



## DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO SISTEMA DE CONTROLE PARA UM HOVERBOARD: TECNOLOGIA E ACESSIBILIDADE

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5042

**Autores:** *DANILO PEREIRA PINTO, THIAGO TOSTES MUNCK, GABRIEL DA SILVA RIBEIRO, GABRIEL DOMENICI MOZZER ARANTES, GUILHERME GUIMARAES CHAVES, JOÃO VICTOR SILVA MUNCK*

**Resumo:** *O projeto visa criar uma plataforma de transporte pessoal que ofereça mobilidade intuitiva através de uma proposta educacional de aprendizado sobre eletrônica e controle de motores utilizando a metodologia ativa de aprendizagem, o PjBL (project-based learning). Além disso, busca promover acessibilidade para pessoas com dificuldade de movimentação. Dessa forma, o trabalho demonstra como as atividades desenvolvidas pelos discentes é capaz de causar um impacto positivo na sociedade.*

**Palavras-chave:** *Comando remoto, acessibilidade, metodologia ativa, controle de motores, mobilidade automatizada.*

# DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO SISTEMA DE CONTROLE PARA UM HOVERBOARD: TECNOLOGIA E ACESSIBILIDADE

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia trouxe transformações significativas para o mercado de trabalho, o que tem elevado a importância de uma formação profissional qualificada e de profissionais que tenham a capacidade de se adaptarem a essas mudanças. Dessa forma, é fundamental que a formação atual abranja atributos que agreguem valor e eficácia, juntamente com uma sólida base teórica.

A partir de uma parceria do grupo de educação tutorial do curso de engenharia elétrica (PET Elétrica) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) com Projeto ADAPT, desenvolvido na Faculdade de Engenharia da UFJF, que tem o objetivo de promover a mobilidade motorizada para crianças e adolescentes com déficit motor, identificou-se uma oportunidade de desenvolver projetos que trouxessem melhorias na locomoção e, conseqüentemente, mais conforto e qualidade de vida dessas crianças. Essa atividade foi proposta pelo professor Exuperry Barros Costa, a fim de atender as necessidades do projeto ADAPT.

Outro fato relevante é que a Receita Federal do Brasil possui diversos programas e, dentre esses, o programa de destinação sustentável de produtos apreendidos. A parceria da Delegacia da Receita Federal de Juiz de Fora com a UFJF resultou na disponibilização de dois hoverboards ao PET Elétrica, para o desenvolvimento deste projeto. Portanto, este trabalho relata o aprimoramento de um hoverboard para que seja controlado remotamente, e o desenvolvimento de um novo sistema de controle da velocidade dos dispositivos, com o objetivo de que este tenha aplicação na mobilidade automatizada.

Posteriormente, outras funcionalidades serão introduzidas e acopladas ao equipamento, de modo a promover bem-estar e qualidade de vida para crianças com mobilidade reduzida.

## 2. METODOLOGIA

Este projeto foi desenvolvido por discentes do PET Elétrica da UFJF, que tem como objetivo promover, além da capacitação técnica, o desenvolvimento ou aprimoramento das habilidades interpessoais (soft-skills) dos participantes, como comunicação, organização, gestão, liderança, trabalho em equipe, pensamento crítico, dentre outras, através da realização de projetos. Os projetos são desenvolvidos por uma equipe, coordenada por um petiano e acompanhada pelo tutor. Muitos dos participantes se encontram nas fases iniciais do curso, contudo, sua participação ativa oferece uma oportunidade valiosa para que eles aprimorem suas competências técnicas e adquiram conhecimento prático.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste projeto foi a Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL, do inglês Project-Based Learning). Essa abordagem enfatiza o estudo e a aprendizagem tanto individual quanto em grupo, essenciais para a execução do projeto. Por meio dela, os participantes aprimoram a gestão de prazos e tarefas, desenvolvem habilidades de comunicação através da interação contínua entre os

membros da equipe, e ampliam seus conhecimentos técnicos relativos ao tema do projeto. Além disso, a metodologia promove a cooperação, essencial para a concretização do projeto, e reforça valores éticos e humanísticos, associados ao tema abordado.

Nesse cenário, os integrantes se deparam com um desafio (problema real) e precisam identificar os conhecimentos fundamentais para resolvê-lo. Em seguida, torna-se crucial reconhecer as lacunas de conhecimento entre os membros do grupo e elaborar estratégias para a apropriação destes conhecimentos. O tutor desempenha o papel de facilitador da aprendizagem, incentivando debates enriquecedores sobre o tema em questão e providenciando os recursos necessários para a execução do projeto. Como o PjBL é uma abordagem ativa de ensino-aprendizagem, o conhecimento não é apenas repassado de forma unilateral, ele é construído colaborativamente por todos os participantes envolvidos.

