



DESENVOLVIMENTO DE CARRINHO CONTROLADO POR SMARTPHONE COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6205

Autores: ANA CLÁUDIA BRASIL TEODORO MOTA,KAUAN DE OLIVEIRA COSTA,JOÃO VICTOR AMADEUS CARVALHO SOUSA,DANIEL DIAS DOS SANTOS,THAMYRIS DA SILVA EVANGELISTA

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento de um carrinho controlado por smartphone via Bluetooth, utilizando Arduino Nano, como ferramenta didática para o ensino de Engenharia Elétrica. O projeto integrou controle de motores com ponte H, sinalização visual e sonora, além de uma interface personalizada no app Bluetooth Electronics. Conduzido com a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), permitiu aos estudantes aplicar conceitos de eletrônica, sistemas embarcados e programação. O protótipo teve desempenho satisfatório e favoreceu o desenvolvimento de habilidades técnicas e colaborativas. Limitações quanto à disposição de componentes e alimentação foram abordadas durante a execução. Melhorias futuras incluem comunicação bidirecional e expansão de funcionalidades, reforçando o potencial educacional e a replicabilidade do projeto.

Palavras-chave: Carrinho Didático,Arduino Nano,Projeto Educacional

DESENVOLVIMENTO DE CARRINHO CONTROLADO POR SMARTPHONE COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Elétrica abrange uma ampla gama de conhecimentos, desde circuitos elétricos até sistemas de controle, exigindo dos estudantes habilidades práticas e teóricas para integrar essas áreas de forma eficiente. Para formar profissionais preparados para os desafios da área, é essencial que o processo de ensino-aprendizagem vá além da teoria, proporcionando experiências concretas que possibilitem a aplicação dos conceitos estudados (KOLB, 1984). Nesse contexto, o desenvolvimento de projetos práticos tem se mostrado uma abordagem eficaz para a consolidação do conhecimento, pois favorece a experimentação, o raciocínio lógico e a resolução de problemas técnicos reais.

Segundo Barbosa e Moura (2014), “o ensino por meio de projetos, assim como o ensino por meio da solução de problemas, são exemplos típicos de metodologias ativas de aprendizagem”. Essas metodologias têm ganhado destaque no ensino da Engenharia por incentivarem a participação ativa dos estudantes no processo de construção do conhecimento, tornando-os protagonistas da própria aprendizagem. A valorização dessas abordagens dá origem a estratégias como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), nas quais os discentes são desafiados a resolver problemas reais ou simulados, desenvolvendo habilidades como pesquisa, análise crítica, pensamento sistêmico e tomada de decisão, como propõe Barrows (1980). Assim, a utilização de metodologias ativas contribui significativamente para a formação de profissionais mais bem preparados para enfrentar os desafios tecnológicos e científicos contemporâneos.

No âmbito da Engenharia Elétrica, a construção e programação de um carrinho controlado por smartphone oferece uma oportunidade concreta para que os estudantes apliquem, de forma integrada, conhecimentos de eletrônica, programação, comunicação sem fio e automação. Essa prática reforça a compreensão dos fundamentos teóricos envolvidos, ao mesmo tempo em que estimula a criatividade e a capacidade de adaptação frente a desafios inesperados — competências essenciais à atuação profissional na área. Além disso, o projeto contribui para o desenvolvimento de habilidades interpessoais, como o trabalho em equipe e a comunicação eficaz, características cada vez mais valorizadas no ambiente de trabalho.

