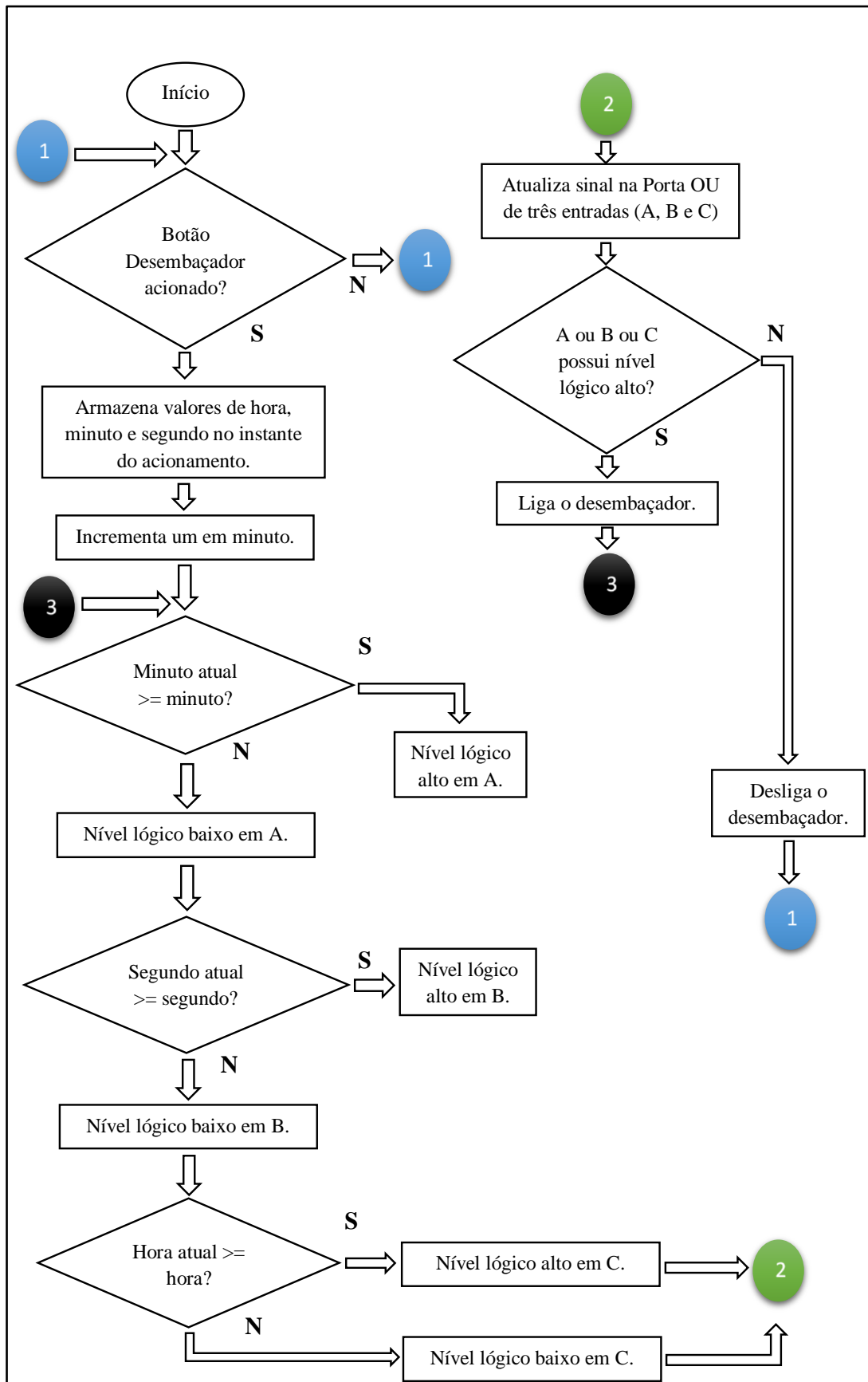


Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a construção dessa matriz binária, a mesma é convertida para número decimal e em seguida para código ASCII, sendo assim enviada para o *VISA write*, o qual irá escrever o pacote de dados no buffer da *USB*, para que a comunicação ocorra.

