

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
RIO GRANDE DO SUL (IFRS) – CAMPUS RESTINGA

SELETOR ELETRÔNICO DE FONTE PARA
CARREGAMENTO DE BATERIA ESTACIONÁRIA EM
VEÍCULOS DE RECREAÇÃO

DIOGO VARGAS DE OLIVEIRA

PORTO ALEGRE, DEZEMBRO DE 2019

DIOGO VARGAS DE OLIVEIRA

SELETOR ELETRÔNICO DE FONTE PARA CARREGAMENTO DE BATERIA
ESTACIONÁRIA EM VEÍCULOS DE RECREAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção de título de Tecnólogo em Eletrônica Industrial.

Orientador: Prof. Matheus Perin

Porto Alegre, dezembro de 2019

DIOGO VARGAS DE OLIVEIRA

SELETOR ELETRÔNICO DE FONTE PARA CARREGAMENTO DE
BATERIA ESTACIONÁRIA EM VEÍCULOS DE RECREAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção de título de Tecnólogo em Eletrônica Industrial.

Trabalho aprovado. Porto Alegre, 12 de dezembro de 2019

Prof. Me. Matheus Perin
Orientador

Prof. Me. Bruno Canal
Avaliador

Prof. Me. Douglas Tesch
Avaliador

Porto Alegre, dezembro de 2019

RESUMO

O projeto apresentado neste trabalho mostra o desenvolvimento de um seletor eletrônico de fonte para carregamento de bateria estacionária aplicado à veículos de recreação. Veículos de recreação, como *motorhome*, *trailer*, *camper*, possuem uma ou mais baterias estacionárias para suprir diferentes equipamentos elétricos e eletrônicos. Comumente, são utilizadas diferentes fontes para realizar o carregamento das baterias estacionárias, sendo as fontes mais comuns: rede elétrica, alternador do motor do veículo e painéis fotovoltaicos. Com base nesta demanda, visando comutar fontes de energia em níveis de tensão entre 10 V e 15 V em corrente contínua e com valores de corrente elétrica de até 40 A, realizou-se uma pesquisa pela solução que acarretasse na menor perda da potência total fornecida e que apresentasse vida útil elevada. Com aplicação de microcontrolador para monitoramento e tomada de decisões, sistema de chaveamento por *MOSFETs* de potência, sistema de instrumentação confiável e isolado e uma interface com o usuário através de *display*, chegou-se a um dispositivo de tamanho compacto e de baixo custo. A versão final do dispositivo foi finalizada atendendo todos os requisitos e objetivos propostos.

Palavras-chave: veículo de recreação, bateria estacionária, seletor de fontes.

ABSTRACT

In this work is presented the development of an electronic selector of electrical sources for charging stationary batteries of recreation vehicles. Recreation vehicles, such as motor home, trailer, and camper, have one or more stationary batteries to feed several electrical and electronic devices. Usually, different electrical sources are used to charge the stationary batteries, with the electrical grid, the alternator of the vehicle, and photovoltaic panels being the most common alternatives. In this context, and aiming the commutation of electrical sources with voltage levels from 10 V to 15 V in DC and currents up to 40 A, the project was based in two fundamental requisites: low power losses and high life time. The final device in compact size and low cost was reached using microcontroller to monitoring and decision making, switching based on power *MOSFETs*, trustful and isolated instrumentation system, and a simply and friendly interface with the user through seven-segment-display. Therefore, the final version of the developed device attends all project requisites and objectives

Key-words: recreation vehicles, stationary battery, electronic selector of electrical sources.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Imagem e pinagem do microcontrolador Atmega328P.....	12
FIGURA 2 – Símbolo de um <i>Mosfet</i> de potência canal N.....	13
FIGURA 3 – Acoplador ótico com <i>LED</i> e fototransistor.....	14
FIGURA 4 – Diagrama de pinos optoacoplador 4N25.....	15
FIGURA 5 – Diagrama de ligação e encapsulamento do sensor de corrente ACS758.....	16
FIGURA 6 – Regulador de tensão família L78xx indicando sua pinagem.....	16
FIGURA 7 – Módulo DC <i>Buck step-down</i> com saída selecionável.....	17
FIGURA 8 – Disposição dos 7 segmentos de um <i>display</i> e possíveis combinações.....	18
FIGURA 9 – Módulo <i>display</i> 4 dígitos.....	18
FIGURA 10 – Módulo <i>display</i> LCD para desenvolvimento de projetos.....	18
FIGURA 11 – Diagrama lógica de funcionamento.....	19
FIGURA 12 – Protótipo 1 utilizando relés e diodos.....	20
FIGURA 13 – Protótipo 2 utilizando <i>mosfets</i> para chaveamento.....	21
FIGURA 14 – Montagem do microcontrolador.....	22
FIGURA 15 – Diagrama de ligação módulo <i>buck</i>	23
FIGURA 16 – Acionamento dos <i>mosfets</i>	23
FIGURA 17 – Resposta do optoacoplador.....	25
FIGURA 18 – Circuito de medição de tensão isolado.....	25
FIGURA 19 – Circuito de medição de tensão bateria estacionária.....	26
FIGURA 20 – Sensor de corrente acs758lcb-050u.....	26
FIGURA 21 – Representação para cálculo térmico.....	27
FIGURA 22 – Circuito acionamento do <i>cooler</i>	28
FIGURA 23 – Layout da placa superior (esquerda) e placa inferior (direita)	30
FIGURA 24 – Placa superior (esquerda) e placa inferior (direita)	30
FIGURA 25 - Placa inferior (esquerda) e placa superior (direita)	31
FIGURA 26 – Bornes de conexão externa e tampa lateral do cooler.....	31
FIGURA 27 – Disposição final das placas interconectadas e sua posição final.....	32
FIGURA 28 – Montagem interna das placas e conexões.....	32
FIGURA 29 – Apresentação final do produto.....	32
FIGURA 30 – Informações apresentadas no <i>display</i>	33
FIGURA 31 – Foto do ensaio de rendimento do seletor de fonte.....	34

FIGURA 32 – Tensão e corrente de entrada no seletor de fonte.....	34
FIGURA 33 – Tensão e corrente de saída no seletor de fonte.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BJT	Transistor bipolar de junção
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CNH	Carteira Nacional de Habilitação
CPU	Unidade Central de Processamento
DIP	Pacote Duplo em Linha
IHM	Interface homem máquina
LCD	<i>Display</i> de cristal liquido
LED	Diodo emissor de luz
MOSFET	Transistor de efeito de campo metal-óxido-semicondutor
N	Nêutrons
OR	Ou
P	Prótons
VR	Veículo de Recreação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivos gerais	11
1.2.2 Objetivos específicos	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 MICROCONTROLADOR	12
2.2 TRANSISTOR DE POTÊNCIA	13
2.3 OPTOACOPLADORES	14
2.4 SENSOR DE CORRENTE.....	15
2.5 REGULADOR DE TENSÃO	16
2.6 <i>DISPLAY</i>	17
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	19
3.1 MICROCONTROLADOR E DISPLAY.....	21
3.2 CHAVES DE POTÊNCIA.....	23
3.3 INSTRUMENTAÇÃO	24
3.4 DISSIPAÇÃO DO CALOR	26
3.5 PROJETO DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO E MONTAGEM....	29
4 TESTES E RESULTADOS.....	33
5 CONCLUSÃO.....	36
6 REFERÊNCIAS	38
APÊNDICE A – Programa do microcontrolador	42
APÊNDICE B – Esquemático circuito <i>KiCad</i>.....	49
APÊNDICE C – Lista de componentes utilizados.....	53

1 INTRODUÇÃO

A atividade do campismo no Brasil iniciou no começo do século XX, mas teve seu auge com a chegada dos fabricantes de Veículos de Recreação (VR) na década de 70 e 80. Estes veículos apresentam o maior conforto entre os praticantes desta atividade por possuírem acomodações mais próximas de uma residência como sala, quarto, cozinha e banheiro. Os projetos dos VR se baseavam nos produtos ofertados no mercado europeu já consolidado. Em meio a turbulências políticas no país na década de 90, este mercado de VR diminuiu a ponto de fabricantes fecharem suas operações (PIVARI, 2010).

De 1997 a 2011 o mercado de VR no Brasil desaqueceu por causa das mudanças implementadas pelo novo código nacional de trânsito, a qual obrigava motoristas de VR a portar Carteira Nacional de Habilitação (CNH) de categoria nível “E” como motoristas de veículos articulados pesados (BRASIL, 1997). No final deste período, com a revisão de regras da CNH, alteraram-se os níveis de peso bruto total aplicado as categorias da CNH especialmente para trailer e motor casa reduzindo a categoria para conduzir os mesmos (PIVARI, 2019) ocasionando um crescimento nas vendas do mercado de VR. Só no ano de 2015, o mercado nacional produziu 230 veículos motor casa, movimentando um faturamento de R\$ 70 milhões. Com o aquecimento do mercado deste segmento, organizou-se a primeira feira específica para o setor de caravanismo e campismo, cuja presença no calendário de eventos deste ramo tornou-se anual (PIVARI, 2016).

Analisando dados de 2013 até 2019 obtidos no site do Ministério da Infraestrutura (BRASIL, 2016) e filtrando a quantidade de VR do tipo motor casa, o crescimento neste período foi de 47,88%. Foram emplacados em média 979 veículos do tipo motor casa ao ano, não incluindo outros tipos de VR como, por exemplo, *camper*, *trailer* e *mini trailer*. A demanda de fabricação e reforma de VR vem acompanhando o mercado, consumindo materiais e equipamentos que muitas vezes são importados por não existir tecnologia nacional voltada a este segmento. O sistema elétrico é um dos pontos críticos, devendo sempre ser abordado com conhecimento técnico especializado. Além disso, a popularização de novas tecnologias, tal como a energia solar, se mostram uma alternativa interessante e trazem boa autonomia energética aos VR. Por outro lado, estas tecnologias aumentam a demanda por equipamentos elétricos e eletrônicos específicos.

Para os equipamentos eletroeletrônicos, a fonte de energia principal vem de baterias 12 volts, as quais podem ser recarregadas pelo alternador do veículo, através de uma fonte de energia ligada a rede elétrica CA 110/220 V, ou ainda utilizando uma placa solar fotovoltaica. Para equipamentos que operem em tensões CA de 110/220 V, o uso de conversores estáticos CC/CA alimentados por baterias de 12V são boas alternativas, entretanto deve-se atentar ao alto consumo da carga da bateria imposto por estes dispositivos (PIVARI, 2000).

Nos VR, é comum encontrar equipamentos básicos de conforto, como geladeiras, exaustores, iluminação, bombas de água, entre outros, os quais são alimentados por uma bateria estacionária que deve ser recarregada periodicamente. Dadas as diversas fontes de energia que podem ser utilizadas para recarregar a bateria e visando garantir uma gestão de energia confiável, gerando uma boa autonomia energética, se faz necessário o uso de um Seletor de Fonte automático. Dentre as atribuições deste equipamento está a seleção da fonte de energia responsável pelo carregamento da bateria, evitando o risco de interferência entre as diversas fontes disponíveis no VR e minimizando a chance de danos à bateria e aos equipamentos alimentados pela mesma.

1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

O sistema de controle das fontes de carga em um VR no Brasil se dá de forma manual, com a utilização de chaves que, em caso de esquecimento do usuário, pode acarretar em total falta de energia do seu veículo em algum momento. Mesmo assim, as chaves para altas correntes são importadas, como as da marca *Blue Sea System* (BLUE SEA, 2019), atingindo altos valores no mercado nacional devido às taxas de importação e à flutuação cambial.

Nos VR importados, existem equipamentos que atuam na seleção e proteção das fontes de energia, como o *Xantrex Freedom Sequence Intelligent* (XANTREX, 2019) que opera de forma automática, mas também se enquadra na mesma situação de alto custo devido à importação do mesmo, podendo passar de 1,5 mil reais. Em lojas no mercado nacional é vendido o relé automático de carga isolador de bateria, entre algumas marcas destaca-se a fabricante *ArielTek*, cujo relé suporta

correntes de até 140 A e isola uma só fonte de carga. Seu valor na loja BARCO NOVO (2019) é de 649,90 reais.

Como não há, atualmente, um produto nacional automático para selecionar as fontes de carga para uma bateria estacionária para esse nicho de mercado, deve-se recorrer aos produtos importados, acarretando em altos custos de aquisição e manutenção. Desta forma, justifica-se o desenvolvimento de um dispositivo de seleção de fonte de baixo custo, de forma a não apenas suprir uma demanda do mercado brasileiro de VRs, bem como a auxiliar com o aumento da sua popularização através de preços mais atraentes ao consumidor.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos gerais

- Projetar, simular e implementar um dispositivo de análise e gerenciamento de três fontes de energia elétrica, com monitoramento de corrente de carga, para veículos de recreação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um *hardware* de baixo custo, com confiabilidade nos dados elétricos trabalhados.
- Implementar a programação em microcontrolador com lógica de funcionamento conforme necessidade do dispositivo.
- Comutar entre três fontes de energia de carga para o correto carregamento de uma bateria estacionária.
- Apresentar os dados obtidos em tempo real para o usuário através de *display*.
- Tamanho compacto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são apresentados os fundamentos teóricos dos componentes elétricos e eletrônicos que foram utilizados no projeto e fabricação do Seletor de Fonte proposto neste trabalho.