Dessa forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto de carrinho controlado por smartphone, com foco em sua utilização como ferramenta didática no ensino de Engenharia Elétrica, mais especificamente na disciplina de Eletrônica Analógica I. O artigo está dividido em cinco seções, nas quais serão abordados os conceitos fundamentais, a metodologia adotada, os resultados obtidos, a análise crítica e as considerações finais. O objetivo é demonstrar como essa iniciativa pode contribuir de forma significativa para a aprendizagem de conceitos fundamentais, promovendo um ensino mais dinâmico, interativo e alinhado às exigências do mercado. Além disso, será discutida a importância da aplicação de metodologias ativas no ensino de Engenharia e seus impactos na formação de profissionais inovadores e socialmente comprometidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

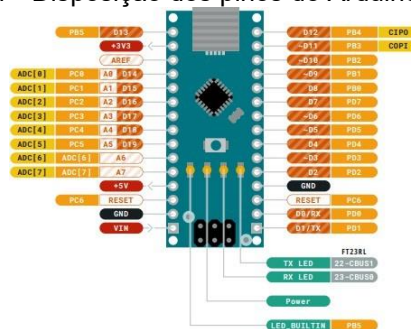
2.1 Arduíno Nano

O Arduino Nano é uma plataforma de prototipagem essencial para o desenvolvimento de dispositivos automatizados, tendo se consolidado como uma das ferramentas mais acessíveis e versáteis para aplicações em sistemas embarcados. Seu tamanho reduzido e sua ampla gama de funcionalidades tornam possível a criação de projetos compactos, eficientes e de rápida implementação (FELISARDO; SANTOS; GALRÃO, 2023).

Esse microcontrolador é baseado no chip ATmega328P e foi projetado para oferecer um desempenho robusto mesmo em aplicações com limitações de espaço, sendo amplamente utilizado em projetos educacionais e industriais (ARDUINO, 2023).

No projeto apresentado, o Arduino Nano é responsável por receber os comandos transmitidos via módulo Bluetooth HC-06, processar as instruções e enviar os sinais de controle para o carrinho automatizado. Entre suas funções, destacam-se o controle da direção e da velocidade dos motores de corrente contínua (DC), bem como o gerenciamento do acionamento de LEDs e sinais sonoros emitidos pelo veículo. A Figura 1 apresenta a disposição dos pinos do Arduino Nano, evidenciando suas principais conexões.

Figura 1 - Disposição dos pinos do Arduino Nano.



Fonte: ARDUINO, 2023.

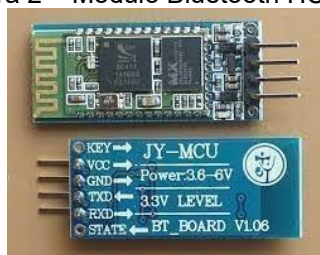
2.2 Módulo HC-06

O módulo HC-06 é amplamente utilizado em projetos de eletrônica embarcada por seu baixo consumo de energia, o que o torna ideal para aplicações portáteis, como o carrinho automatizado proposto neste trabalho. Além disso, sua boa taxa de transmissão assegura uma comunicação eficiente entre dispositivos, sendo compatível com smartphones por meio de aplicativos móveis e retrocompatível com versões anteriores do padrão Bluetooth, o que amplia sua versatilidade (VIDA DE SILÍCIO, 2025).

Trata-se de um módulo Bluetooth baseado no protocolo 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate), que opera na faixa de frequência de 2,4 GHz e suporta velocidades de transmissão de até 3 Mbps. Seus principais terminais incluem VCC, GND, RX, TX, EN e STATE. A configuração de seus parâmetros pode ser realizada por meio de comandos AT, permitindo ajustes como nome do dispositivo, *baud rate* e nível de segurança (PROJECTHUB, 2025).

Apesar de seu alcance relativamente limitado e comunicação do tipo ponto a ponto, o HC-06 apresenta funcionalidades que ampliam as possibilidades de interação entre dispositivos, permitindo implementações não usuais em carrinhos de controle remoto tradicionais. No circuito do protótipo, o módulo é responsável por estabelecer a conexão entre o smartphone e o Arduino Nano, recebendo comandos via Bluetooth para controle em tempo real. A Figura 2 ilustra o módulo HC-06.

Figura 2 – Módulo Bluetooth HC-06.



Fonte: PCB Portugal, 2025.