Os acionamentos dos acessórios são iguais, com exceção do acionamento do desembaçador traseiro, que como indicado na figura 33 pelo número 5, o sinal ativa uma lógica temporizadora do sistema que trabalha com base no horário atual fornecido pelo *MS Windows*, através da *Sub-VI* denominada *Get Date / Time In Seconds*, mantendo o sinal para ativar o desembaçador conforme indicado pelo número 6, em nível lógico alto por um minuto, desligando-o automaticamente após o tempo decorrido. Visualizar a explicação sobre a rotina temporizada por meio do fluxograma indicado na figura 34.

Figura 34 - Fluxograma da rotina temporizadora implementada no programa.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.4 Confeção da bancada didática para simulação dos acessórios elétricos escolhidos no projeto

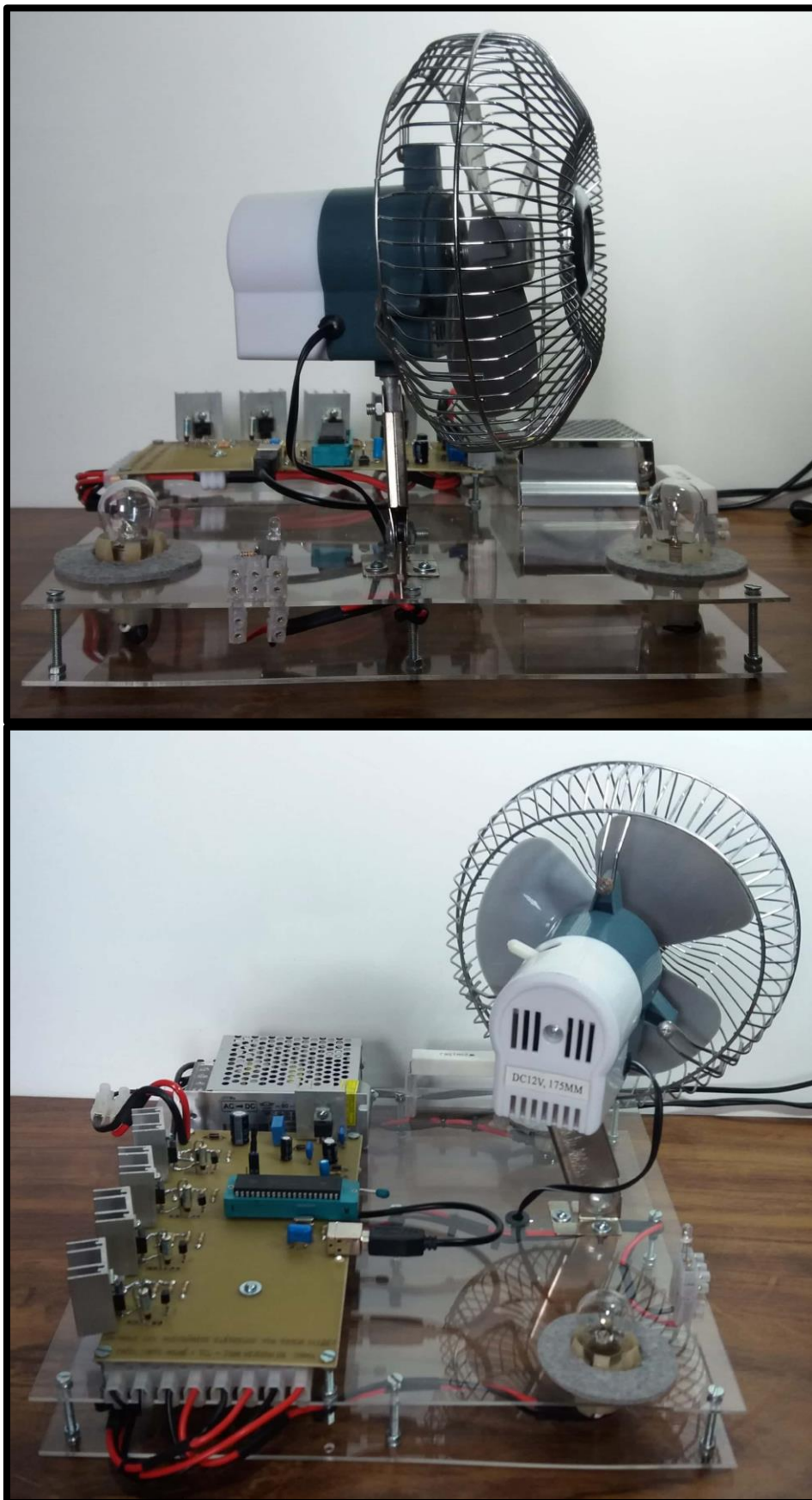
Para simulação do controle de acionamento de cada acessório elétrico veicular escolhido para ilustrar a ideia do projeto, será desenvolvida uma bancada didática alimentada por uma fonte chaveada de 12VCC / 60W, como pode-se observar na figura 35, que como descrito abaixo, irá conter os seguintes itens:

- Ventilador veicular de 12V/12W para ilustrar a ideia do acionamento do sistema de ventilação forçada;
- Uma lâmpada 12V/21W para ilustrar a ideia do sistema de iluminação interna (luz de leitura);
- Uma lâmpada 12V/21W com tensão e corrente limitadas por um resistor de $15\Omega/10W$ para que sua luminosidade seja baixa, simulando assim através de seu filamento a resistência de um desembaçador do para-brisa traseiro;
- Um LED verde alto brilho de 5mm para simular o acionamento do ar-condicionado.

Todos os itens citados acima, mais a placa de circuito impresso que compõem o *hardware* do projeto, foram posicionados e fixados em uma placa de acrílico com as dimensões de 30x30 cm e 2 mm de espessura.

Informações mais detalhadas sobre o *hardware* do projeto, foram descritas anteriormente no capítulo 3.2.2.

Figura 35 - Imagem da bancada didática de simulação dos acessórios elétricos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

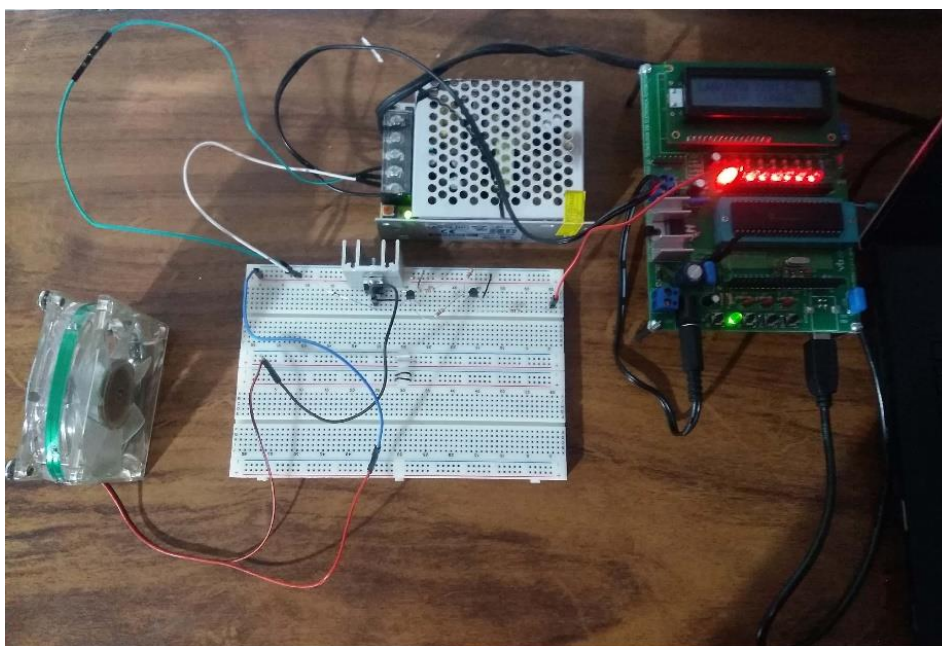
4 TESTES REALIZADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo serão abordados os testes que foram realizados, os quais estão divididos em dois tópicos, bem como os resultados obtidos até chegar na versão atual deste projeto.

4.1 Testes de *hardware*

Inicialmente, antes de montar a placa de circuito impresso do projeto, foi montado em um *protoboard*, o circuito para chaveamento dos circuitos de potência como pode-se ver na figura 36. Foi utilizada uma placa didática de circuito impresso baseada no PIC18F4550 - desenvolvida pelo Prof. Dr. Edson C. Kitani, a qual é usada pelos alunos da Fatec Santo André para fins didáticos - para efetuar a *interface* entre o *LabView* e o meio físico, justamente para testar se o circuito projetado estava funcionando corretamente, sendo acionado um *cooler* de 12Vcc que consome 120 mA, o qual funcionou perfeitamente.