### 3. O PROJETO DO HOVERBOARD

Inicialmente, os integrantes da equipe do projeto analisaram a viabilidade de solução do problema proposto, formularam caminhos para resolução, identificaram os conhecimentos que seriam necessários, realizaram estudos individuais e em grupos, visando preencher as lacunas de conhecimentos técnicos.

Em um primeiro momento, o hoverboard foi desmontado para que se iniciasse o estudo do funcionamento original do equipamento, analisando os componentes e suas funções. Entretanto, pouca ou nenhuma informação foi obtida sobre os componentes originais do equipamento. Dessa forma, não foi possível compreender o funcionamento do controle dos motores de suas rodas

A partir de novas pesquisas, foi encontrada uma ferramenta capaz de substituir toda a montagem original do equipamento, um driver de controle de motores sem escova de corrente contínua que é utilizado para motores como os do hoverboard. Além disso, o driver poderia ser conectado à microcontroladores e receber os comandos de velocidade por meio deste. Assim, foram iniciados uma série de testes com Arduino e ESP, microcontroladores de baixo custo.

A próxima etapa do projeto foi desenvolver um código que fosse capaz de controlar os motores de forma contínua, sem apresentar falhas e mudanças bruscas, viabilizando a utilização por crianças e adolescentes com déficit motor, como uma cadeira adaptada. A partir dos conteúdos abordados nas disciplinas de controle, com o auxílio do Prof. Colaborador do PET (Prof. Exuperry Costa Barros), pudemos aplicar os conceitos apropriados de programação, utilizando a linguagem C++, tornando possível a execução do projeto.

#### 3.1. Componentes

##### ***Hoverboard***

É constituído de dois motores BLDC (Brushless Direct Current) nas rodas e uma bateria 36V para alimentação.

##### ***ESP32***

Microcontrolador utilizado para o controle das rodas e para o controle remoto. O ESP (ESP Servidor) recebe os comandos do controle, os interpreta e executa a função acionada nos motores BLDC, e o ESP no controle (ESP Cliente) recebe os sinais dos botões pressionados pelo usuário e envia o respectivo sinal de cada botão para o outro ESP. A comunicação feita entre os dois se dá através do ESP-NOW, um protocolo de

comunicação próprio do ESP desenvolvido pela Espressif (Empresa desenvolvedora dos dispositivos ESP), esse protocolo é semelhante à conectividade sem fio 2.4 GHz de baixa potência, tornando a comunicação mais rápida.

### **Driver de motor BLDC (ZS-X11H)**

Foi utilizado o ZS-X11H, um driver de motores BLDC de 48V, um para cada roda. Estes são específicos para o controle da velocidade dos motores BLDC. A Figura 1 apresenta o driver ZC-X11H utilizado neste projeto.

Figura 1 - Driver ZS-X11H



Fonte: <https://pt.aliexpress.com/item/1005005923959549.html>

### **Módulo regulador de tensão Step Down**

Foi utilizado um regulador de tensão Step Down para regular a tensão de alimentação do ESP Servidor, visto que foi utilizada a própria bateria do hoverboard para alimentar o ESP. A Figura 2 apresenta o regulador de tensão utilizado: LM2596 com display.

Figura 2 - LM2596 com Display



Fonte: <https://cdn.awsli.com.br/600x700/468/468162/produto/19414264/lm2596-descritivo-pgyh2eml.png>

### **Relé Digital**

Foi utilizado um relé digital, acionado ao fim da função “void Setup()” no código do ESP, para coibir que os drivers sejam ligados concomitantemente e provoquem erro de inicialização no ESP-NOW.

### **Joystick Shield**

Para a construção do controle foi utilizado uma JoyStick Shield V1.A Funduino, que é responsável pela interface de comunicação entre o usuário e o ESP, apresentada na Figura 3.

Figura 3 - JoyStick Shield V1.A Funduino



Fonte: <https://www.casadarobotica.com/placas-embarcadas/arduino/shield/joystick-shield-para-arduino-v1-a>

### **Baterias**

Além da bateria do hoverboard, que é uma bateria de íon de lítio recarregável de 36V e 3600mAh, foi também utilizada uma bateria de polímero de lítio de capacidade nominal 1000mAh e 7.4V para alimentação do ESP Cliente e da JoyStick Shield.

## **3.2. Programação**

A etapa de programação do controle do equipamento foi dividida em duas partes: a transmissão (ESP cliente) e recepção dos dados (ESP servidor).