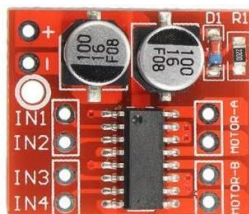
2.3 Módulo Ponte H L298 Mini

O módulo Ponte H L298 Mini é amplamente utilizado em projetos de eletrônica e robótica por sua compatibilidade com microcontroladores, o que facilita sua integração em sistemas embarcados. Entre suas vantagens, destacam-se a proteção contra sobrecarga e a dissipação térmica eficiente, que asseguram um desempenho seguro e estável em operações contínuas (ELETROGATE, 2025).

Projetado para o controle de motores de corrente contínua (DC) e motores de passo, o L298 Mini opera com tensões de alimentação entre 2 V e 10 V DC e é capaz de fornecer até 1,5 A por canal. Essa configuração permite o controle eficaz de motores de baixa potência, sendo ideal para aplicações compactas e de baixo consumo energético (ELETROGATE, 2025). Suas dimensões reduzidas o tornam especialmente adequado para projetos que exigem leveza, economia de espaço e eficiência no controle de movimento (MAKERHERO, 2025).

No contexto deste trabalho, o módulo é integrado ao circuito do carrinho automatizado, estabelecendo a conexão entre o Arduino Nano e os motores DC responsáveis pela tração e direção do veículo. A Figura 3 ilustra o módulo Ponte H L298 Mini utilizado no projeto.

Figura 3 - Módulo Ponte H L298 Mini.



Fonte: MAKERHERO, 2025.

2.4 Buzzer

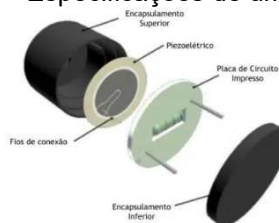
O buzzer é um componente eletrônico amplamente utilizado para a geração de alertas sonoros em sistemas embarcados, como alarmes, cronômetros e sistemas de notificação. Existem dois tipos principais: o buzzer ativo e o buzzer passivo. O buzzer ativo possui um oscilador interno que, ao ser energizado, emite um som contínuo de forma autônoma, sendo ideal para aplicações que demandam sinais sonoros simples e constantes. Já o buzzer passivo atua como um transdutor, exigindo um sinal externo, geralmente de onda quadrada, para produzir som. Isso permite a emissão de diferentes frequências, possibilitando a criação de variações sonoras e melodias (MAKERHERO, 2024).

No projeto desenvolvido, o buzzer exerce um papel funcional e didático ao simular sons como o da buzina e o alerta do pisca-alerta, conferindo maior interatividade e realismo ao protótipo do carrinho. Seu acionamento ocorre por meio de comandos enviados via smartphone, utilizando um aplicativo conectado ao módulo Bluetooth HC-06, o qual transmite os sinais ao Arduino Nano. Essa integração permite o controle remoto do buzzer, tornando a

experiência de uso mais imersiva e intuitiva, além de reforçar a aplicação prática de conceitos de eletrônica analógica e digital.

A Figura 4 ilustra as especificações básicas de um buzzer utilizado em projetos educacionais e de prototipagem.

Figura 4 - Especificações de um buzzer



Fonte: MAKERHERO, 2024.

2.5 Motores de Corrente Contínua (CC)

Nos sistemas de locomoção por controle remoto, como no carrinho movido via Bluetooth proposto neste projeto, os motores de corrente contínua (CC) exercem papel central ao converter energia elétrica, proveniente da bateria, em energia mecânica. Essa conversão possibilita o giro das rodas e garante o deslocamento do veículo. Motores desse tipo são amplamente utilizados em aplicações que demandam controle preciso de velocidade e torque, tais como robótica móvel, veículos autônomos e projetos educacionais (KAMADA, 2019).

Para viabilizar o controle eficiente desses motores, foi empregado o módulo mini Ponte H L298N, um circuito integrado capaz de ajustar, de forma independente, tanto a direção quanto a velocidade de rotação de cada roda. Essa capacidade de controle é fundamental para a execução de manobras como curvas, aceleração progressiva, frenagem suave e movimentação em marcha à ré, assegurando resposta rápida e precisa aos comandos do usuário. A comunicação entre o carrinho e o operador é realizada via Bluetooth, permitindo que as instruções sejam transmitidas de um smartphone para o microcontrolador Arduino Nano, responsável pelo processamento dos sinais.