Figura 36 - Teste do circuito de potência na *protoboard*.



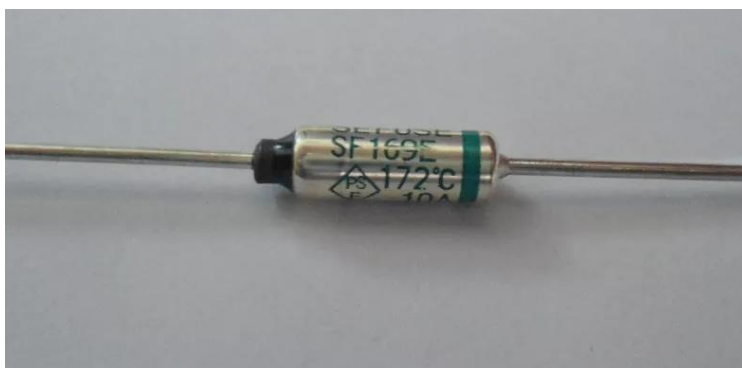
Extraído de: O autor.

Após essa primeira etapa, foi feita a placa de circuito impresso desenvolvida para este projeto, visualizada anteriormente no capítulo 3.2.2, sendo usado o método de transferência térmica do circuito para a placa. E por fim, corroída com perclorato de ferro. O processo foi bem-sucedido, com exceção de alguns resquícios de cobre que acabou fechando curto-circuito entre algumas trilhas, porém, foi um problema solucionado posteriormente.

A proposta inicial do projeto era de não utilizar fusíveis de proteção para os circuitos dos acessórios elétricos, como usualmente são utilizados nos veículos atuais, e sim dispositivos de proteção resetáveis denominados *polyswitch*, porém o componente não foi encontrado no mercado de varejo no Brasil, mas sim no atacado, sendo vendido a partir de mil peças, o que tornou essa opção inviável.

Logo, uma solução para esse problema foi substituir o *polyswitch* por um fusível térmico, conforme figura 37, que rompe por temperatura ao atuar, havendo a necessidade de substituição do mesmo quando romper. O fusível térmico escolhido, rompe com 172°C e suporta 10A. Porém, o ponto negativo é que o mesmo foi feito para romper por temperatura, não possuindo muita precisão no rompimento por corrente excessiva, mas isso não interfere a segurança do projeto pois o circuito de potência está dimensionado para 15A, sendo que o que sendo utilizado de fato é um valor em torno de 4A na bancada de simulação.

Figura 37 - Imagem de um fusível térmico com capacidade de 172°C e 10A.



Fonte: Extraído do site do Mercado Livre²⁰.

²⁰ Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-706009647-fusivel-termico-172c-250v-10a-5un-_JM>. Acesso em dez. 2017.

Para realizar o teste do *hardware* após a sua construção, foi desenvolvida uma tabela com alguns pontos a serem verificados, denominada *test case*, que é um modelo de teste muito utilizado na indústria, tanto para *hardware* como para *software*.

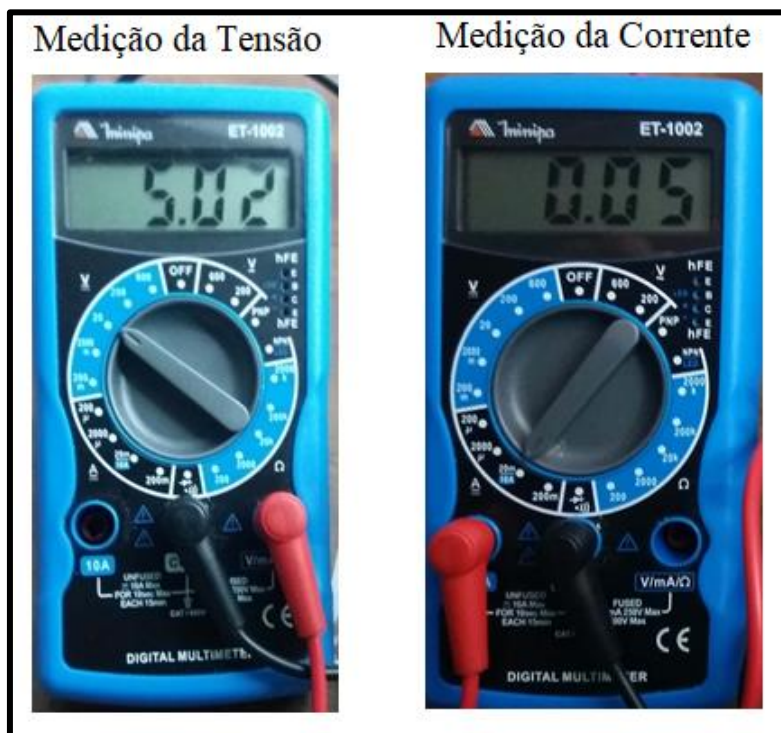
A tabela de teste (*teste case*) possui os pontos que serão avaliados, o status desse ponto, ou seja, se está com o funcionamento correto (OK) ou não (NOK) e algumas grandezas elétricas medidas no circuito, tais como tensão (V) e corrente elétrica (A). Visualizar o *test case* abaixo na tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de testes para o hardware do projeto.

