

Projeto de estrutura eletromecânica para monitoramento e gestão energética e térmica de módulo de coleta de dados em veículos usados no transporte urbano

Palavras-Chave: COLETA DE DADOS EM TEMPO-REAL, SISTEMA DE TRANSPORTE, HARDWARE E SOFTWARE

Autores:

MATEUS ALVES SILVA, FEEC, UNICAMP

Prof. Dr. MADSON CORTES DE ALMEIDA, FEEC, UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A necessidade de aumentar uso de energias limpas para automóveis está se tornando cada vez mais importante na atualidade. Na medida que são responsáveis por grande parte das emissões de gases estufas emitidas no Brasil devido uso de combustíveis fósseis [1]. Para mudar este cenário a transição para mobilidade elétrica vem se tornando uma alternativa promissora, na medida que, estima-se que até 2040 os ônibus elétricos serão cerca de 70% da frota global no segmento [2]. Contextualizando a problemática em um país como o Brasil onde o uso desses veículos é majoritariamente no transporte público [3] essa alternativa se mostra ainda mais favorável.

No entanto a transição para mobilidade elétrica não é uma tarefa trivial e para aumentar a sua eficiência e velocidade deve se fazer do uso de informações coletadas no ambiente dos transportes públicos, já que elas podem ajudar a estimar o gasto energético e os custos operacionais dos ônibus, além de analisar o trânsito e a qualidade das vias, trazendo soluções eficientes não só para a mobilidade elétrica, mas também para a mobilidade urbana, melhorando a qualidade de vida da população e também corroborando a sustentabilidade do País.

Nesse contexto, atualmente o nosso grupo de pesquisa desenvolve o projeto intitulado “Sistema inteligente de monitoramento em tempo real e análise de desempenho de ônibus elétricos e convencionais usados no transporte coletivo” com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico com a finalidade de auxiliar esse processo criando um ambiente de pesquisa com um sistema de monitoramento para ônibus de transporte coletivo. Para solucionar essa demanda faz-se necessária a implementação de um sistema inteligente de monitoramento e com a análise de desempenho é possível adquirir esses dados de forma eficaz e confiável.

Portanto, o propósito deste projeto é criar um encapsulamento eletromecânico que proteja o sistema das altas temperaturas que ocorrem em veículos de transporte público, especialmente em países tropicais como o Brasil. Além disso, deve garantir o funcionamento correto de um módulo central de coleta de dados desses ônibus, elétricos e convencionais, com um sistema de carregamento autônomo. O sistema também deve enviar os dados de temperatura e carga do aparelho para um servidor online que terá uma interface web para sua visualização.

METODOLOGIA:

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado a estratégia de versionamento, o projeto foi segmentado em estrutura mecânica, circuito eletrônico e software e firmware. Essas três divisões foram ganhando atualizações com melhorias e mudanças no decorrer do seu desenvolvimento o que gerou várias versões do projeto. A metodologia de desenvolvimento de cada segmento será descrita a seguir

• ESTRUTURA MECÂNICA

Para a criação do invólucro, modelamos em 3D a estrutura completa, planejando como o smartphone, o circuito eletrônico com os sistemas de resfriamento e de carregamento seriam fixados. Ademais, foi planejado a maneira que o equipamento seria instalado no ônibus, e escolhido os materiais. Para a modelagem e planejamento da estrutura foi utilizado o TinkerCAD, programa de modelagem tridimensional de navegador, e o software profissional Fusion360.

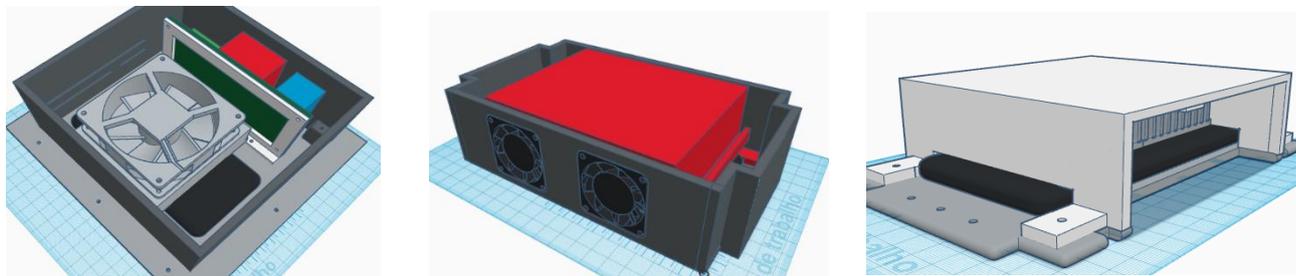


Figura 1 - Modelos 3D projetados para as diferentes versões do encapsulamento

Para a impressão das peças foi utilizada impressoras 3D de filamento, os fatiamentos das peças utilizadas foram feitos por meio do programa Cura. O material usado para impressão das peças foi o PLA devido a facilidade de manuseá-lo e ainda possuir uma resistência satisfatória. Houve a tentativa do uso do ABS, mas problemas foram encontrados devido a sensibilidade à impressão com o material.