A escolha por motores CC se justifica principalmente pela simplicidade de seu controle, sobretudo quando comparados aos motores de corrente alternada (CA). A velocidade dos motores CC é diretamente proporcional à tensão aplicada ao enrolamento da armadura, o que possibilita ajustes de rotação de forma precisa, sem a necessidade de circuitos complexos (SILVA; SILVA, 2019). Essa característica os torna uma solução eficiente, acessível e de fácil implementação para projetos de mobilidade elétrica em pequena escala. A Figura 5 apresenta o tipo de motor CC utilizado neste projeto, destacando sua estrutura e funcionamento.

Figura 5 – Motor de corrente contínua.



Fonte: ELETROGATE, 2025.

3 PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

A ideia inicial do projeto consistiu no desenvolvimento de um carrinho que dispensasse o uso de controle remoto tradicional, sendo totalmente operado via Bluetooth por meio de um smartphone, promovendo maior flexibilidade e interação no controle do sistema. Além da

locomoção básica, buscou-se implementar funcionalidades adicionais, como acionamento de pisca-alerta, faróis, setas, sirene e buzina, tornando o protótipo mais dinâmico e multifuncional. Para a montagem do carrinho, foi reaproveitada a carcaça de um modelo comercial de controle remoto, que serviu como base estrutural para a integração dos novos componentes eletrônicos. O controle do veículo foi realizado utilizando o microcontrolador Arduino Nano, responsável pelo gerenciamento dos motores de corrente contínua (CC) por meio do módulo ponte H L298N. A comunicação com o dispositivo móvel foi estabelecida via módulo Bluetooth HC-06, que transmite os comandos do usuário ao microcontrolador. A Figura 6 apresenta a carcaça superior utilizada no protótipo.

Figura 6 – Carcaça superior do veículo.

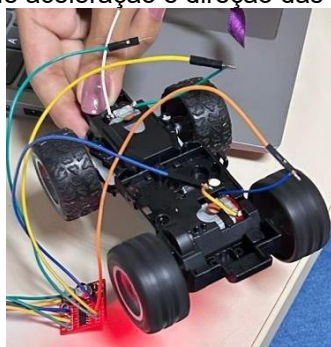


Fonte: Autores, 2024.

Durante a etapa de desenvolvimento, optou-se por realizar testes diretamente no hardware em vez de simulações em software. Essa escolha foi motivada pela necessidade de observar a interação real entre os componentes eletrônicos, o comportamento dos motores, o consumo de corrente e a latência na comunicação Bluetooth — fatores que dificilmente poderiam ser avaliados com precisão em ambientes simulados. Além disso, a validação prática se mostrou fundamental para verificar a compatibilidade elétrica entre os dispositivos e garantir a estabilidade do sistema em funcionamento contínuo.

Os primeiros testes concentraram-se no controle de direção e aceleração dos motores. O Arduino Nano, já programado com os comandos adequados, enviava sinais ao módulo ponte H para o controle do sentido e da intensidade da rotação dos motores. O objetivo era assegurar que o carrinho respondesse de forma precisa aos sinais recebidos via smartphone, simulando comandos reais de movimentação. A Figura 7 apresenta o teste realizado com o sistema de direção e aceleração do protótipo.

Figura 7 – Teste de aceleração e direção das rodas do veículo.

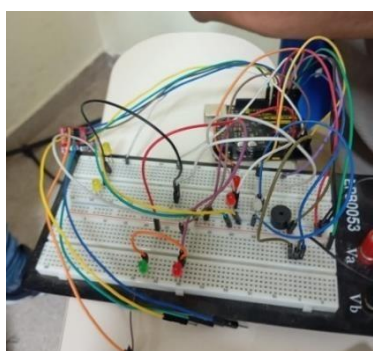


Fonte: Autores, 2024.