LISTA DE TESTES (<i>TEST CASE</i>) PARA O <i>HARDWARE</i>.				
Ponto de Avaliação		Status	(V)	(A)
Regulador de tensão (de 12V para 5V).		OK (Ver figura 38).	5,02	0,05
Circuito do microcontrolador.		OK (Ver figura 38).	5,02	0,05
Circuitos de potência (<i>drivers</i>).	Ventilação interna.	OK (Ver figura 39).	12,47	0,80
	Luz de leitura.	OK (Ver figura 40).	12,40	1,74
	Ar-condicionado.	OK (Ver figura 41).	12,56	0,017
	Desembaçador.	OK (Ver figura 42).	12,50	0,69
	Teste da corrente máxima de 10A, limitada por fusível nas quatro saídas para os acessórios elétricos.	OK (Ver figura 43).	12,50	10,35

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 38 - Medições de tensão e corrente elétrica do circuito regulador para o microcontrolador.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 39 - Medições de tensão e corrente elétrica da Ventilação interna.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 40- Medições de tensão e corrente elétrica da Luz de leitura.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 41- Medições de tensão e corrente elétrica do Ar-condicionado.



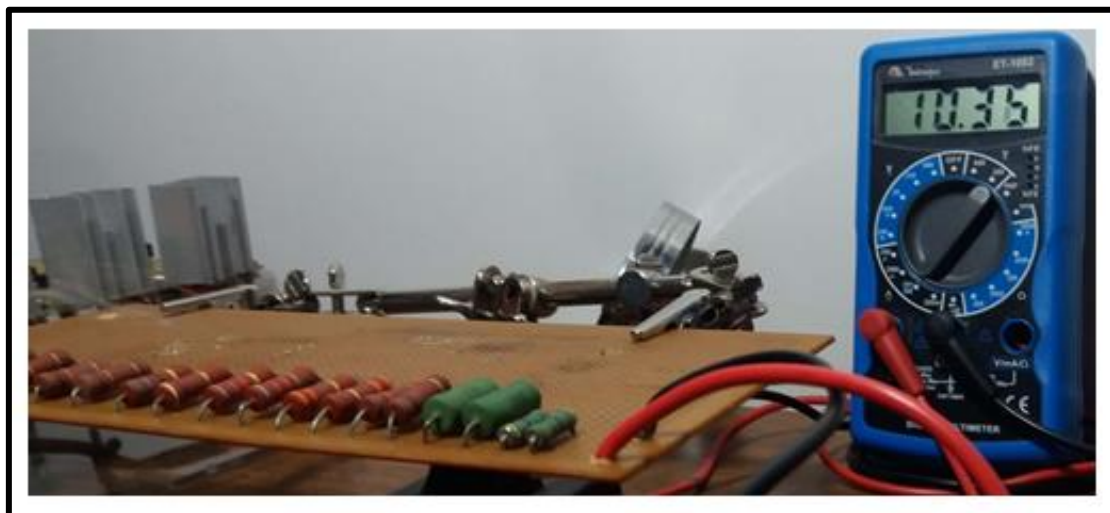
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 42- Medições de tensão e corrente elétrica do Desembaçador.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 43 - Medição do teste de corrente elétrica máxima nos quatro circuitos dos acessórios.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Portanto esses foram os pontos de maior relevância em construção e testes de *hardware*, sendo que no contexto geral em termos de *hardware*, o objetivo proposto foi atingido.