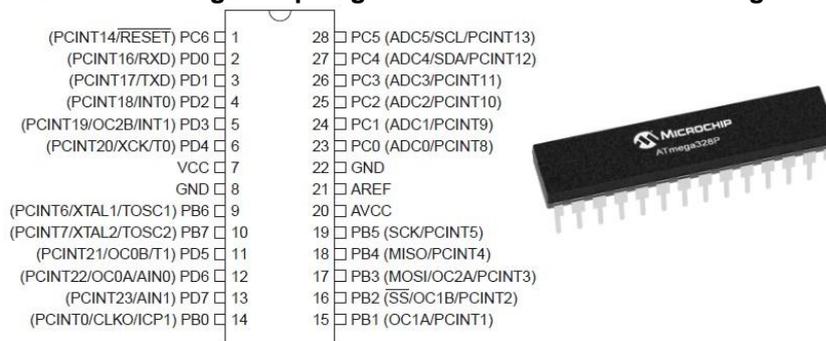
2.1 MICROCONTROLADOR

O microcontrolador é um componente amplamente utilizado nos equipamentos eletrônicos controlados digitalmente. Em um mesmo circuito integrado, o microcontrolador combina diversas funcionalidades que são habilitadas por lógicas combinacionais através da programação escolhida (LIMA e VILLAÇA, 2012).

Sistemas microcontrolados apresentam grande facilidade na aplicação em sistemas automatizados, controle de processos, aquisição e processamento de dados em um único circuito integrado, pois contém em sua construção uma Unidade Central de Processamento (CPU), memória de programa, memória *flash*, interface de entradas e saídas (BERTONHA, 2007). Os modelos comerciais mais acessíveis são a família PIC e a família AVR.

Por seu baixo custo e o uso de software livre para programação, foi escolhido para este projeto o microcontrolador da fabricante AVR no modelo Atmega328P (Figura 1), no encapsulamento DIP (Pacote Duplo em Linha) com 28 pinos (MICROCHIP, 2018) para montagem em placa de circuito impresso.

FIGURA 1 – Imagem e pinagem do microcontrolador Atmega328P



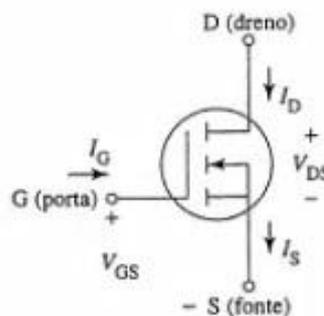
FONTE: Microchip (2018)

2.2 TRANSISTOR DE POTÊNCIA

Transistores de potência são utilizados quando se necessita comutar elevadas tensões ou correntes de modo intermitente (chaveamento), ou como chave (ligado ou desligado). Dois tipos são mais utilizados: o transistor bipolar de junção (BJT) e transistor de efeito de campo metal-óxido-semicondutor (*MOSFET*). O que difere um do outro é a forma de controle e sua velocidade de chaveamento. (AHMED, 2000).

O *MOSFET* apresenta as melhores características de operação para o projeto, uma vez que sua alta impedância de entrada e acionamento por tensão tornam mais simples a comutação. Existem dois tipos de *MOSFET*, o canal N e o canal P. O *MOSFET* de canal N, mostrado na Figura 2, apresenta valores nominais de corrente e tensão maiores que o canal P (AHMED, 2000), sendo, portanto, escolhido para o projeto do Seletor de Fonte.

FIGURA 2 – Símbolo de um *Mosfet* de potência canal N



FONTE: AHMED (2000)

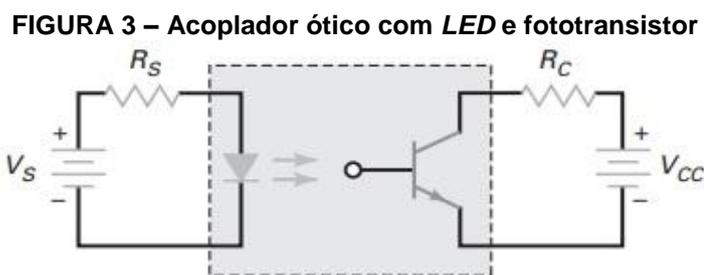
Existem três regiões de operação do *MOSFET* conforme a relação de tensão aplicada no terminal de porta e os terminais de dreno e fonte, são elas: região de corte, a região ativa e a região ôhmica. Na utilização como chave, o *mosfet* atua na região ôhmica, ligado, quando a tensão de porta for superior a relação da corrente de dreno multiplicada pela resistência entre dreno e fonte. Um item que deve ser levado em consideração em projetos que envolvam *MOSFET* é o diodo intrínseco antiparalelo interno existente. Desta forma, em caso de inversão na polarização da fonte, o diodo se torna um caminho para a corrente; assim, sendo o *MOSFET* não bloqueia tensões reversas (AHMED, 2000).

Segundo Ivo Barbi (2001), para o correto funcionamento do *MOSFET*, é necessário realizar o cálculo térmico para garantir que a temperatura de junção não ultrapasse o valor máximo determinado pelo fabricante. Para o cálculo das perdas térmicas de um *MOSFET* operando como chave, deve-se levar em consideração tanto as perdas por comutação, que ocorrem quando o dispositivo muda do estado *on* para o estado *off* (e vice-versa), quanto as perdas por condução, que ocorrem devido à resistência interna do transistor (BARBI, 2001).

2.3 OPTOACOPLADORES

Optoacopladores são componentes bastante utilizados quando há necessidade de isolar sinais de fontes de tensões diferentes dentro de um sistema, bem como para prover isolamento galvânica entre duas regiões distintas de um circuito eletrônico.

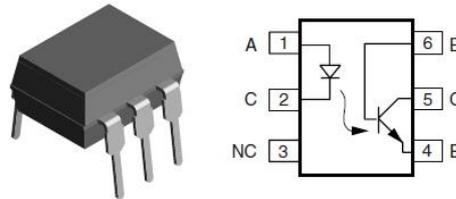
Ele é composto por um fototransistor encapsulado com um diodo emissor de luz (*LED*), conforme ilustrado na Figura 3, formando assim o optoacoplador. Seu funcionamento é direto, pois a variação da tensão de entrada faz uma corrente percorrer o *LED*, que por sua vez ocasiona variação da corrente no fototransistor. Assim sendo, a tensão que circula entre coletor-emissor do fototransistor também varia (MALVINO e BATES, 2007).



FONTE: MALVINO e BATES (2007)

Entre as diversas opções comercialmente disponíveis, o optoacoplador 4N25 é amplamente utilizado em acionamento de transistores para isolar circuitos de comando dos circuitos de potência, possuindo uma resistência de isolamento de 10^{11} ohms. Na Figura 4, é apresentado o diagrama de pinos e encapsulamento do 4N25.

FIGURA 4 – Diagrama de pinos optoacoplador 4N25



FONTE: VISHAY (2010)

Também é possível utilizar o optoacoplador para realizar medições de tensão isoladas. Sua curva de atuação é direta, conforme varia a corrente que circula no *LED* de entrada, a corrente do acionamento do fototransistor varia proporcionalmente. Através de uma configuração de resistores na entrada e saída do optoacoplador, pode-se obter uma curva de tensão de saída proporcional à tensão de entrada, a qual pode ser aproximada por uma equação de reta pelo método dos mínimos quadrados (ANTON, 2014).

2.4 SENSOR DE CORRENTE

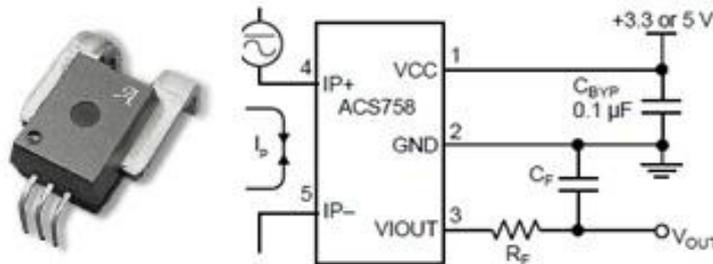
O amperímetro é o dispositivo que realiza a medição de corrente. Na eletrônica, existem diversos meios de realizar a medição de corrente, tais como sensores resistivos, sensores magnetorresistivos, sensores de efeito *hall*, transformadores de corrente, entre outros. Na maioria dos casos, o dispositivo de medição de corrente deve ser inserido em série no circuito a ser medido, mas há tipos de sensores de corrente não invasivos. (BALBINOT e BRUSAMARELLO, 2013).

Sensores de corrente que utilizam a tecnologia de efeito *hall* conseguem medir desde correntes CC até correntes AC com frequências de dezenas de KHz. Suas vantagens são o baixo custo, facilidade de implementação, credibilidade, mas a desvantagem esbarra na dependência da temperatura (BALBINOT e BRUSAMARELLO, 2013).

Fabricantes de componentes eletrônicos como a ALLEGRO (2017) comercializam sensores de corrente baseado no efeito *hall* para detecção de corrente CA ou CC. Seu circuito integrado possui melhoria no erro de saída e possui compensação interna da temperatura, com resistência interna de 100 microohms, proporcionando baixa perda de energia. Sua ligação é simples e pode ser vista na

Figura 5. Este sensor trabalha com tensões de 3,3 V a 5 V, sendo o nível máximo da tensão de saída proporcional à corrente máxima suportada pelo mesmo.

FIGURA 5 – Diagrama de ligação e encapsulamento do sensor de corrente ACS758



FONTE: ALLEGRO (2017)

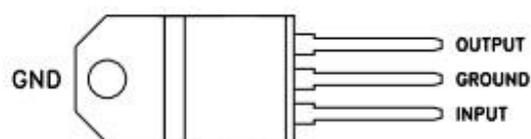
2.5 REGULADOR DE TENSÃO

Circuitos eletrônicos podem necessitar em mais de um nível de tensão para suprir a alimentação de microcontroladores, *displays*, acionar transistores entre outros componentes conforme o projeto desenvolvido. Uma alternativa para solucionar este problema é a utilização de reguladores de tensão.

Os reguladores de tensão são basicamente componentes que limitam a tensão de saída, mesmo que em sua entrada os valores de tensões elevadas oscilem dentro das limitações de suas características técnicas. Existem circuitos integrados capazes de realizar essa função, com a maioria possuindo limitadores de corrente como proteção. Seu tamanho compacto, aliado ao baixo custo, alta confiabilidade e durabilidade, o faz uma ótima solução (CRUZ e CHOUERI JÚNIOR, 2008).

Nos reguladores da família L78xx da fabricante ST (2018), correntes de saída de 1 A são suportadas quando os mesmos são montados em dissipadores de calor. Na Figura 6 é mostrado o encapsulamento TO-220 destes dispositivos e seus respectivos pinos de ligação.

FIGURA 6 – Regulador de tensão família L78xx indicando sua pinagem



FONTE: ST (2018)

Outra alternativa de reduzir uma tensão de entrada elevada para um dado nível de tensão desejado é através da utilização de conversores CC-CC *buck*, cujo nome vem do inglês e quer dizer “tensão média de saída menor que a tensão de entrada” (RASHID, 1999). Sua principal vantagem é a eficiência elevada, superior a 90%, resultando em menores perdas de potência. Estes conversores podem ser encontrados em módulos prontos onde são englobados todos os componentes de funcionamento do conversor em tamanho compacto, sendo uma boa alternativa aos reguladores da família L78xx. Abaixo, na Figura 7, é apresentado o módulo HW-613, que suporta correntes de até 3 A e possui rendimento de até 97,5% (ELECTRODRAGON, 2019).

FIGURA 7 – Módulo DC *Buck step-down* com saída selecionável



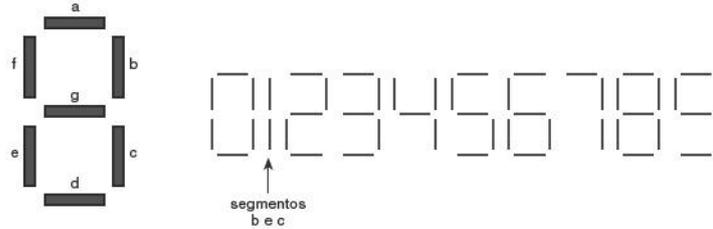
FONTE: O autor (2019)

2.6 DISPLAY

Equipamentos eletroeletrônicos, em sua grande maioria, dispõem de um *display* usado na comunicação homem-máquina (IHM) para indicação de dados processados, os quais devem ser informados ao usuário.

Segundo TOCCI et al. (2011, p. 508), “essas informações são frequentemente dados numéricos, mas também podem ser alfanuméricos (números e letras)”. Em aplicações mais simples, usualmente é feito o uso de *display* com sete segmentos, onde cada segmento é iluminado por um *LED*, conforme pode ser visto na Figura 8. Cada segmento é identificado por uma letra e, conforme os comandos enviados, os formam-se os números ou caracteres.

FIGURA 8 – Disposição dos 7 segmentos de um *display* e possíveis combinações



FONTE: TOCCI et al. (2011)

O modelo de *display* mostrado na Figura 8 necessita de muitos pinos de comunicação com o microcontrolador para seu acionamento, e quando são colocados mais de um conjunto lado a lado, acaba-se subutilizando o microcontrolador. Para contornar este problema, são vendidos módulos prontos que contam com registradores de deslocamento, reduzindo assim a quantidade de pinos de comunicação de dados necessária (ARDUINO E CIA, 2016). Na Figura 9, é apresentado um módulo comercial largamente utilizado em projetos eletrônicos.