Para a base do invólucro que seria parafusada ao teto dos ônibus escolheu-se uma placa de acrílico que foi cortada utilizando uma cortadora a laser da oficina do espaço Plasma.

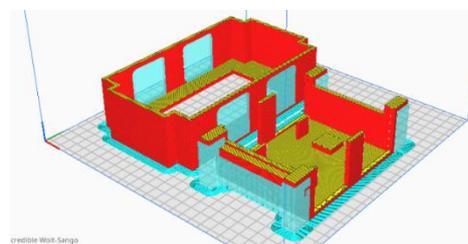


Figura 2 – Fatiamento das peças no Cura

• CIRCUITO ELETRÔNICO

O circuito elétrico do projeto é composto em três partes, o circuito de carregamento, o circuito de refrigeração que são conectadas e comandadas pelo circuito de controle. Para o circuito de carregamento se utilizou um módulo comercial de carregamento rápido como o da figura 3a, e para o circuito de refrigeração 2 dissipadores de alumínio como o da figura 3b e quatro ventoinhas de 40mm da figura 3c.

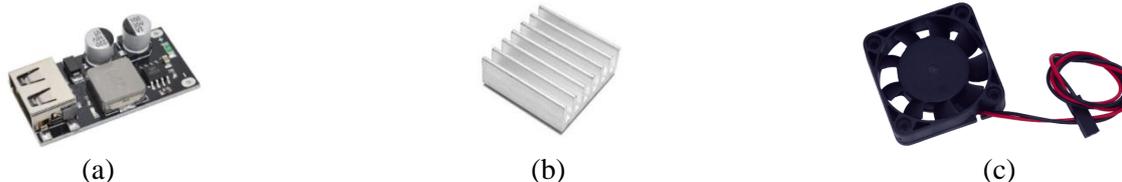


Figura 3 - Componentes dos sistemas de Carregamento e refrigeração

O circuito de controle por sua vez possui reguladores de tensão de 12V e de 3.3V, um módulo ESP-01 para comunicação wireless com o smartphone além de um circuito de chaveamento usando mosfets e transistores bipolares de junção. Para esse circuito foi projetado e confeccionado uma placa de circuito impresso (PCI) que permitisse o funcionamento integrado de todo os sistemas.

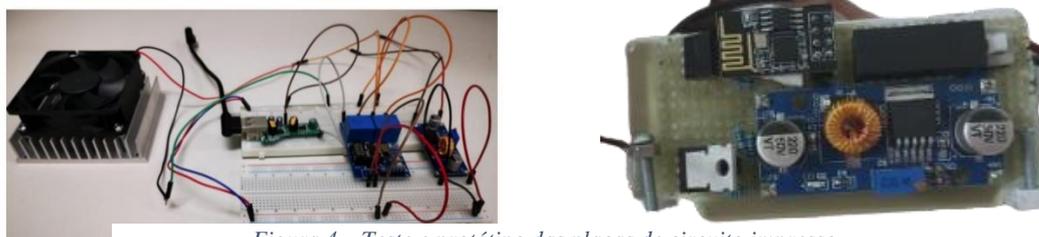


Figura 4 – Teste e protótipo das placas de circuito impresso

Para o desenvolvimento dessa placa foi necessário esboços elétricos iniciais que permitiram a prototipagem e os testes dos circuitos o que permitiram sua validação. Dessa forma, utilizando o software de desenvolvimento Altium Designer foi possível desenhar os esquemáticos dos circuitos, além das diversas versões das placas de circuito impresso. As placas foram manufaturadas pelo SATE da FEEC e também por empresas chinesas especializadas nesses serviços. As imagens das placas a seguir foram retiradas diretamente do software de desenvolvimento.