4.2 Testes de *software*

Inicialmente, no programa em linguagem C foram excluídas algumas configurações e rotinas, tais como configuração ADC (Conversor Analógico Digital) e rotinas que convertem um número de 8 e 16 bits para ASCII guardando-os num vetor, as quais eram usadas no *datalogger* desenvolvido pelo professor Dr. Edson C. Kitani, como já citado anteriormente. Porém não possuíam utilidade no projeto atual, bem como diversos itens que haviam no programa em linguagem G do *LabView* e que foram excluídos por não serem úteis neste trabalho.

A princípio os testes do *software* foram feitos utilizando a placa didática baseada no PIC18F4550 utilizada no curso de eletrônica automotiva da FATEC - Santo André. Porém, ao migrar para o *hardware* do projeto houve um problema na comunicação com a placa, pois a mesma não possui *display* de LCD (Cristal Líquido) e o *software* em C criado para o *datalogger*, foi feito para rodar com o *display*.

A solução encontrada para esse problema, foi a remoção de todas as configurações e rotinas que envolviam o *display* de LCD, pois o mesmo possui um processamento interno que se comunica com o microcontrolador da placa, para que tudo funcione corretamente.

Na sequência de desenvolvimento e testes, houve um problema na criação da rotina temporizadora do desembaçador traseiro, feita em linguagem G, pois estava sendo utilizado um bloco de tempo (*timer*) denominado *wait(ms)*, o qual coloca um atraso (*delay*) parando o programa inteiro pelo tempo determinado anteriormente pelo programador. Como esse *delay* gerou um atraso no programa inteiro, interferiu assim na comunicação serial do *software* com o hardware, impedindo que a mesma ocorresse.

Esse problema na construção da rotina temporizadora no *LabView* foi resolvido com a utilização do bloco *Get Date / Time In Seconds*, o qual não faz o programa inteiro parar como a função *wait(ms)*, pois utiliza o horário atual disponível no sistema operacional (MS Windows) do computador e o disponibiliza ao programador.

Através dessa base de tempo, foi desenvolvida a função temporizadora para o desembaçador traseiro sem interferir na comunicação serial.

Após a construção do *software* estar concluída, foi desenvolvida uma tabela para teste (*test case*), com alguns pontos que devem ser verificados e testados. Visualizar a tabela 2.

Tabela 2 - Tabela de testes para o *software* do projeto.

LISTA DE TESTES (<i>TEST CASE</i>) PARA O <i>SOFTWARE</i>.	
Ponto de Avaliação	Status
Inicialização do microcontrolador <i>PIC</i> .	NOK
Inicialização do programa (<i>VI</i>) no ambiente <i>LabView</i> .	OK
Comunicação serial <i>USB</i> .	OK
Acionamento da Ventilação interna por dois minutos.	OK
Acionamento do Luz de leitura por dois minutos.	OK
Acionamento do Ar-condicionado por dois minutos.	OK
Acionamento do Desembaçador por dois minutos.	OK
Acionamento de todos acessórios simultaneamente por dois minutos.	OK
Interrupção de emergência do programa via botão <i>STOP</i> .	OK

Fonte: Elaborada pelo autor.

O único ponto que não está conforme a especificação de funcionamento planejada inicialmente, é a inicialização do microcontrolador *PIC*.

Ao inicializar o microcontrolador, todos os pinos do PORT B (RB0 a RB7) são colocados em nível lógico baixo. Porém esse comando na inicialização não está ocorrendo de fato, pois todas as saídas do PORT B inicializam com nível lógico baixo, com exceção das saídas RB1 e RB3 que sempre inicializam em nível lógico alto. O problema não impediu que a meta e o objetivo do trabalho fossem atingidos.

Conclui-se que o *software* deste trabalho apresentou os resultados e expectativas conforme a proposta inicial do projeto.

5 CONCLUSÃO

A partir de todos os testes realizados, concluiu-se que é possível controlar qualquer acessório elétrico do veículo por meio de uma tela *touch screen* através do *LabView* e um *hardware* de *interface* baseado em um microcontrolador *PIC18F4550* que possua os *drivers* de potência desenvolvidos neste projeto, bem como a comunicação serial através do protocolo de comunicação *USB* para efetuar a comunicação entre o *software* e o *hardware*, eliminando assim o desgaste que ocorre nos botões e chaves mecânicas (interruptores elétricos).