FIGURA 9 – Módulo *display* 4 dígitos



FONTE: ARDUINO E CIA (2016)

Existe também *display* de cristal liquido (LCD), onde se controla a reflexão de luz disponível. Comparados aos *displays* com *LEDs*, o LCD se sobressai por consumir menor potência, mas apresentam menor brilho (TOCCI et al., 2011). Seu preço mais elevado também se apresenta como uma desvantagem, tornando sua aplicação desfavorável em alguns casos. Na Figura 10, é mostrado um *display* de 20 linhas por 4 colunas acoplado a um decodificador.

FIGURA 10 – Módulo *display* LCD para desenvolvimento de projetos



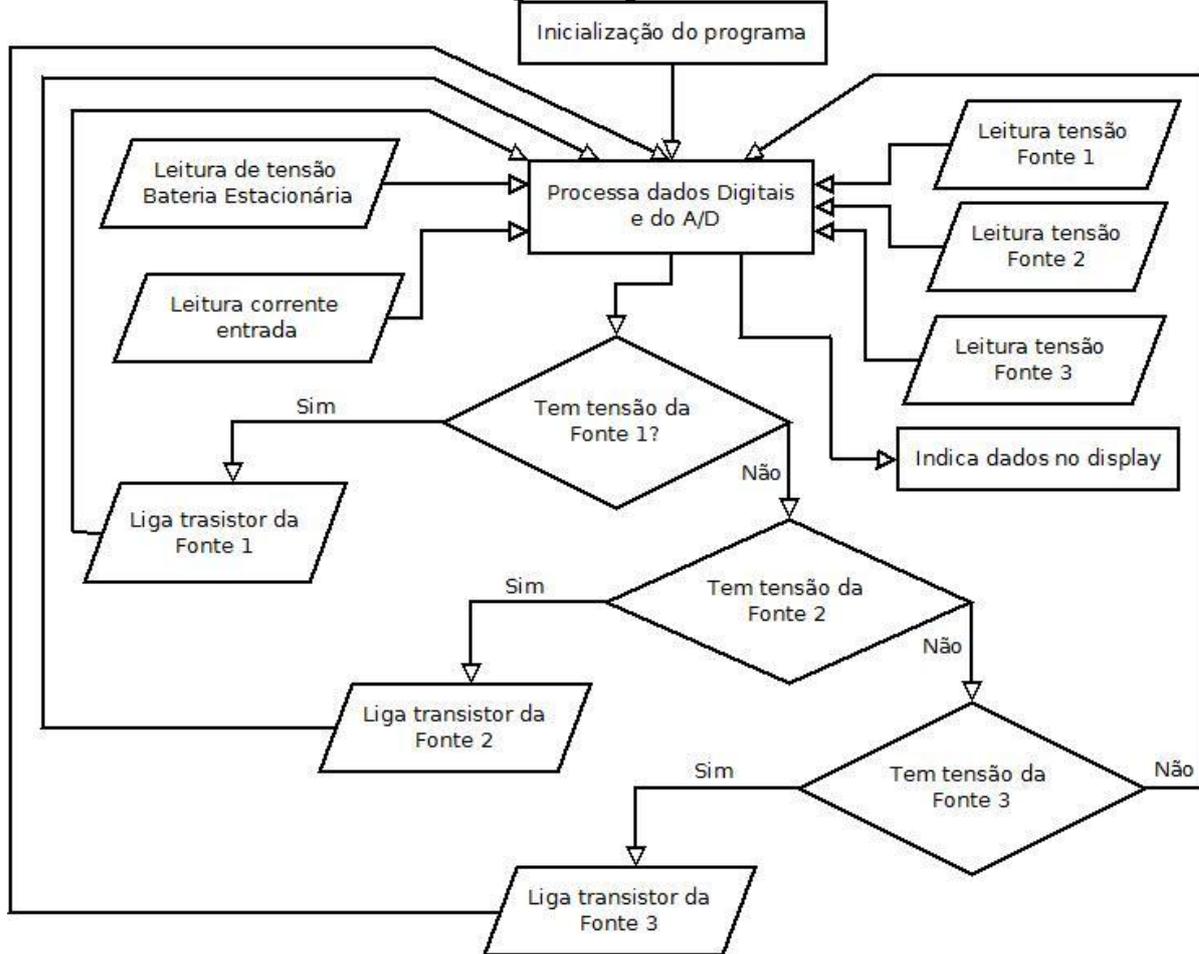
FONTE: O autor (2019)

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo, são apresentados o desenvolvimento, projeto e implementação do Seletor de Fonte proposto. O protótipo desenvolvido utiliza recursos de *hardware* com componentes encontrados no mercado nacional, buscando minimizar os custos dentro das demandas estipuladas do projeto.

O seletor de energia microcontrolado foi implementado com a lógica de operação descrita no diagrama da Figura 11. Ele é programado para operar com a seleção das fontes de carregamento em ordem sequencial, sendo indicado ao usuário a ligação das fontes na seguinte ordem: fonte AC ligado em fonte 1; fonte alternador ligado em fonte 2; fonte placa solar ligado em fonte 3.

FIGURA 11 – Diagrama lógica de funcionamento

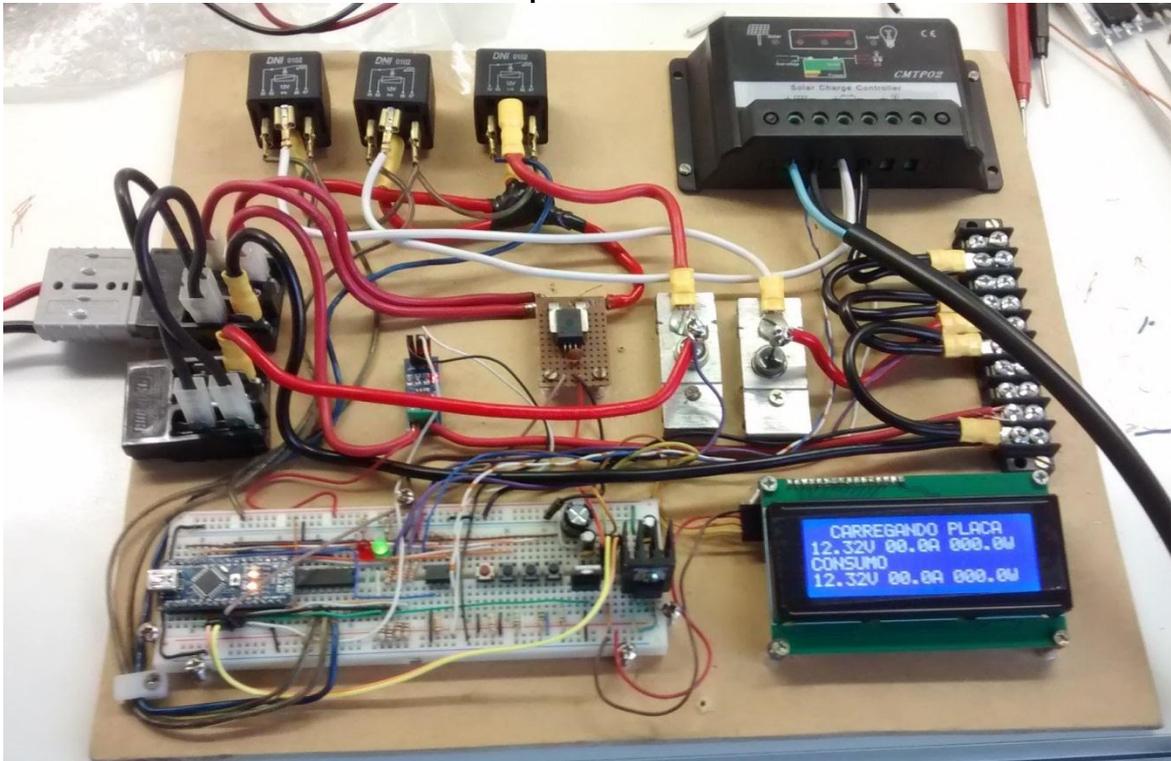


FONTE: O autor (2019)

Para operar com segurança, seu dimensionamento obedece aos seguintes critérios: suportar chaveamento e leitura de corrente de 40 A, monitorar tensões de 6 a 16 V, informar medições em *display* de fácil leitura e conexões elétricas externas com uso de componentes que suportem tal demanda de potência elétrica.

Este projeto já apresentou 3 versões de protótipos até chegar no resultado descrito na sequência, do qual resultou num modelo “cabeça de série” do seletor eletrônico de fonte para carregamento de bateria estacionária em VR. O primeiro protótipo, menos eficiente, mostrado na Figura 12, utilizava sistema de chaveamento por relés e diodos informando dados ao usuário através de *display* LCD.

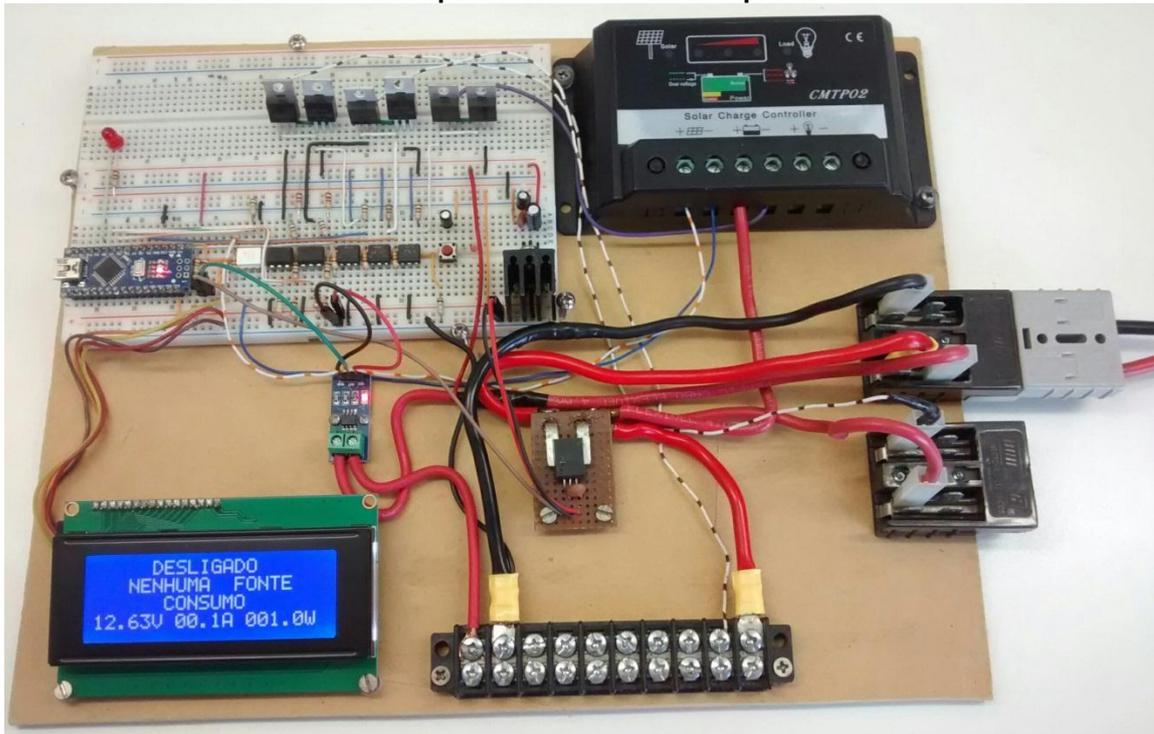
FIGURA 12 – Protótipo 1 utilizando relés e diodos



FONTE: O autor (2017)

Em um segundo protótipo, apresentado na Figura 13, os relés foram substituídos por *MOSFETs* de potência, sendo mantido ainda o *display* LCD. Todo o dispositivo foi montado sobre uma estrutura de madeira.

FIGURA 13 – Protótipo 2 utilizando *mosfets* para chaveamento



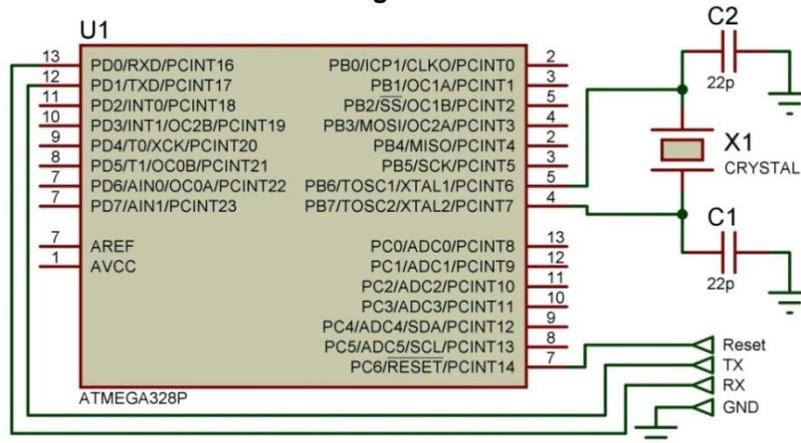
FONTE: O autor (2018)

Na sequência, é apresentada a explicação detalhada de cada parte da versão final do dispositivo.