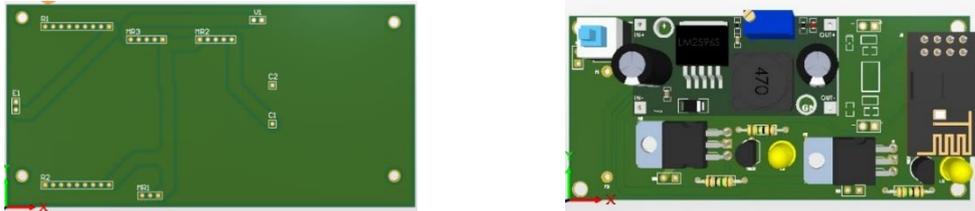


Figura 5 - Primeira e segunda versão da placa de controle, respectivamente

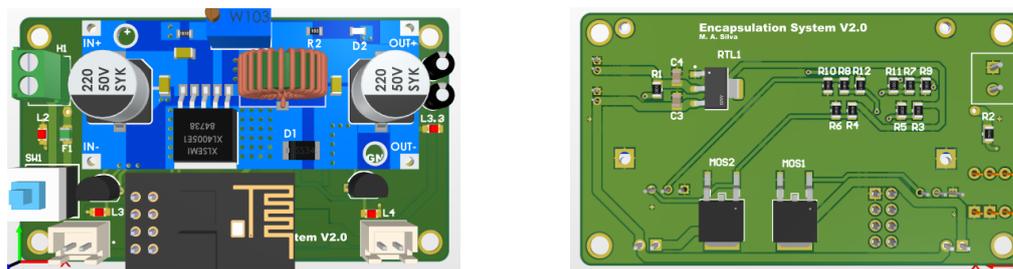


Figura 6 - Versão final desenvolvida da placa de controle

• SOFTWARE E FIRMWARE

O desenvolvimento do software e do firmware do dispositivo também foram divididos em três partes. O programa para o microcontrolador ESP-01 para a ativação dos sistemas de carregamento e refrigeração conforme a necessidade do aparelho celular. A aplicação para o smartphone que monitora a carga de sua bateria além de sua temperatura e envia os sinais de ativação dos sistemas por meio de tecnologia Wi-Fi, além de enviar esses dados a um servidor. Por fim, a interface Web que permite o tratamento e a visualização dos dados recebidos no servidor.

O programa para o microcontrolador foi desenvolvido na linguagem C com a utilização da IDE Arduino e suas bibliotecas, à fim de simplificar o desenvolvimento desse software, sem a perda de confiabilidade. O aplicativo do smartphone está sendo desenvolvido para aparelhos com sistema operacional a partir do Android 8.0 no software Android Studio com a linguagem de programação Java. Por sua vez a Interface Web está sendo desenvolvida na plataforma Grafana.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Foram desenvolvidas três versões funcionais do dispositivo as quais todas foram instaladas e testadas em ambiente real de uso, no ônibus elétrico da Unicamp no campus de Campinas - SP. As figuras 7 a 9 apresentam essas versões com imagens externas e internas de cada dispositivo desenvolvido, a figura 9 também apresenta a versão final do dispositivo instalado no teto do ônibus.

A primeira versão foi feita inteiramente por impressão 3D, com exceção da base de acrílico. Esse tipo de construção permitiu muita versatilidade para o projeto podendo atualizar e testar vários desenhos e formatos distintos, no entanto a qualidade da impressão das peças grandes trouxeram alguns problemas na montagem. Para uma possível resolução desse problema seria ideal o uso de uma impressora exclusiva para o projeto o que permite o seu melhor ajuste para o seu uso maximizando a qualidade das peças impressas. Dessa forma optou-se por utilizar uma caixa comercial fabricada por meio de injeção plástica e utilizar impressão 3D para adaptar este invólucro para o uso no projeto.

Além disso, para circuito eletrônico do projeto foi utilizados módulos comerciais como relés wi-fi para o chaveamento dos sistemas de refrigeração e de carregamento, seu uso foi validado, no entanto os relés esquentavam durante o uso do dispositivo e eram extremamente grandes, o que não facilitou a economia de espaço nessa primeira versão, assim como o uso do ventilador de computador de tamanho convencional. Esses elementos grandes foram trocados por componentes menores com maior eficiência de espaço nas versões seguintes.



Figura 7 - Primeira versão do Encapsulamento Eletromecânico

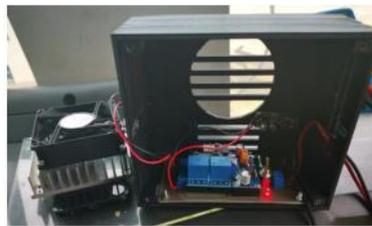


Figura 8 - Segunda versão do Encapsulamento Eletromecânico



Por fim, a terceira versão desenvolvida foi criada com o intuito de trazer aprimoramentos da segunda versão, já que ela apresentou bons resultados. Dessa forma, o uso de circuitos de chaveamento baseados em mosfets e transistores foram mantidas, mudanças na estrutura projeto também tornaram mais rápida e fácil a montagem do dispositivo. Por fim uma nova PCI usando componentes SMT foi projetada, a fim de melhorar ainda mais a economia de espaço do dispositivo. Uma placa de adaptação do módulo de carregamento também foi construída para facilitar sua fixação no invólucro e torna mais robusta a conexão entre a placa e o módulo.