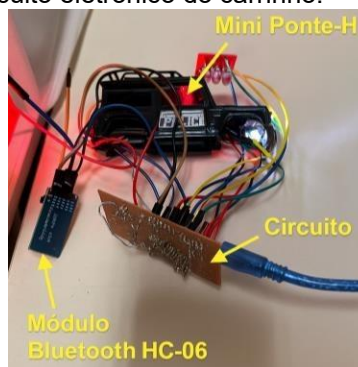
Dando continuidade ao desenvolvimento, foram realizados testes individuais com os LEDs conectados em uma protoboard, a fim de verificar o funcionamento adequado dos faróis,

setas e do sistema de pisca-alerta, além da operação do buzzer. Cada componente foi testado de forma isolada e, posteriormente, em conjunto, com o código devidamente carregado no Arduino Nano. Esse procedimento assegurou que todas as funcionalidades operassem corretamente antes da montagem final do sistema eletrônico no chassi do carrinho. A Figura 8 apresenta o teste realizado com os LEDs e o buzzer na protoboard e o circuito já implementado na carcaça do carrinho.

Figura 8 – Etapas de montagem do circuito eletrônico do carrinho.



a) Testes na protoboard.



(b) Circuito implementado na carcaça do carrinho.

Fonte: Autores, 2024.

Nesse contexto, o código desenvolvido para o Arduino Nano integra de forma eficiente os sistemas de controle de movimentação, iluminação e sinalização sonora do carrinho. Inicialmente, os pinos digitais do microcontrolador foram configurados para comandar os motores, os LEDs (relacionados a faróis, setas e pisca-alerta) e o buzzer, assegurando que cada componente recebesse os sinais corretos conforme as instruções programadas.

A comunicação com o smartphone foi viabilizada por meio do módulo Bluetooth HC-06, permitindo que os comandos fossem transmitidos em tempo real e imediatamente interpretados pelo Arduino, garantindo uma resposta ágil do sistema. A Figura 9 apresenta a definição dos pinos utilizada no código, indicando a alocação de cada função no projeto.

Figura 9 – Definição dos pinos do Arduino Nano.

```
// Definir os pinos da ponte H para motor de direção e aceleração

int motorACEL = 5; // Pino aceleração
int motorRE = 6; // Pino Re
int motorDIR1 = 7; //Pino direção 1
int motorDIR2 = 8; //Pino direção 2
int motorPWM = 9; //Pino PWM para a velocidade do motor (direção)

// Definir os pinos de outros componentes
int farol = 4; // Pino farol
int freio = 3; // Pino lanterna do freio
int buzina = 2; // Pino buzina
int gFAzul = A0; // Acionar giroflex
int gFVermelho = A1; // Aciona giroflex
int setaDir = A2; //Aciona seta direita
int setaEsq = A3; //Aciona seta esquerda
int LuzRe = A4; //Aciona luz ré
```

Fonte: Autores, 2024.

Enquanto a movimentação do carrinho foi realizada a partir dos valores recebidos por um joystick virtual no smartphone, o código programado no Arduino Nano converteu essas informações em sinais PWM (Pulse Width Modulation) para os motores, ajustando a velocidade e a direção de deslocamento. O controle de aceleração e marcha à ré foi implementado por meio da variação da largura do pulso, enquanto o sistema de direção interpretava comandos específicos para acionar os motores responsáveis pelos movimentos de giro à direita ou à esquerda, também com controle proporcional via PWM. A Figura 10 apresenta trechos do código relacionados ao recebimento dos comandos via Bluetooth e à lógica de controle da movimentação do carrinho.

Figura 10 – Trechos de código para comunicação via Bluetooth e controle de movimentação.

```
if (JoyBX > 90) {
    int pwmValue = map(JoyBX, 90, 180, 0, 255);
    digitalWrite(motorDIR1, HIGH);
    digitalWrite(motorDIR2, LOW);
    analogWrite(motorPWM, pwmValue);
} else if (JoyBX < 90) {
    int pwmValue = map(JoyBX, 90, 0, 0, 255);
    digitalWrite(motorDIR1, LOW);
    digitalWrite(motorDIR2, HIGH);
    analogWrite(motorPWM, pwmValue);
}
```

```
DadosRecebidos = Serial.read(); // Armazena os
if (DadosRecebidos == 'A') {
    JoyAX = Serial.parseInt();
    while (DadosRecebidos != 'B') {
        if (Serial.available()) {
            DadosRecebidos = Serial.read();
            if (DadosRecebidos == 'Y') {
                JoyAY = Serial.parseInt();
            }
        }
    }
}
```

a) Código para recebimento de comandos Bluetooth

b) Código de controle de movimentação.