3.1 MICROCONTROLADOR E DISPLAY

Para controle de todas as funções do seletor conforme a lógica descrita na Figura 11, optou-se pelo uso do microcontrolador Atmega328p, no qual foi gravado o *firmware* desenvolvido conforme as prioridades de comutação das fontes de energia e processamento dos sinais adquiridos e indicados visualmente ao usuário. A programação foi realizada no *software* de desenvolvimento livre do Arduino IDE, sendo utilizada a linguagem de programação C++, conforme mostrado no Apêndice A. Para o correto funcionamento do sistema microcontrolado, o sinal de *clock* foi gerado utilizando-se um cristal de 16 MHz e dois capacitores de 22pF. Também se optou por colocar uma chave táctil associada um resistor de 10k Ω , disponibilizando internamente a função *reset* do microcontrolador.

FIGURA 14 – Montagem do microcontrolador



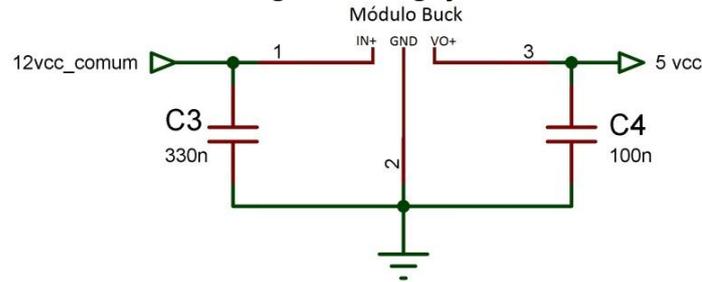
FONTE: O autor (2019)

Para gravação do *firmware* desenvolvido em linguagem C, foram dispostos terminais com conexão direta nos pinos RX, TX, RESET e GND do microcontrolador. Desta forma, torna-se mais fácil a implementação de eventuais atualizações do *firmware* utilizando como interface de comunicação uma placa Arduino Uno sem o microcontrolador conectado em seu soquete principal, Figura 14.

Para indicação dos dados de tensão e corrente adquiridos nos pinos analógicos do Atmega328p, utilizou-se um módulo *display* serial de 7 segmentos por 4 *bits*, programado para indicar os valores com duas casas decimais. Sua escolha se deu pelo tamanho compacto, aliado ao consumo de 80 mA máximo (SEEED STUDIO, 2015) e preço baixo. Por ser indicado mais de um valor lido, os dados são informados sequencialmente, sendo que junto a cada informação há um *LED* disposto próximo ao *display* informando qual a correta interpretação do dado nas seguintes opções: tensão bateria estacionária, tensão fonte 1, tensão fonte 2, tensão fonte 3 ou corrente de carga. Em uma versão anterior do Seletor de Fonte foi utilizado um *display* LCD 20x4, porém além de apresentar um custo mais elevado, este *display* necessita de mais espaço físico e apresenta maior consumo de corrente, chegando a até 200 mA (TINSHARP, 2009), sendo, portanto, substituído pelo *display* de 7 segmentos em uma nova versão otimizada do dispositivo.

Quanto à alimentação dos periféricos e do microcontrolador Atmega328p, os quais operam com alimentação em 5 V, optou-se pelo módulo conversor *buck* HW-613, mostrado na Figura 7, montado com um capacitor de 330 nF e um capacitor de 100 nF, conforme apresentado na Figura 15.

FIGURA 15 – Diagrama de ligação módulo *buck*

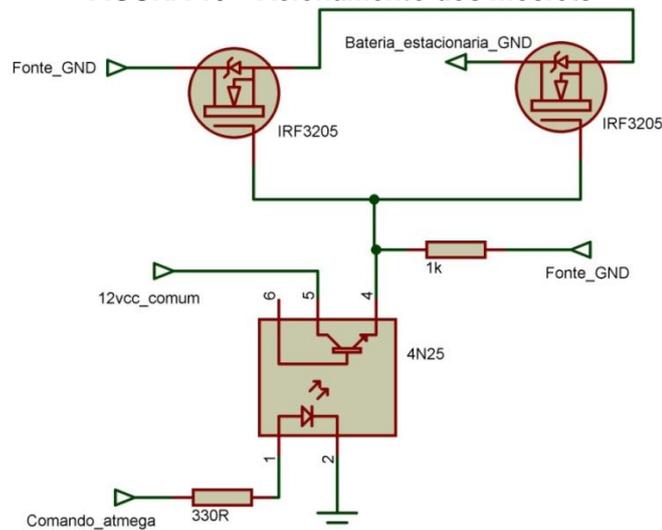


FONTE: O autor (2019)

3.2 CHAVES DE POTÊNCIA

No acionamento das fontes de carga para a bateria estacionária, foram testadas diversas configurações, tal como o uso de relés eletromecânicos. Um inconveniente desta solução foi a necessidade de uso de diodos de potência com quedas de tensão de 1 V, inviabilizando o uso desta alternativa devido à perda de energia elevada. Também se estudou o uso de um transistor *mosfet* em paralelo com um diodo rápido de potência, mas por questões de custo elevado do diodo rápido esta possibilidade também foi descartada. A opção escolhida foi a utilização de dois transistores *mosfets* de canal N do modelo IRF3205 ligados em série com seus respectivos diodos internos opostos um ao outro, garantindo assim o desligamento total entre as fontes. Para acionamento isolado dos *mosfets*, foram adicionados ao circuito optoacopladores 4N25 em cada conjunto, conforme ilustrado na Figura 16.

FIGURA 16 – Acionamento dos *mosfets*



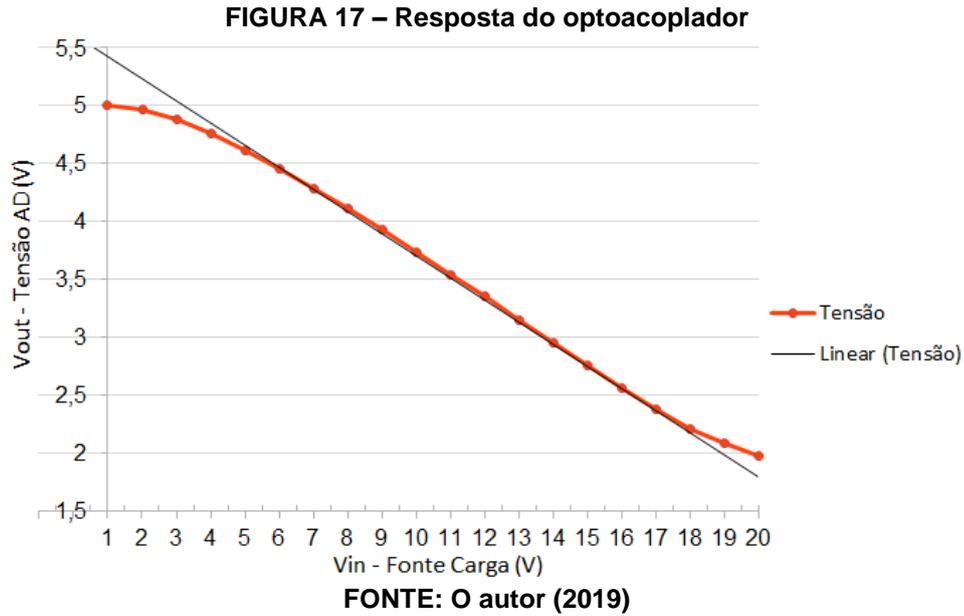
FONTE: O autor (2019)

Para o correto funcionamento dos *mosfets*, os mesmos foram conectados aos terminais negativos das fontes. Sendo a comutação entre as fontes realizada por esta via, conseqüentemente os terminais positivos foram conectados em curto-circuito. Com esta aplicação de comutar o terminal negativo das fontes, a aquisição de tensão através do conversor analógico-digital do microcontrolador ficou comprometida, pois a referência de tensão do mesmo é o terminal negativo (ou zero volt). Assim, foi necessária a realização de um estudo para resolver esta questão, conforme será detalhadamente descrito nas próximas seções.

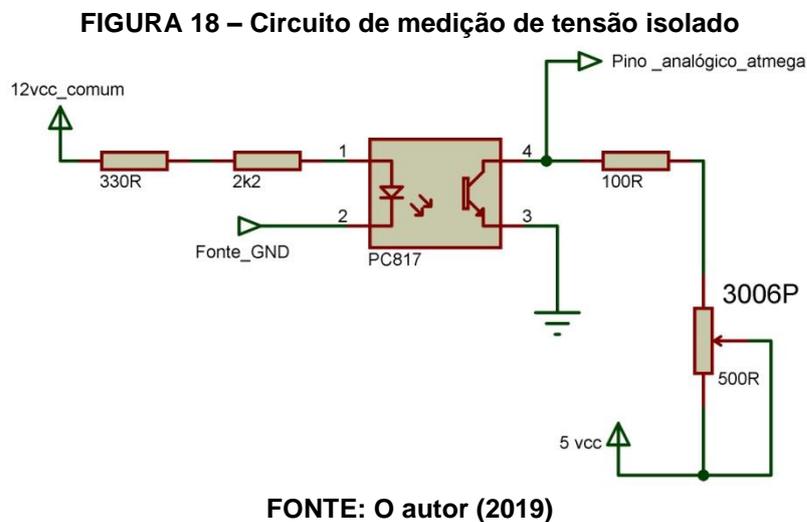
3.3 INSTRUMENTAÇÃO

Optou-se por realizar medição de tensão isolada das fontes de carga, sendo inicialmente testado o uso do amplificador operacional isolado ISO124P. Um inconveniente do uso deste componente é a necessidade de alimentação com tensões simétricas, necessitando da adição de uma fonte isolada dupla de 5 V exclusiva para o correto funcionamento do mesmo. Por questões de aumento do espaço físico na placa de circuito impresso do Seletor de Fonte e de elevação dos custos do projeto, a utilização de um amplificador isolado com estas características foi descartada.

A solução encontrada para a medição isolada da tensão foi a utilização de um optoacoplador PC817B. Através de um ensaio em bancada, constatou-se que, conforme a configuração dos resistores nos pinos 1 e 4 do optoacoplador, é possível mudar a faixa de tensão na área linear de atuação do mesmo. Conforme pode ser visto na Figura 17, no ensaio foi traçada a curva de tensão e sobre ela foi gerada uma aproximação por uma reta feita pelo software Excel com a utilização da ferramenta de linhas de tendência, assim obtendo a equação $y = -0,1914x + 6$. Para melhor ajuste foi dispensando as extremidades da curva dos pontos adquiridos, assim foi possível localizar uma faixa de tensão linear de 6 à 16 V, suficiente para utilização neste projeto.

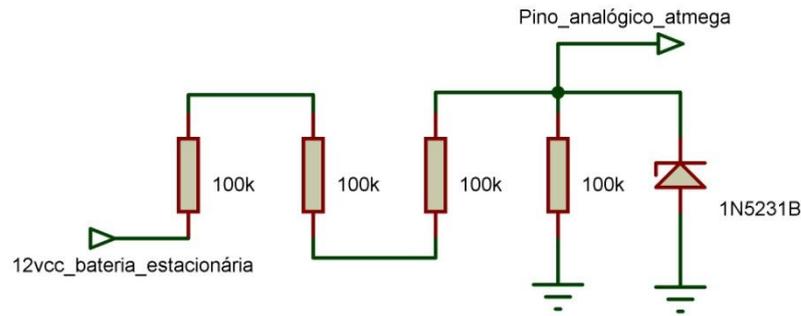


Assim, para realizar uma calibração manual da leitura das tensões foram adicionados *trim pots* de 15 voltas de $500\ \Omega$ em série a resistores de $100\ \Omega$, conforme configuração apresentada na Figura 18.



Para a aquisição do valor de tensão da bateria estacionária, foi utilizado um divisor resistivo, sendo escolhidos resistores de $100\ \text{k}\Omega$ em conjunto com um diodo *zener* de $5,1\ \text{V}$, garantindo que nunca chegue ao conversor A/D do microcontrolador um nível de tensão superior ao valor máximo admissível. Esta configuração é mostrada na Figura 19.

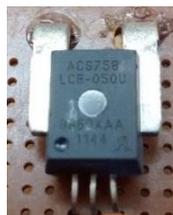
FIGURA 19 – Circuito de medição de tensão bateria estacionária



FONTE: O autor (2019)

Dando sequência na aquisição das medições, a corrente de carregamento foi medida utilizando o sensor ACS758LCB-050U, mostrado na Figura 20, o qual suporta correntes de até 50 A e cuja leitura é realizada em sentido unidirecional, apresentando uma melhor escala de leitura. A principal característica deste sensor é a utilização de tecnologia de medição de corrente por efeito *hall*, sendo necessário que a corrente circule pelos seus terminais de potência, os quais são eletricamente isolados dos terminais de saída do sensor. Esta é uma característica bastante interessante, pois evita que maus contatos ou qualquer outro tipo de falha coloque a fonte de energia de entrada do dispositivo em curto-circuito com o *hardware* do Seletor de Fonte, o que ocasionaria danos aos equipamentos e possibilidade de ocorrência de acidentes.

FIGURA 20 – Sensor de corrente acs758lcb-050u



FONTE: O autor (2019)

3.4 DISSIPAÇÃO DO CALOR

Como o seletor de fonte atua com correntes elevadas que ocasionam perdas por efeito *joule* nos *mosfets*, uma ventoinha de 40x40x10mm e 12 V foi instalada na estrutura externa do produto. Para a mesma só entrar em funcionamento em momentos necessários, a fim de não desperdiçar energia, foi estabelecido que a ventoinha só será acionada quando algum *mosfet* for acionado.