A transmissão e recepção de dados é feita utilizando-se do protocolo ESP-NOW, um protocolo presente no dispositivo ESP32, de fácil entendimento e eficiente, sendo capaz de transmitir informações por longas distâncias de forma rápida. A comunicação entre cliente e servidor segue a mesma ideia da comunicação “mestre-escravo”, utilizada em outras formas de comunicação sem fio, como o Bluetooth, por exemplo. O cliente (mestre, controle remoto) transmite informações para o servidor (escravo, hoverboard), e de acordo com a informação recebida o hoverboard recebe comandos de direção para frente, para trás, para a esquerda, para a direita e para frear.

A informação transmitida é do tipo “struct”, e contém o sinal referente ao botão pressionado pelo usuário. Quando o ESP servidor recebe esse sinal, ele o interpreta e realiza uma das funções referente à movimentação presentes em seu código.

### **Função Transferência**

Aplicando o conceito de função transferência, uma representação matemática da relação entre a entrada e saída de um sistema, foi possível controlar o motor BLDC. Os dados de entrada são os parâmetros escolhidos pelo usuário e a saída (resposta) é o

movimento das rodas acionada pelos motores. No código do ESP, ela recebeu o nome de “Filter()”.

Foram realizados diversos testes para se chegar aos parâmetros da função de transferência que apresentasse o comportamento desejado (com uma aceleração lenta o suficiente para não gerar mudanças bruscas quando a criança se mover em alguma direção), representada pela equação 1.

Equação 1 - Função Transferência Escolhida

$$G(s) = \frac{0,3}{s + 0,3}$$

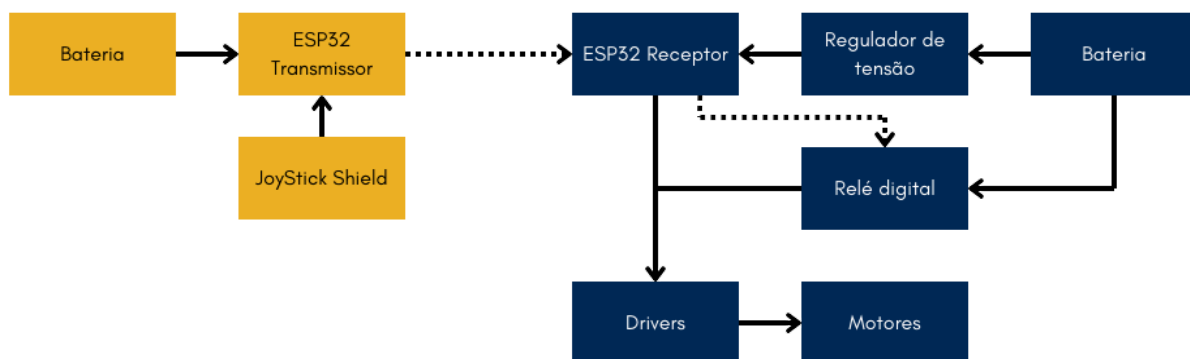
### 3.3. Montagem eletrônica

Após a decisão sobre os componentes eletrônicos e os testes com o código de programação, o próximo passo foi a montagem das duas partes do circuito. A Figura 4 apresenta o funcionamento do sistema: os componentes do controle remoto (blocos amarelos) e os componentes do hoverboard (blocos azuis) que se comunicam a partir do ESP-NOW.

A bateria de 36 volts é responsável pela alimentação do ESP receptor, recebendo a tensão ideal pelo regulador de tensão. Ela também é responsável por alimentar os drivers dos motores, que estão ligados ao relé digital, que só permite essa alimentação quando o ESP receptor for inicializado.

O ESP transmissor é alimentado por outra bateria presente no interior do controle e é responsável por enviar os comandos realizados pela JoyStick Shield ao ESP receptor. A Figura 10 apresenta o protótipo do projeto – hoverboard e o sistema de controle.

Figura 4 - Diagrama de blocos do funcionamento do circuito



## 4. RESULTADOS

Após a montagem do sistema de controle, foram realizados testes para avaliar o desempenho e as funcionalidades do hoverboard modificado, com o intuito de verificar a capacidade do sistema em controlar a velocidade de forma precisa e segura. O sistema foi avaliado quanto à estabilidade durante o movimento e à suavidade das transições entre diferentes velocidades. Assim, obteve-se uma resposta dos motores BLDC às variações nos comandos do controle remoto, assegurando a suavidade do movimento. Ademais, testes foram conduzidos para verificar a precisão e eficácia das funções de direção, incluindo movimentos para frente, para trás, para a esquerda, para a direita e para a frenagem. Cada função foi testada repetidamente para garantir que o sistema

respondesse corretamente aos comandos enviados pelo controle remoto. Por fim, foram realizados refinamentos na função de transferência dos motores BLDC, garantindo uma aceleração gradual e adequada.