Pode-se não só acionar os acessórios elétricos de maneira ligado / desligado (*ON / OFF*), mas controlar de diversas formas os acessórios apenas alterando a programação em linguagem C para o *PIC* e em linguagem G no *LabView*, adequando-as ao funcionamento esperado do acessório elétrico que se deseja controlar.

A tela de *interface* com o operador (Painel Frontal) foi apresentada em um computador com tela comum e não *touch screen*, tendo seus botões de comando acionados via *mouse*.

A tela *touch screen* que poderia ser um computador *touch screen* com sistema operacional MS Windows. Não foi adquirida uma tela *touch screen* por não ser considerada necessária prioridade. O alto custo de aquisição não justificava para apenas testar e aplicar a ideia inicial aqui proposta em um protótipo, mas parte de uma ideia descrita como propostas futuras mais adiante, é a criação dessa solução em uma tela *touch screen*.

Porém, o fato de não haver uma tela *touch screen* na fase inicial desse projeto, não implicou em nenhum tipo de perda com relação ao objetivo proposto no trabalho, pois é só trocar a tela de *interface*, o que deixa a ideia do projeto implementada e com o objetivo alcançado com sucesso.

6 PROPOSTAS FUTURAS

Nesse capítulo serão apresentadas diversas propostas de melhoria para o projeto, tanto em termos de *software* quanto em *hardware*.

Em termos de *hardware*, temos:

- A otimização do *hardware*. Segue abaixo uma descrição sobre alguns pontos técnicos que necessitam ser aprimorados, porém a otimização do *hardware* não se limita apenas nos pontos a seguir:
 1. Dimensionar trilhas que suportem até 35A ou próximo disso na placa de circuito impresso, eliminando assim o circuito composto por cabos e otimizando o mesmo, utilizando assim a capacidade fornecidas pelos transistores de potência do circuito (IRFZ44N);
 2. Redimensionar resistores dos circuitos de potência, para que os transistores BC337 possam trabalhar na zona de saturação ($I_B = 50\text{mA}$) e não na zona linear como estão, o que fará com que aqueçam menos, aumentando assim sua vida útil, bem como acrescentar um divisor de tensão para que o BC337 indicado como Q2, trabalhe com 5V em sua base como indicado pelo fabricante, e não com 11,3V como está atualmente;
 3. Redimensionar fusíveis térmicos de acordo com a temperatura atingida em uma situação real no veículo com acessórios elétricos reais;
 4. Aplicar este projeto desenvolvido em um veículo real desenvolvendo uma solução numa tela *touch screen* de fato, desenvolvendo também um chicote elétrico de *interface* com o veículo, oferecendo assim a possibilidade de um *retrofit*;
 5. Acrescentar o controle de novos acessórios elétricos e otimizar a placa.

Em termos de *software*, temos:

- Desenvolver o controle das velocidades de ventilação interna e o controle da intensidade luminosa da luz de leitura através *PWM* (*Pulse-Width Modulation*) que simula um sinal analógico ao modular um sinal digital na saída do *PIC*;
- Acrescentar o controle de novos acessórios elétricos e otimizar o *software*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIOGRAFIA de Mary Anderson , 2017. Disponível em: <<http://biografias.wiki/mary-anderson/>>. Acesso em: 7 Maio 2017.

BOSCH BRASIL. **Autopeças Bosch**, 2017. Disponível em: <http://br.bosch-automotive.com/pt/internet/parts/parts_and_accessories_2/electronics_and_accessories/electrical_system_and_accessories_3.html>. Acesso em: 7 Maio 2017.

BOSCH, R. M. D. T. A. S. P. B. Manual de Tecnologia Automotiva. In: BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva**. São Paulo: Bluncher, 2005. p. BOSCH, R. Manual de Tecnologia Automotiva. São Paulo: Blucher, 2005. 1232 p.

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à ANÁLISE DE CIRCUITOS**. 12^a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda., 2012.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

BRAGA, N. C. Tudo sobre relés. **Instituto Newton C. Braga**, 2017. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/597-como-funcionam-os-reles>>. Acesso em: 25 Novembro 2017.

CUSTOM COMPUTER SERVICES, INC. Empresa CCS. **Página da empresa CCS**, 2017. Disponível em: <<http://www.ccsinfo.com/ccsfreedemo.php>>. Acesso em: 1 Dezembro 2017.