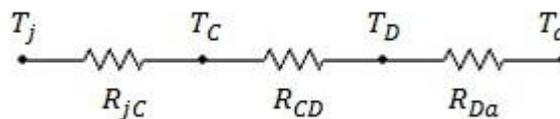
De forma a verificar o correto dimensionamento dos dissipadores e ventoinha utilizados, foi realizado o cálculo das perdas térmicas nos *mosfets* segundo o exposto por Ivo Barbi (2001, p.169) usando a expressão abaixo:

$$P_{cond} = \frac{t_{on}}{T} \times r_{ds(on)} \times (i_{d(on)})^2$$

$$P_{cond} = 1 \times 8\text{m}\Omega \times (40\text{A})^2 = 12,8\text{ W}$$

Para a determinação da máxima resistência térmica do dissipador, é necessário o cálculo que garanta a temperatura de junção do componente abaixo do estipulado pelo fabricante (BARBI, 2001). O cálculo desta resistência térmica é realizado a partir de um circuito elétrico equivalente ao circuito térmico, conforme mostrado na Figura 21, e cujo equacionamento é apresentado na sequência.

FIGURA 21 – Representação para cálculo térmico



FONTE: Ivo Barbi (2001, p.160)

R_{jc} - Resistência térmica junção-cápsula.

R_{cd} - Resistência térmica de contato entre o componente e o dissipador.

R_{da} - Resistência térmica dissipador-ambiente.

Para a realização dos cálculos, retirou-se da folha de dados do IRF3205 (IOR, 2001) as seguintes informações:

$$R_{jc} = 0,75 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R_{cd} = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$T_j \cong 150 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Portanto:

$$\frac{T_j - T_a}{P} = R_{jc} + R_{cd} + R_{da}$$

$$R_{Da} = \frac{T_j - T_a}{P} - R_{jC} - R_{cD}$$

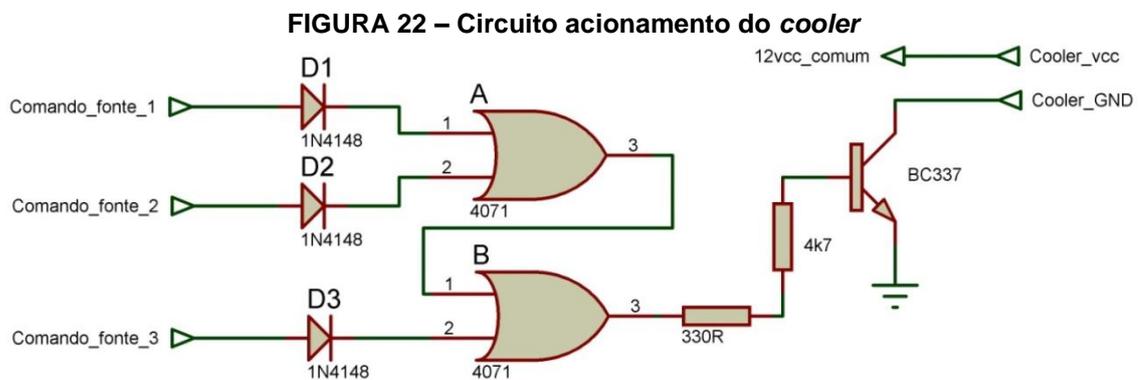
Supondo um caso extremo, onde $i_d = 40A$ e portanto $T_j \cong 150\text{ }^\circ\text{C}$, e supondo ainda $T_a = 40\text{ }^\circ\text{C}$, tem-se:

$$R_{Da} = \frac{150^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}}{12,8\text{ W}} - 0,5 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} - 0,75 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} = 7,34^\circ\text{C/W}$$

Portanto, a resistência térmica dissipador/ambiente deve ser igual ou inferior a $7,34^\circ\text{C/W}$.

Foi escolhido uma caixa em alumínio com aletas na sua superfície, nas dimensões de $45 \times 87 \times 153\text{mm}$ (altura x largura x comprimento), prevendo assim um dimensionamento acima do necessário. Desta forma, garante-se que além de não extrapolar as temperaturas máximas dos dispositivos, diminuindo o risco de danificá-los, o Seletor de Fonte não operará com sobreaquecimento, o que poderia diminuir o seu desempenho. Como uma forma adicional de proteção contra sobreaquecimento, adotou-se a inclusão de uma ventoinha que opera nos momentos de maior consumo de potência pelos *mosfets*.

Para acionar a ventoinha, não dispondo de meio físico para levar o sinal do microcontrolador da placa superior à placa inferior, foi desenvolvido um circuito lógico para comutar através dos sinais enviados aos optoacopladores 4N25 sem que haja cruzamento de sinais. Um circuito integrado CD4071 composto por 4 portas OR, em conjunto com diodos de proteção 1N4148, realizam a tarefa de isolar cada sinal, sendo um transistor BC337 NPN o responsável por ligar/desligar a ventoinha, conforme ilustrado na Figura 22.



FONTE: O autor (2019)

3.5 PROJETO DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO E MONTAGEM

Todo o circuito descrito no texto foi testado em uma placa de ensaio para garantir que o mesmo atue conforme o planejado. Apenas após esta etapa foi possível dimensionar o tamanho das placas de circuito impresso e escolher a caixa externa onde todo o circuito foi instalado. As placas de circuito impresso foram projetadas no *software* livre *KiCad* versão 5.0.2.

No desenvolvimento dos esquemáticos no *KiCad*, mostrados no Apêndice B, ficou claro que todo o circuito teria que ser dividido em duas placas de circuito impresso devido às dimensões envolvidas. A placa superior foi definida como a placa de controle, onde é disposto o microcontrolador, *leds*, o *display* de 7 segmentos e os *trimpots* de ajuste da aquisição de tensão. Já a parte de potência dos *mosfets*, os optoacopladores, o regulador de tensão e as conexões de potência foram implementados na placa inferior. Ambas placas são interligadas por um conector para cabo *flat* de 10 vias, responsável por transmitir a tensão de alimentação e os sinais de baixa potência entre as duas placas.

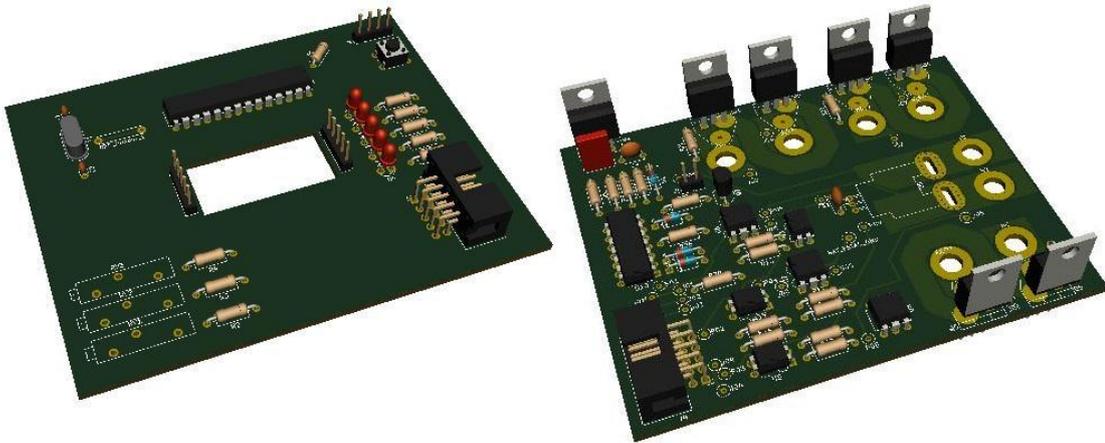
As placas de circuito impresso ficaram ambas com as dimensões finais de 100x79mm. No caso da placa superior, foi determinado o uso de uma placa com uma face de cobre com espessura de 1 oz. Já no caso da placa inferior, onde está localizada a passagem de potência com correntes de até 40 A, foi necessário o estudo da quantidade de cobre e espessura de trilha necessária para suportar tal corrente.

Baseado na norma técnica IPC-2221 (IPC, 1998), que fornece os princípios básicos para o projeto de placa de circuito impresso, para o caso de uma espessura de 3 oz/ft², a largura de uma trilha que conduz 40 A deve ter 16,2mm assumindo um aumento de temperatura de 10°C, 10,7mm assumindo um aumento de temperatura de 20°C e 8,33mm assumindo um aumento de temperatura de 30°C. Como a dissipação térmica do dispositivo está sobredimensionada e o mesmo possui refrigeração forçada por ventoinha, foi possível adotar espessuras mais finas, aceitando aumentos de temperatura maiores na placa. Os valores citados foram obtidos através da extrapolação das curvas mostradas nas tabelas da norma IPC-2221 (IPC, 1998), uma vez que as mesmas fornecem informações apenas para correntes de até 35 A.

Assim, por espaço físico e demanda do projeto, uma placa de 3 oz de espessura de cobre em dupla face foi utilizada dividindo a corrente nas duas faces

com trilhas de 5mm em cada lado, gerando uma suposta trilha com largura equivalente a 10mm.

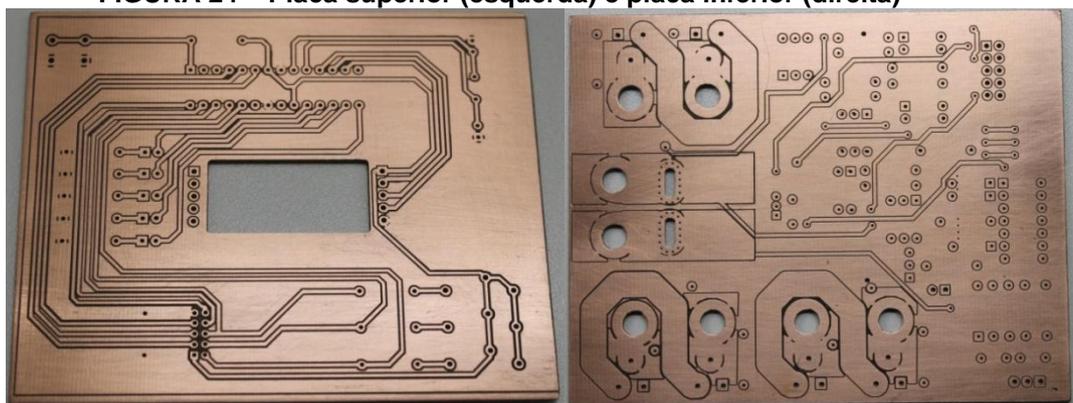
FIGURA 23 – Layout da placa superior (esquerda) e placa inferior (direita)



FONTE: O autor (2019)

Após o projeto das placas, cujo layout é mostrado na Figura 23, foram gerados os arquivos *gerber* no *KiCad*, os quais codificam onde será cada ilha, trilha e limites físicos das placas. Com estes arquivos, passou-se para a etapa de confecção das placas de circuito através de usinagem em *CNC Router*, com posterior aplicação de verniz de proteção. Na Figura 24, são mostradas as placas confeccionadas conforme descrito.

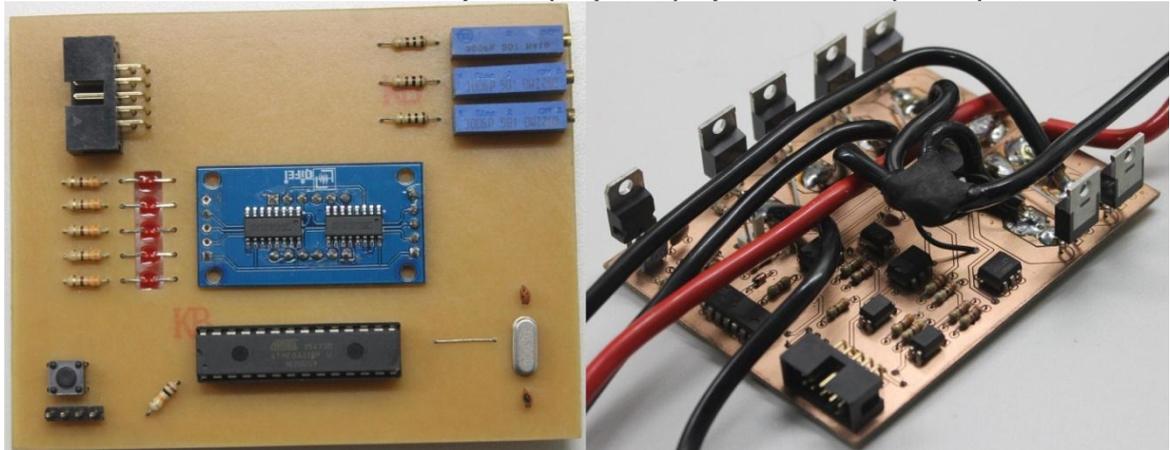
FIGURA 24 – Placa superior (esquerda) e placa inferior (direita)



FONTE: O autor (2019)

Após, procedeu-se a etapa de montagem dos componentes eletrônicos nas placas, conforme ilustrado na Figura 25.