Apesar das dificuldades iniciais, devido à falta de informações sobre os componentes do controle original do equipamento, o tempo de duração do projeto foi de 25 semanas, dentro do esperado. A partir dos resultados alcançados, pode-se concluir que o projeto obteve sucesso ao atingir os objetivos estabelecidos de transformar o hoverboard em um dispositivo controlado à distância.

Figura 10 - Hoverboard e controle remoto montados



Foram utilizados componentes disponíveis no PET Elétrica e o hoverboard disponibilizado através da parceria PET Elétrica UFJF com a Delegacia da Receita Federal de Juiz de Fora. Portanto, não houve custos para a realização do projeto.

Além de alcançar os objetivos iniciais, como resultados, destacam-se os ganhos para a equipe do projeto: apropriação de conhecimentos e desenvolvimento ou aprimoramento de competências. Durante a realização do projeto, pode-se aplicar os conteúdos abordados nas disciplinas Sinais e Sistemas, Teoria de Controle, Eletrônica Digital e Laboratório de Controle. Além destes, foi desenvolvido ou ampliado os conhecimentos em programação (linguagem C++). A equipe pode aprimorar também competências como gestão de projeto, liderança, comunicação, trabalho em equipe, gestão de tempo, organização, dentre outras.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho descreveu a execução do projeto de desenvolvimento de um sistema de controle para um hoverboard, de forma a ser possível sua utilização, por crianças com déficit motor, em equipamento facilitador da locomoção. Buscou-se, nesta transformação, garantir custos reduzidos e facilidade de manuseio.

A utilização de equipamentos cedidos pela Delegacia da Receita Federal de Juiz de Fora, ou a utilização de equipamentos que não estão em uso, permite que estes retornem para a sociedade trazendo benefícios econômicos e sociais, evidenciando a importância do projeto no âmbito social, uma vez que o equipamento não se limita mais a ser somente um objeto de lazer e tornou-se um recurso facilitador na área da locomoção.

Os testes realizados comprovaram que o novo sistema de controle garante uma movimentação do hoverboard para todos os lados, frenagem e controle de velocidade, alcançando movimentos suaves e de acordo com os comandos fornecidos pelo usuário através de um controle remoto.

Observou-se o desenvolvimento de competências técnicas e transversais dos discentes integrantes da equipe do projeto e o desenvolvimento coletivo do grupo PET Elétrica.

### AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial PET/MEC, à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora pelo suporte para realização deste trabalho, ao professor Exuperry Barros Costa pelo apoio ao desenvolvimento do trabalho e à Delegacia da Receita Federal de Juiz de Fora pela disponibilização dos Hoverboards.

### REFERÊNCIAS

MALONE, Phill. **Hoverboard for Assistive Devices**. Hackaday.io, 16 abr. 2020. Disponível em: <https://hackaday.io/project/170932/logs?sort=oldest>. Acesso em: 6 nov. 2023.

MAD-EE. **Easy Inexpensive Hoverboard Motor Driver**. MAD-EE, 24 out. 2021. Disponível em: <https://mad-ee.com/easy-inexpensive-hoverboard-motor-controller/#comments>. Acesso em: 19 mar. 2024

ROBOFOUNDRY. **Cheaper way to control Hoverboard motors**. Medium, 13 mai. 2023. Disponível em: <https://robofoundry.medium.com/cheaper-way-to-control-hoverboard-motors-79b02dd8a521>. Acesso em: 26 mar. 2023.

MAD-EE. **Controlling a Hoverboard Motor with a Simple Arduino**. MAD-EE, 16 dez. 2021. Disponível em: <https://mad-ee.com/controlling-a-hoverboard-motor-with-a-simple-arduino/>. Acesso em: 19 mar. 2024

## DEVELOPMENT OF A NEW CONTROL SYSTEM FOR A HOVERBOARD: TECHNOLOGY AND ACCESSIBILITY

**Abstract:** *The project aims to create a personal transport platform that offers intuitive mobility through an educational proposal for learning about electronics and engine control using an active learning methodology, PjBL (project-based learning). Furthermore, it seeks to promote accessibility for people with mobility difficulties. In this way, the work demonstrates how the activities carried out by students can have a positive impact on society.*

**Keywords:** *Remote control, accessibility, active methodology, PjBL, Hoverboard, motor control, automated mobility.*