Fonte: Autores, 2024.

Adicionalmente, para viabilizar o controle remoto do carrinho via Bluetooth, foi utilizado o aplicativo *Bluetooth Electronics*, que permite a criação de interfaces personalizadas para envio de comandos ao microcontrolador Arduino Nano, por meio do módulo HC-06 (KEUWLSOFT, 2025). A plataforma disponibiliza elementos gráficos como botões, sliders e joysticks virtuais, os quais enviam caracteres específicos pela comunicação serial Bluetooth, correspondendo aos comandos interpretados pelo código do Arduino.

No projeto em questão, o joystick virtual foi configurado para controlar tanto a aceleração quanto a direção do carrinho, com os valores recebidos sendo convertidos em sinais PWM para o acionamento dos motores. Além disso, botões individuais foram programados para ativar funções adicionais, como setas, faróis, pisca-alerta, buzina, sirene e giroflex. Cada comando foi associado a um caractere específico, como por exemplo: 'F' para acender os faróis, 'E' para acionar a buzina e 'P' para ativar o pisca-alerta. A Figura 12 ilustra a interface desenvolvida no aplicativo utilizada para o controle do protótipo.

Figura 12 – Interface do aplicativo de controle do veículo.



Fonte: Autores, 2024.

É importante destacar que, devido à necessidade de isolar eletricamente a alimentação dos motores e do microcontrolador, foram utilizadas duas baterias de 9 V: uma dedicada à alimentação dos motores e outra ao Arduino Nano. Devido ao espaço reduzido na carcaça do veículo, ambas as baterias foram posicionadas na parte superior da estrutura, o que exigiu atenção especial quanto ao equilíbrio e à distribuição de peso, a fim de preservar a estabilidade do carrinho durante a operação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento do protótipo de carrinho controlado via smartphone proporcionou uma experiência educacional rica, permitindo a aplicação prática dos conceitos estudados na disciplina de Eletrônica Analógica I. Ao longo do projeto, foi possível integrar teoria e prática de maneira significativa, por meio da resolução de problemas reais e da experimentação direta com componentes eletrônicos, programação e sistemas embarcados. A Figura 13 apresenta a versão final do protótipo construída neste projeto, com vista lateral da estrutura montada e dos componentes instalados.

Figura 13 – Vista lateral do protótipo.



Fonte: Autores, 2024.

Além disso, a construção do protótipo envolveu o controle de motores de corrente contínua, o uso de sinais PWM para controle de velocidade e direção, a integração de módulos Bluetooth e a manipulação de LEDs e buzzers. Esses elementos não foram abordados isoladamente, mas sim dentro de um contexto funcional e interativo, no qual necessitou-se compreender seus princípios de funcionamento e interações para alcançar os objetivos do projeto.

Durante os testes, pode-se observar, por exemplo, como a carga das baterias afeta diretamente o desempenho do sistema, um fator muitas vezes negligenciado em abordagens exclusivamente teóricas. A necessidade de ajustes constantes no código, na montagem e na disposição dos componentes ofereceu oportunidades concretas para exercitar a resolução de problemas, tomada de decisão e adaptação frente a imprevistos. A Figura 14 apresenta uma vista lateral do carrinho, evidenciando o posicionamento das duas baterias de 9 V na parte superior da estrutura, um aspecto relevante para análise do impacto da alimentação no equilíbrio e na estabilidade operacional do sistema.