FIGURA 25 - Placa superior (esquerda) e placa inferior (direita)

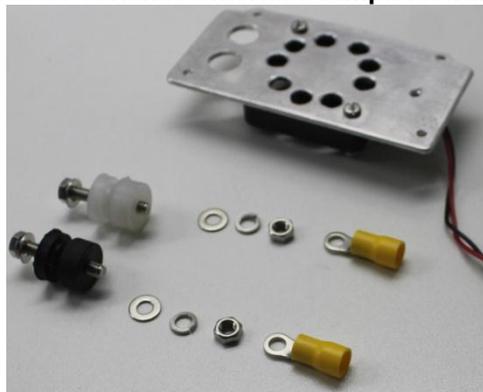


FONTE: O autor (2019)

Nesta etapa, foi tomado cuidado para não realizar curto circuito entre trilhas por excesso de estanho; sendo assim, todas as soldas foram verificadas com o auxílio de um multímetro para verificação de continuidade. Para ligação dos bornes de conexão externa, utilizou-se fio flexível de 6 mm^2 , adequado para a magnitude das correntes envolvidas. Todos os *mosfets* foram montados com isolante de silicone e receberam aplicação de pasta térmica na montagem com o dissipador de calor.

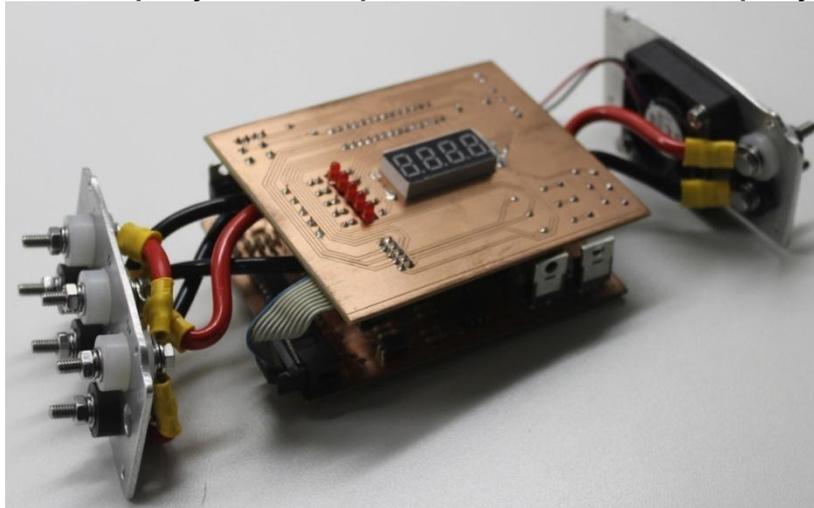
Na montagem final, as duas placas foram fixadas dentro da caixa de alumínio e conectadas aos bornes de conexão externa. Os *mosfets* foram pressionados mecanicamente contra as laterais da caixa em alumínio, cuja finalidade é a dissipação de calor gerado nos *mosfets* e no Seletor de Fonte em geral. Estas etapas da montagem são mostradas nas Figuras 26 a 28. Na Figura 29, é mostrado o Seletor de Fonte totalmente montado.

FIGURA 26 – Bornes de conexão externa e tampa lateral do cooler



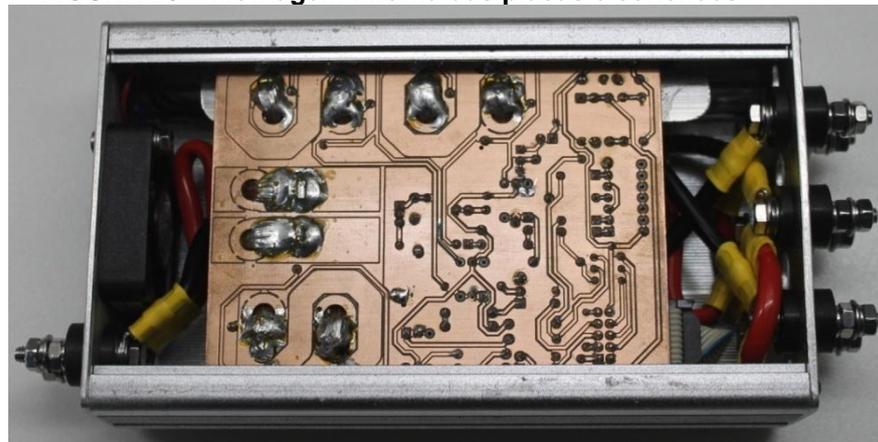
FONTE: O autor (2019)

FIGURA 27 – Disposição final das placas interconectadas e sua posição final



FONTE: O autor (2019)

FIGURA 28 – Montagem interna das placas e conexões



FONTE: O autor (2019)

FIGURA 29 – Apresentação final do produto



FONTE: O autor (2019)

4 TESTES E RESULTADOS

Ao longo do desenvolvimento do projeto e para a realização dos testes finais, foram utilizados diversos equipamentos, sendo eles fontes de tensão, multímetros e osciloscópio, entre outros.

O primeiro teste realizado foi para verificar o correto funcionamento do *display* e os *LEDs* de interface com o usuário. Na Figura 30, são mostradas cada situação que pode ocorrer durante o funcionamento do dispositivo. No quadro “A”, é mostrado o seletor de fonte com indicação de desligado, onde não há nenhuma fonte com tensão suficiente para carga. Esta tela, após quatro segundos, fica alternando-se com a tela do quadro “B”, a qual indica a tensão da bateria estacionária.

Quando o seletor de fonte está carregando a bateria, as informações mostradas ficam trocando a cada 4 segundos com as informações de tensão da bateria estacionária, tensão da fonte que está ligada fornecendo carga, que pode ser a do quadro “C”, do quadro “D” ou quadro “E” da Figura 30, intercalando também com a indicação de corrente de carga, mostrada no quadro “F”.

Todo o funcionamento do *display* foi verificado, funcionando conforme disposto na lógica de programação do Apêndice A.

FIGURA 30 – Informações apresentadas no *display*

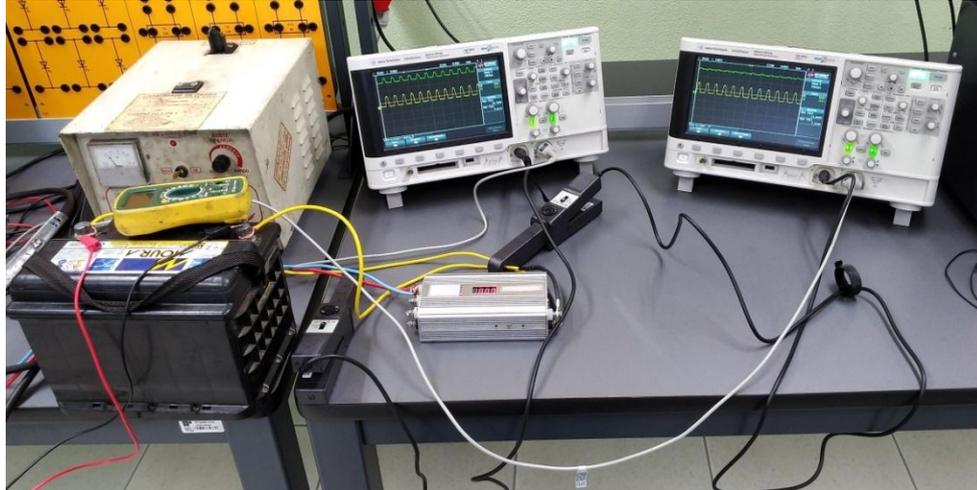


FONTE: O autor (2019)

O segundo teste realizado no seletor de fonte foi para verificar seu rendimento através da leitura da potência de saída dividida pela potência de entrada. O ensaio em bancada utilizou um carregador de baterias automotivo, dois

osciloscópios dotados de uma ponteira de corrente e uma ponteira de tensão cada, uma bateria chumbo-ácida de 12 V e o seletor de fonte, conforme pode ser visto na Figura 31.

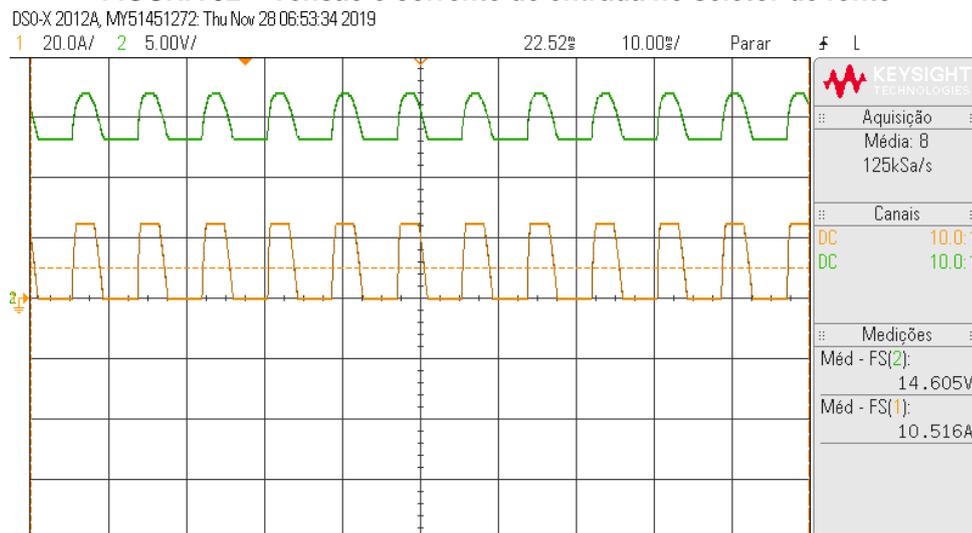
FIGURA 31 – Foto do ensaio de rendimento do seletor de fonte



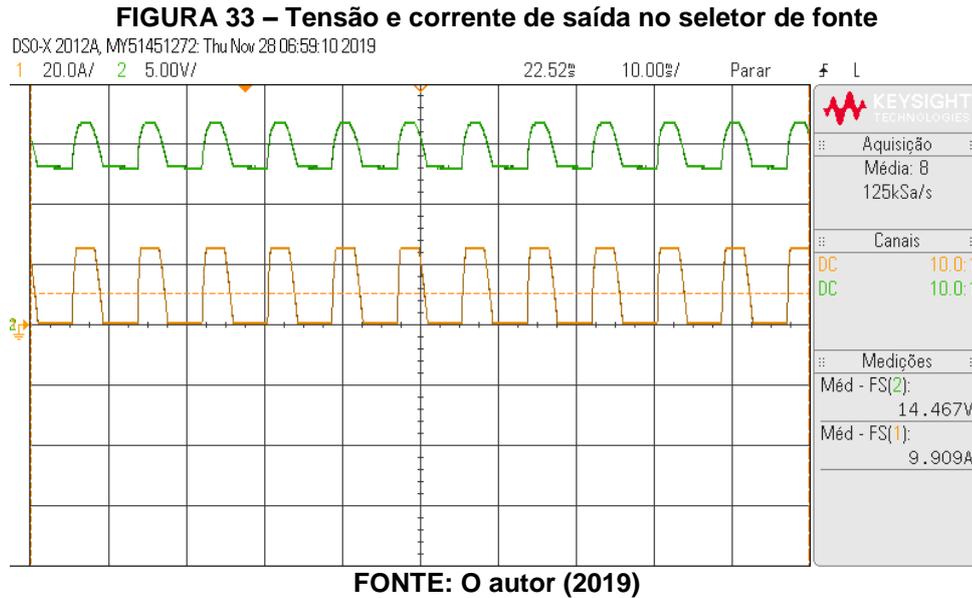
FONTE: O autor (2019)

Foram utilizados dois osciloscópios para que as referências de tensão da entrada e da saída ficassem isoladas, assim cada equipamento teve sua tela salva através da funcionalidade de caputra de tela via porta de saída USB. Na Figura 32 e Figura 33, são mostradas as tensões e correntes fornecidas pelo carregador de bateria em meia onda.

FIGURA 32 – Tensão e corrente de entrada no seletor de fonte



FONTE: O autor (2019)



Multiplicando a tensão de entrada pela corrente de entrada, chega-se a um valor de potência 153,59 W. Na saída, a potência calculada ficou em 143,35 W. Realizando a divisão da potencia de saída pela potencia de entrada multiplicado por 100%, obtém-se o rendimento de 93,33% para o seletor de fonte em operação, cumprindo com as expectativas.

Também realizou-se a medição de corrente do seletor de fonte quando o mesmo não está comutando nenhum dos *MOSFETs*. Com o regulador LM7805 a corrente de consumo foi de 126,4 mA, enquanto que com o módulo *buck*, a corrente medida com as mesmas características de ensaio foi de 62,2 mA. Como o seletor de fonte fica ligado continuamente na bateria estacionária, quanto menor for seu consumo, melhor será a autonomia da bateria. Desta forma, constatou-se que a substituição do regulador de tensão LM7805 pelo módulo conversor *buck* HW-613 trouxe economia de consumo de corrente do equipamento.

5 CONCLUSÃO

O seletor eletrônico de fonte para carregamento de bateria estacionária em veículos de recreação surgiu da necessidade de automatizar uma tarefa que em muitos casos é realizava manualmente pelo usuário do VR. Realizou-se o estudo para solucionar tal problema e uma pesquisa de mercado para identifica soluções existentes e custos envolvidos.

Após o estudo de diversos componentes e formas para a realização da tarefa, sempre na busca pelo tamanho reduzido do produto final e com menores perdas de potência de entrada para a saída, foi desenvolvido um seletor eletrônico de fonte de baixo custo. Com a utilização de microcontrolador para gerir a lógica de funcionamento aliado a uma instrumentação confiável, chegou-se no produto “cabeça-de-série”, que em breve será posto em funcionamento em veículo de recreação.