DATASHEET DO DIODO 1N4148. Baú da Eletrônica. **Site da Baú da Eletrônica**, 2017. Disponível em: <http://www.baudaeletronica.com.br/Documentos/1N4148_1N4448.pdf>. Acesso em: 1 Dezembro 2017.

DATASHEET DO TRANSISTOR MOSFET IRFZ44N. AllDatasheet.com. **Site da Alldatasheet**, 2017. Disponível em: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/614121/NJSEMI/IRFZ44.html>>. Acesso em: 15 novembro 2017.

DATASHEET DO TRANSISTOR TJB BC337. AllDatasheet.com. **Site da Alldatasheet**, 2017. Disponível em: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/16095/PHILIPS/BC337.html>>. Acesso em: 15 novembro 2017.

DATASHEET LM7805. AllDatasheet.com. **Site da Alldatasheet - Regulador de tensão LM7805**, 2017. Disponível em: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/82833/FAIRCHILD/LM7805.html>>. Acesso em: 27 Novembro 2017.

DIGITAL, O. Olhar Digital. **olhardigital.com.br**, 2017. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/video/conversamos-com-ajay-bhatt,-o-criador-do-usb/26775>>. Acesso em: 15 Novembro 2017.

- DR. CARRO. Módulo BSI. **Site do Doutor Carro**, 2017. Disponível em: <<https://www.doutorcarro.com.br/?s=o+que+C3%A9+m%C3%B3dulo+BSI>>. Acesso em: 27 Dezembro 2017.
- GIMENEZ, S. P.; DANTAS, L. P. **MICROCONTROLADORES PIC18 - Conceitos, Operação, Fluxogramas e Programação**. 1ª. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2015.
- HISTÓRIA DO AUTOMÓVEL: Pioneiros. **Site da Mercedes Benz**, 29 Agosto 2017. Disponível em: <<https://www.mercedes-benz.com.br/institucional/historia/pioneiros>>. Acesso em: 29 Agosto 2017.
- KAE, C. P. D. B.-. Central elétrica modular. **Site da fabricante KAE**, 2017. Disponível em: <<https://www.kae.ind.br/blank-2>>. Acesso em: 25 Dezembro 2017.
- MICROCHIP - DATASHEET PIC18F4550. Sobre o datasheet PIC18F4550 da MICROCHIP. **Site da Datasheets PDF**, 2017. Disponível em: <<http://www.datasheetspdf.com/pdf/507100/MicrochipTechnology/PIC18F4550/1>>. Acesso em: 10 Dezembro 2017.
- NI, N. -. O que é comunicação serial? **digital.ni.com**, 2017. Disponível em: <<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/32679C566F4B9700862576A20051FE8F>>. Acesso em: 15 Novembro 2017.
- NOLL, P. V. MOTORES CC - Princípios. In: CEFET, C. F. D. E. T. D. S. C.- **Apostila do Curso Pós-Técnico em Automação Industrial – Motores Elétricos**. [S.l.]: [s.n.], 2007.
- PEREIRA, F. **MICROCONTROLADORES PIC - Programação em C**. 1. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2003. 358 p. ISBN ISBN 85-7194-935-2.
- PPTC, P. GYG Waion Fornecedora de soluções em proteção de circuitos eletrônicos. **Site da CYG Waion**, 2017. Disponível em: <<http://www.way-on.com/products/detail.aspx?id=197>>. Acesso em: 15 novembro 2017.
- ROBOCORE TECNOLOGIA LTDA. Comparação entre protocolos de comunicação serial. **www.robocore.net**, 2017. Disponível em: <<https://www.robocore.net/tutoriais/comparacao-entre-protocolos-de-comunicacao-serial.html>>. Acesso em: 26 Novembro 2017.
- SOUZA, J. R. A. D.; MORENO, H. Guia EM da NBR 5410. **Revista Eletricidade Moderna**, São Paulo, p. 289, Dezembro 2001.
- UTFPR, U. T. F. D. P. **INTRODUÇÃO A PROGRAMAÇÃO COM LABVIEW**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p. 47. 2014.
- VEHTEC, T. Centrais Elétricas. **Site da VEHTEC tecnologia**, 2017. Disponível em: <<http://vehtec.web2439.uni5.net/site/produtos/automotiva/centrais-eletricas>>. Acesso em: 27 Dezembro 2017.