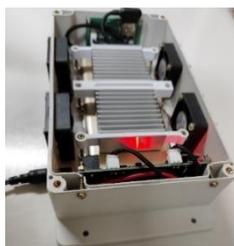


Figura 9 - Versão final do Encapsulamento Eletromecânico

A seguir está apresentado gráficos da versão final desenvolvida já em pleno uso no ônibus elétrico, nos gráficos está apresentado resultados obtidos nos dias 03/06 até 07/06 deste ano, e na figura 12 o gráfico da temperatura do dia 05/06 com mais detalhes mostrando o controle da temperatura a partir do início da operação do dispositivo as 08h até o período de maior stress às 13h.



Figura 10 - Carga da Bateria do Smartphone



Figura 11 - Temperatura do Smartphone



Figura 12 - Temperatura do Smartphone 05/06

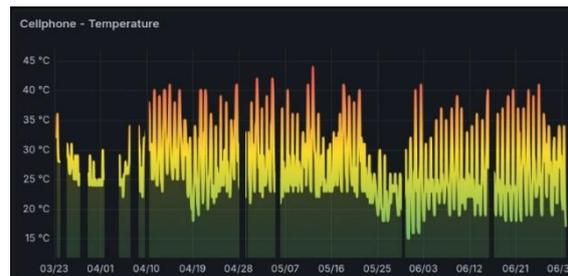


Figura 13 - Temperatura do Smartphone de abril a junho

CONCLUSÕES:

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os sistemas de refrigeração e de carregamento apresentaram um bom desempenho. Na medida que o carregamento do celular acontece em apenas 1 hora, velocidade muito satisfatória, além disso, como pode ser visto na figura 10, o sistema permite a configuração do perfil de carregamento o que traz uma melhora na manutenção da vida útil do smartphone.

Já o perfil de temperatura visto na figura 13 demonstrou uma boa gestão do calor do aparelho celular, a Figura 11 mostra um comportamento habitual de um dia ensolarado, onde em um intervalo de tempo entre as 12h e às 14h a temperatura aumenta devido ao calor intenso gerado pelo sol e depois diminui gradualmente. Esse período de maior incidência solar deve ter mais atenção, uma vez que caso o dispositivo permaneça em alta temperatura por muito tempo pode gerar danos permanentes a ele. No entanto, mesmo com esse período mais delicado, a temperatura do smartphone raramente ultrapassa os 38°C, como pode ser visto na figura 13. Isso demonstra que o sistema desenvolvido consegue evitar o superaquecimento e mantém o dispositivo seguro, pois, sem o controle de temperatura, o celular em operação supera a marca de 55°C, o que pode gerar consequências graves ao aparelho, como a degradação e o mau funcionamento de sua bateria.

O esquema de montagem e as peças da terceira versão desenvolvida também se apresentaram como boas soluções. Na medida que, o encaixe das peças internas modeladas para a caixa comercial apresentou uma boa firmeza garantindo a segurança dos sistemas e do aparelho celular, ademais a caixa comercial permitiu uma grande eficiência do espaço interno do dispositivo além de possuir uma grande precisão em sua confecção. Os materiais utilizados no projeto, PLA e o acrílico, se mostraram materiais muito úteis gerando versatilidade para o desenvolvimento e agilidade na prototipagem das peças. A utilização de componentes SMT foi uma prática que permitiu uma boa evolução da PCI que resultou em uma placa com maior densidade de componentes com o uso de suas duas faces o que proveu uma melhora ainda maior do tamanho da placa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Barcellos, “Instituto de Energia e Meio Ambiente IEMA,” Dezembro 2020. [Online]. Available: <https://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energiae-de-processos-industriais-em-2019-20201201>.
- [2] T. Abergel, T. Bunsen, M. Gorner e P. Leduc, “Global EV Outlook 2020 - Entering the decade of electric drive?,” IEA/OECD, 2020.
- [3] “Grandes Números da Mobilidade Urbana,” NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Fevereiro 2024. [Online]. Available: <https://ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>.
- [4] M. Haris, B. Ubaid, U. Bibi, A. Said, S. N. u. Saqib, S. Khan e d. M. Tufail, “Design and Development of IoT Based Weather and Air Quality Monitoring Station,” em International Conference on Robotics and Automation Industry, 2023.
- [5] V. M. Ionescu e F. M. Enescu, “Investigating the performance of MicroPython and C on ESP32 and STM32 microcontrollers,” em 2020 IEEE26th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, 2020.