No dispositivo desenvolvido, é possível utilizar uma, duas ou até três fontes de carga através da lógica do programa aplicado a seleção das mesmas, deixando flexível ao usuário a escolha que lhe convier. Esta funcionalidade se mostra uma vantagem em comparação às alternativas encontradas no mercado. Assim, o usuário que não dispor das 3 fontes pode utilizar o seletor com a quantidade que dispor, e após realizar as demais ligações sem haver necessidade de alguma modificação no produto. Desta maneira, as atualizações em VR podem ser realizadas gradualmente.

A interface homem máquina via *display* de 7 segmentos e 4 dígitos, associado a uma sequência de *LED* o qual referencia os dados do *display*, exibiu de forma simples e direta as informações. Num primeiro protótipo onde era utilizada uma tela de LCD, as inúmeras informações mostradas poderiam confundir o usuário a verificar o funcionamento do sistema, tornando o uso do seletor menos prático.

Um dos objetivos que visava um produto de baixo custo e de fabricação com componentes a venda no mercado nacional foi alcançado. No Apêndice C consta a lista de componentes e seus respectivos valores, incluindo em alguns casos o valor do frete para entrega, chegando a um preço final de 355,87 reais. Tendo em vista que não se optou por pesquisa de menor custo, compra em grande quantidade, ou compra por pessoa jurídica, esse valor ainda pode ser reduzido consideravelmente, impactando num preço menor se adotada uma produção em larga escala.

Algumas melhorias ainda podem ser realizadas, como simplificar o circuito de acionamento da ventoinha de refrigeração, acionando a mesma por um pino de saída do microcontrolador. Na versão final do dispositivo apresentada neste trabalho, não foram incluídos fusíveis internos de proteção contra sobre corrente, os quais devem ser colocados externamente, sendo o próximo passo a ser realizado para melhoria do seletor.

Assim, conclui-se que o presente projeto cumpriu com os objetivos propostos. Com as pequenas sugestões de melhorias realizadas, atualizado o layout das placas de circuito impresso, o mesmo será enviado para uma empresa especializada para a confecção de placa de circuito impresso nos padrões do mercado.

6 REFERÊNCIAS

AHMED, Ashfaq. **Eletrônica de Potência**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000. 479 f.

ANTON, Howard; BIVENS, Irl; DAVIS, Stephen. **Cálculo Volume 2**. 10.ed. Bookman: Porto Alegre.

ARDUINO E CIA. **Contador com módulo display 4 dígitos 74HC595**. 2016. Disponível em: <<https://www.arduinoecia.com.br/contador-com-modulo-display-4-digitos-74HC595/>> Acesso em: 10 nov. 2019

BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. **Instrumentação e fundamentos de medidas volume 1**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

BARBI, I; Martins, D. C. **Projeto de Fontes Chaveadas** Florianópolis. Edição do Autor, 2001.

BARCO NOVO. **Loja Náutica Curitiba – Relé Automático de Carga Isolador de Bateria / 140 A**. Disponível em: < <https://www.barconovo.com/rele-automatico-de-carga-isolador-de-baterias-140a-p2153>> Acesso em: 13 nov. 2019

BERTONHA, Eduardo. **Microcontroladores 8051**. UTFPR: Curitiba, 2007.

BRASIL. Lei n. 9503, de 23 de setembro 1997. Código de Trânsito Brasileiro. **Artigo 143. Os candidatos poderão habilitar-se nas categorias de A a E, obedecida a seguinte graduação**. 1997 Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm>. Acesso em: 18 out. 2019

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Estatísticas - Frota de Veículos – DENATRAN**. 2016 Disponível em: <<https://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estat%C3%ADsticas-frota-de-ve%C3%ADculos-denatran.html>>. Acesso em: 14 set. 2019

BLUE SEA, Systems; **Mini Add-A-Battery Kit – 65A**. 2019. Disponível em: <[https://www.blueseasystems.com/products/7649/Mini Add-A-Battery Kit - 65A](https://www.blueseasystems.com/products/7649/Mini-Add-A-Battery-Kit-65A)> Acesso em: 02 nov. 2019

CRUZ, Eduardo Cesar Alves; CHOUERI JÚNIOR, Salomão. **Eletrônica Aplicada**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.

ELECTRODRAGON. **DC Buck Step-Down Power Module, 3^a/24V, MP2315**. 2019. Disponível em: <<https://www.electrodragon.com/product/dc-buck-step-power-module-3a24v-mp2315/>> Acesso em: 10 nov. 2019

IRF, International Rectifier, **IRF3205 HEXFET Power MOSFET**. 2001. Disponível em: <<http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irf3205.pdf>> Acesso em: 28 out. 2019

IPC, Association Connecting Electronics Industries. **ANSI IPC-2221 Generic Standard on Printed Board Design**. 1998. Disponível em: <<http://www.ipc.org/TOC/IPC-2221.pdf>> Acesso em: 28 out. 2019

LIMA, Charles Borges de; VILLAÇA, Marco Valério Miorim. **AVR e Arduino: Técnicas de Projeto**. 2. ed. – Florianópolis: Ed. dos autores, 2012.

MALVINO, Albert Paul; BATES, David J. **Eletrônica: volume 1**. – 7. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2007.

MICROCHIP, Technology Inc. **ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P**. 2018. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061A.pdf>> Acesso em: 3 nov. 2019

PIVARI, Marcos; **Parte Elétrica do RV**. 2000. Disponível em: <https://macamp.com.br/parte_eletrica/>. Acesso em: 31 ago. 2019

PIVARI, Marcos; **Histórico do Campismo**. 2010. Disponível em: <<https://macamp.com.br/historico-3/>>. Acesso em: 25 ago. 2019

PIVARI, Marcos; **A Indústria Brasileira de Motor Homes Produziu em 2015 cerca de 230 Veículos**. 2016 Disponível em: <<https://macamp.com.br/industria-brasileira-de-motor-homes-produziu-em-2015-cerca-de-230-veiculos/>>. Acesso em: 25 ago. 2019

PIVARI, Marcos; **Carteira de Habilitação Para Rebocar Trailer: Ainda Há Dúvidas**. 2019. Disponível em: <https://macamp.com.br/carteira_de_habilitacao_para_rebocar_trailer_ainda_ha_duvidas/>. Acesso em: 25 ago. 2019

RASHID, Muhammad H. **Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações**. São Paulo: Makron Books, 1999.

SEED STUDIO, **Grove - 4-Digit Display**. 2015. P.8. Disponível em: <https://www.mouser.com/datasheet/2/744/Seed_104030003-1217744.pdf> Acesso em: 20 out. 2019

ST, Microelectronics. **Positive voltage regulator ICs**. 2018. Disponível em: <<https://www.st.com/resource/en/datasheet/l78.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2019

TINSHARP, Industrial Co., Ltd; **LCM MODULE TC2004A-01**. 2009. P.5. Disponível em: <<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TC2004A-01.pdf>> Acesso em: 20 out. 2019

TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L. **Sistemas Digitais – princípios e aplicações**. 11ª. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

VISHAY, Semiconductors. **4N25, 4N26, 4N27, 4N28**. 2010. Disponível em: <<https://www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2019

XANTREX; ***Freedom Sequence Intelligent Power Manager (EMS)***. 2019.
Disponível em: < <http://www.xantrex.com/power-products/power-accessories/freedom-sequence-ems-power-manager.aspx>> Acessado em: 02 nov.
2019

APÊNDICE A – Programa do microcontrolador

```
#include <TM74HC595Display.h>
#include <TimerOne.h>

#define COM_ALT 2
#define COM_FONT 3
#define COM_PLACA 4
#define LED_BAT_EST 13
#define LED_ALT 12
#define LED_FONT 11
#define LED_PLACA 10
#define LED_CORRENTE 9

//-----Declaração de variaveis-----
const int ALT = A1;
const int FONTE_AC = A2;
const int PLACA_SOLAR = A3;
const int BAT_EST = A4;
const int CORRENTE = A5;

int SCLK = 7;
int RCLK = 6;
int DIO = 5;

int i = 0;
int mVperAmp = 60;
double soma = 0;
double Voltage = 0;
double AmpsE = 0;
double amp = 0;
double offset = 620;
float leitura_bits = 0;
float V_ALT;
float V_FONT;
float V_PLACA;
float V_BAT;
long adquire = 0;
long cont_ad = 0;
long temp_calibra = 0;
```

```

long temp_mostra = 0;
long temp_reset = 0;

TM74HC595Display disp(SCLK, RCLK, DIO);
unsigned char LED_0F[29];

//-----Inicio das configurações-----
void setup()
{
    LED_0F[0] = 0xC0; //0
    LED_0F[1] = 0xF9; //1
    LED_0F[2] = 0xA4; //2
    LED_0F[3] = 0xB0; //3
    LED_0F[4] = 0x99; //4
    LED_0F[5] = 0x92; //5
    LED_0F[6] = 0x82; //6
    LED_0F[7] = 0xF8; //7
    LED_0F[8] = 0x80; //8
    LED_0F[9] = 0x90; //9
    LED_0F[13] = 0xA1; //d
    LED_0F[14] = 0x86; //E
    LED_0F[25] = 0x92; //S
    LED_0F[20] = 0xC3; //L
    LED_0F[28] = 0xFE; //hight -
    Timer1.initialize(1500);
    Timer1.attachInterrupt(timerIsr);

    pinMode(A1, INPUT);
    pinMode(A2, INPUT);
    pinMode(A3, INPUT);
    pinMode(A4, INPUT);
    pinMode(A5, INPUT);
    pinMode(COM_ALT, OUTPUT);
    pinMode(COM_FONT, OUTPUT);
    pinMode(COM_PLACA, OUTPUT);
    pinMode(LED_BAT_EST, OUTPUT);
    pinMode(LED_ALT, OUTPUT);
    pinMode(LED_FONT, OUTPUT);
    pinMode(LED_PLACA, OUTPUT);
    pinMode(LED_CORRENTE, OUTPUT);
    digitalWrite(LED_BAT_EST, LOW);

```

```
digitalWrite(LED_ALT, LOW);
digitalWrite(LED_FONT, LOW);
digitalWrite(LED_PLACA, LOW);
digitalWrite(LED_CORRENTE, LOW);
digitalWrite(COM_ALT, LOW);
digitalWrite(COM_FONT, LOW);
digitalWrite(COM_PLACA, LOW);
adquire = millis();
cont_ad = millis();
temp_calibra = millis();
temp_reset = millis();
}

void loop()
{
  if (millis() - adquire >= 1000)
  {
    if (millis() - cont_ad >= 50)
    {
      leitura_bits = analogRead(ALT);
      V_ALT = float(-0.025923573*leitura_bits+29.6888);
    }

    if (millis() - cont_ad >= 60)
    {
      leitura_bits = analogRead(FONTE_AC);
      V_FONT = float(-0.025923573*leitura_bits+29.6888);
    }

    if (millis() - cont_ad >= 70)
    {
      leitura_bits = analogRead(PLACA_SOLAR);
      V_PLACA = float(-0.025923573*leitura_bits+29.6888);
    }

    if (millis() - cont_ad >= 80)
    {
      leitura_bits = analogRead(BAT_EST);
      V_BAT = float(leitura_bits*0.0201);
    }
  }
}
```

```

    if (millis() - cont_ad >= 100)
    {
        soma = 0;
        for(i=0;i<30;i++)
        {
            leitura_bits = analogRead(CORRENTE);
            Voltage = (leitura_bits / 1024.0) * 5000;
            if(Voltage <= offset)
            {
                Voltage = offset;
            }
            amp = ((Voltage - offset) / mVperAmp);
            soma = amp + soma;
        }
        AmpsE = soma / 30;
        cont_ad = millis();
        adquire = millis();
    }
}

if((V_ALT <= 13) && (V_FONT <= 13) && (V_PLACA <= 13))
{
    ind_desl();
    calibra();
}
else
{
    if((V_FONT) >= 13)
    {
        ind_font();
        digitalWrite(COM_ALT,LOW);
        digitalWrite(COM_PLACA,LOW);
        digitalWrite(COM_FONT,HIGH);
        temp_calibra = millis();
        if((AmpsE) <= 0.1 && millis()- temp_reset >= 10000)
        {
            digitalWrite(COM_ALT,LOW);
            digitalWrite(COM_FONT,LOW);
            digitalWrite(COM_PLACA,LOW);
            temp_reset = millis();
        }
    }
}

```

```

    }
    else if((V_ALT) >= 13 && (V_FONT) < 12)
    {
        ind_alt();
        digitalWrite(COM_FONT,LOW);
        digitalWrite(COM_PLACA,LOW);
        digitalWrite(COM_ALT,HIGH);
        temp_calibra = millis();
        if((AmpsE) <= 0.1 && millis()- temp_reset >= 10000)
        {
            digitalWrite(COM_ALT,LOW);
            digitalWrite(COM_FONT,LOW);
            digitalWrite(COM_PLACA,LOW);
            temp_reset = millis();
        }
    }
    else if((V_PLACA) >= 13 && (V_ALT) < 12 && (V_FONT) < 12)
    {
        ind_placa();
        digitalWrite(COM_ALT,LOW);
        digitalWrite(COM_FONT,LOW);
        digitalWrite(COM_PLACA,HIGH);
        temp_calibra = millis();
        if((AmpsE) <= 0.1 && millis()- temp_reset >= 10000)
        {
            digitalWrite(COM_ALT,LOW);
            digitalWrite(COM_FONT,LOW);
            digitalWrite(COM_PLACA,LOW);
            temp_reset = millis();
        }
    }
}

void timerIsr()
{
    disp.timerIsr();
}

```

```

void calibra()
{
    if(millis() - temp_calibra >= 30000)
    {

```

```

        offset = (leitura_bits / 1024.0) * 5000;
        temp_calibra = millis();
    }
}

void ind_alt()
{
    if(millis() - temp_mostra >= 4000 && millis() - temp_mostra <= 7500)
    {
        digitalWrite(LED_BAT_EST, LOW);
        digitalWrite(LED_ALT, LOW);
        digitalWrite(LED_FONT, LOW);
        digitalWrite(LED_PLACA, LOW);
        digitalWrite(LED_CORRENTE, LOW);
        disp.displayFloat(V_ALT, 2);
        digitalWrite(LED_ALT, HIGH);
    }
    if(millis() - temp_mostra >= 8000)
    {
        digitalWrite(LED_ALT, LOW);
        disp.displayFloat(V_BAT, 2);
        digitalWrite(LED_BAT_EST, HIGH);
        if(millis() - temp_mostra >= 12000)
        {
            digitalWrite(LED_BAT_EST, LOW);
            disp.clear();
            disp.displayFloat(float(AmpsE), 2);
            digitalWrite(LED_CORRENTE, HIGH);
            temp_mostra = millis();
        }
    }
}

void ind_desl()
{
    digitalWrite(COM_ALT, LOW);
    digitalWrite(COM_FONT, LOW);
    digitalWrite(COM_PLACA, LOW);
    if(millis() - temp_mostra >= 4000)
    {
        digitalWrite(LED_BAT_EST, LOW);
        digitalWrite(LED_ALT, LOW);
        digitalWrite(LED_FONT, LOW);
        digitalWrite(LED_PLACA, LOW);
        digitalWrite(LED_CORRENTE, LOW);
        disp.set(LED_0F[13], 3);
        disp.set(LED_0F[14], 2);
        disp.set(LED_0F[25], 1);
        disp.set(LED_0F[20], 0);
        if(millis() - temp_mostra >= 8000)
        {
            disp.displayFloat(V_BAT, 2);
            digitalWrite(LED_BAT_EST, HIGH);
            temp_mostra = millis();
        }
    }
}

void ind_font()
{
    if(millis() - temp_mostra >= 4000 && millis() - temp_mostra <= 7500)
    {
        digitalWrite(LED_BAT_EST, LOW);
        digitalWrite(LED_ALT, LOW);
    }
}

```

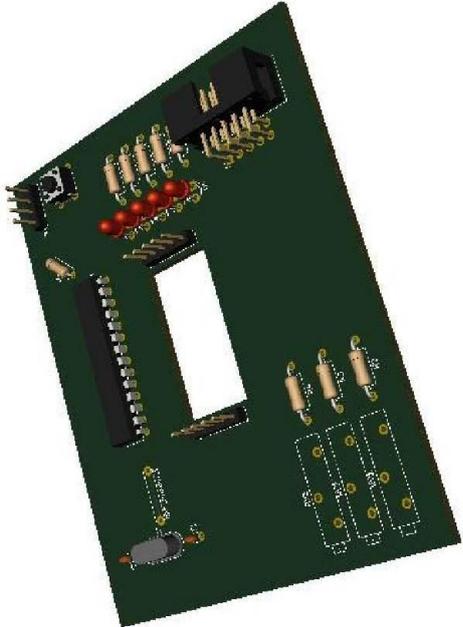
```

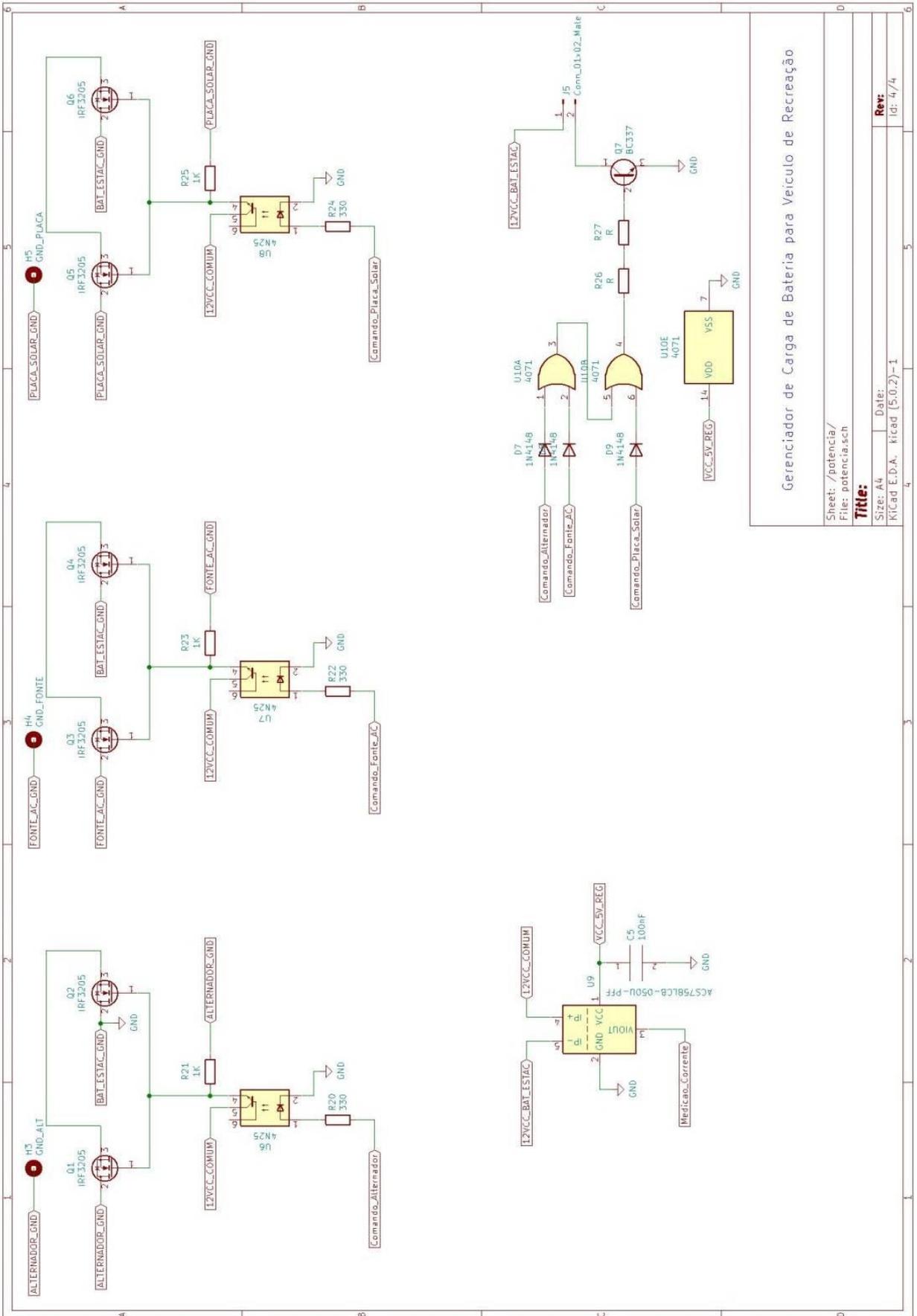
        digitalWrite(LED_FONT, LOW);
        digitalWrite(LED_PLACA, LOW);
        digitalWrite(LED_CORRENTE, LOW);
        disp dispFloat(V_FONT, 2);
        digitalWrite(LED_FONT, HIGH);
    }
    if(millis() - temp_mostra >= 8000)
    {
        digitalWrite(LED_FONT, LOW);
        disp dispFloat(V_BAT, 2);
        digitalWrite(LED_BAT_EST, HIGH);
        if(millis() - temp_mostra >= 12000)
        {
            digitalWrite(LED_BAT_EST, LOW);
            disp.clear();
            disp dispFloat(float(AmpsE), 2);
            digitalWrite(LED_CORRENTE, HIGH);
            temp_mostra = millis();
        }
    }
}

void ind_placa()
{
    if(millis() - temp_mostra >= 4000 && millis() - temp_mostra <= 7500)
    {
        digitalWrite(LED_BAT_EST, LOW);
        digitalWrite(LED_ALT, LOW);
        digitalWrite(LED_FONT, LOW);
        digitalWrite(LED_PLACA, LOW);
        digitalWrite(LED_CORRENTE, LOW);
        disp dispFloat(V_PLACA, 2);
        digitalWrite(LED_PLACA, HIGH);
    }
    if(millis() - temp_mostra >= 8000)
    {
        digitalWrite(LED_PLACA, LOW);
        disp dispFloat(V_BAT, 2);
        digitalWrite(LED_BAT_EST, HIGH);
        if(millis() - temp_mostra >= 12000)
        {
            digitalWrite(LED_BAT_EST, LOW);
            disp.clear();
            disp dispFloat(float(AmpsE), 2);
            digitalWrite(LED_CORRENTE, HIGH);
            temp_mostra = millis();
        }
    }
}

```

APÊNDICE B – Esquemático circuito *KiCad*

			<p>Gerenciador de Carga de Bateria para Veículo de Recreação</p> <table border="1"><tr><td>Sheet: /</td><td>Sheet: potencia</td></tr><tr><td>File: gerenciador_v2.sch</td><td>File: potencia.sch</td></tr><tr><td>Title:</td><td>File: potencia.sch</td></tr><tr><td>Size: A4</td><td>File: instrumentacao.sch</td></tr><tr><td>KiCad: E.D.A. - kicad (5.0.2)-1</td><td>File: instrumentacao.sch</td></tr><tr><td>Date:</td><td>File: controlador.sch</td></tr><tr><td>Rev:</td><td>File: controlador.sch</td></tr><tr><td>Id: 1/4</td><td></td></tr></table>	Sheet: /	Sheet: potencia	File: gerenciador_v2.sch	File: potencia.sch	Title:	File: potencia.sch	Size: A4	File: instrumentacao.sch	KiCad: E.D.A. - kicad (5.0.2)-1	File: instrumentacao.sch	Date:	File: controlador.sch	Rev:	File: controlador.sch	Id: 1/4	
Sheet: /	Sheet: potencia																		
File: gerenciador_v2.sch	File: potencia.sch																		
Title:	File: potencia.sch																		
Size: A4	File: instrumentacao.sch																		
KiCad: E.D.A. - kicad (5.0.2)-1	File: instrumentacao.sch																		
Date:	File: controlador.sch																		
Rev:	File: controlador.sch																		
Id: 1/4																			



Gerenciador de Carga de Bateria para Veiculo de Recreação

Sheet: /potencia/
 File: potencia.sch

Title:

Size: A4 Date:
 KiCad E.D.A. kicad (5.0.2)-1

Rev:
 Id: 4/4

APÊNDICE C – Lista de componentes utilizados

Abaixo segue uma tabela com os componentes utilizados para a confecção deste projeto do Gerenciador de Energia para Veículos de Recreação. Os valores são compostos do valor do componente e do frete caso não disponha dos mesmos para compra direta em lojas locais.

Componentes Eletrônicos				
Tipo	Modelo	Quantidade	Valor	Frete
microcontrolador	atmega328p	1	19,90	18,00
optoacoplador	817B	3	2,00	0,00
optoacoplador	4n25	3	1,50	0,00
crystal oscilador	16MHz	1	1,50	0,00
<i>mosfet</i>	IRF3205	6	5,50	0,00
regulador de tensão	Buck 5 V modelo HW-631	1	3,00	5,00
<i>trimpot</i> multivolta	3006P 500Ω	3	3,00	0,00
resistor	variados	19	0,30	0,00
capacitor	100nF	2	0,15	0,00
capacitor	330nF	1	1,50	0,00
capacitor	22pF	2	0,10	0,00
soquete ci	dip 28	1	0,50	0,00
porta lógica	CD4071	1	2,40	0,00
transistor	BC337	1	0,50	0,00
botão	chave tãctil	1	0,50	0,00
sensor de corrente	ACS758-050U	1	46,00	20,90
módulo <i>display</i>	tm1637	1	15,90	10,90
<i>LED</i>	3mm	5	0,20	0,00
placa 1 face	80x100mm	1	1,25	0,00
placa 2 faces	80x100mm	1	6,00	10,00
diodo	1N4148	3	0,30	0,00
conector <i>flat</i> pcb	<i>header</i> perfil baixo 90° 10 vias	2	5,40	0,00
conector <i>flat</i> fêmea	10 pinos para <i>flat</i>	2	2,00	0,00
<i>flat</i>	cabo <i>flat</i> 10 vias 0,05m	1	0,10	0,00
<i>cooler</i>	40x40x10 12V	1	17,00	0,00

Outros				
caixa alumínio padrão	96x45x140mm	1	40,79	31,03
conector	borne p/pino banana	8	2,85	0,00
fios	diversos	1	10,00	0,00
parafusos	diversos	1	2,00	0,00
verniz protetivo	diversos	1	1,00	0,00
			Totais	262,04
			Total	357,87