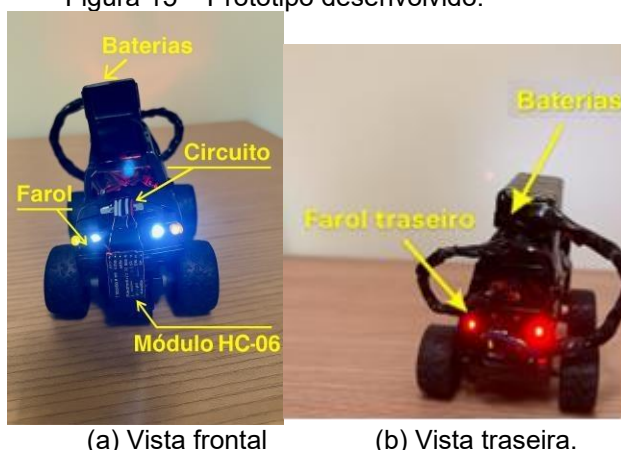
Figura 14 - Vista lateral do carrinho com as duas baterias de 9V.



Fonte: Autores, 2024.

Já a Figura 15 apresenta a vista frontal e traseira do carrinho com os faróis acesos e o LED lateral ativado, evidenciando o correto funcionamento do controle de iluminação implementado por meio dos ajustes no código.

Figura 15 – Protótipo desenvolvido.



(a) Vista frontal

(b) Vista traseira.

Fonte: Autores, 2024.

Adicionalmente, a Figura 16 ilustra o carrinho com o sistema de alerta ativado, com os dois piscas operando simultaneamente. Essa funcionalidade reforça a versatilidade do sistema e evidencia a implementação bem-sucedida de recursos adicionais que simulam sistemas reais de sinalização veicular.

Figura 16 – Carrinho com pisca-alerta ligado.



Fonte: Autores, 2024.

Além dos ganhos técnicos, o projeto contribuiu fortemente para o desenvolvimento de habilidades interpessoais, como comunicação, cooperação e trabalho em equipe. Como cada etapa do desenvolvimento exigia a articulação entre diferentes áreas do conhecimento (eletrônica, lógica de programação, design de interface), os estudantes foram estimulados a atuar de forma colaborativa, com divisão de tarefas, revisões coletivas e testes em conjunto.

A autonomia na tomada de decisões, especialmente em momentos de falhas ou incertezas, fortaleceu o pensamento crítico e o protagonismo dos discentes no processo de aprendizagem. A escolha de trabalhar diretamente com o hardware, por exemplo, partiu do grupo como estratégia para validar as soluções em tempo real, evidenciando maturidade e senso de responsabilidade com os resultados.

Ademais, o contato com um problema real e a construção de uma solução funcional reforçaram o valor da aprendizagem ativa. O projeto tornou evidente a diferença entre saber teórico e competência prática, ao exigir dos estudantes não apenas o domínio de conceitos, mas também a capacidade de aplicá-los em um sistema coerente, funcional e responsivo.

A prática permitiu consolidar conteúdos como controle de motores e modulação por largura de pulso (PWM), integração entre microcontrolador e periféricos, criação de interface de controle com o usuário final.

Dessa forma, percebe-se que a principal contribuição deste projeto reside na sua dimensão formativa. A utilização de uma abordagem baseada em projetos permitiu que os estudantes experimentassem, de maneira autônoma e significativa, o processo de concepção, implementação e validação de um sistema eletrônico completo, o que rompe com a lógica tradicional de ensino centrado na transmissão de conteúdo e aproxima o processo formativo das demandas reais da profissão. Ao atuar como protagonistas de sua própria aprendizagem, os estudantes assumiram responsabilidade pelos resultados obtidos e desenvolveram competências essenciais ao engenheiro contemporâneo, como criatividade, resiliência, análise crítica e trabalho colaborativo.

Essas experiências demonstraram como os conhecimentos da engenharia se materializam em soluções palpáveis, promovendo engajamento e maior motivação pela aprendizagem.

Além disso, a possibilidade de replicação deste projeto em contextos educacionais diversos, como escolas públicas e oficinas de iniciação tecnológica, amplia seu impacto social, tornando-o uma ferramenta potente para a promoção da inclusão científica e da formação de futuros profissionais mais conscientes e preparados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência adquirida ao longo do desenvolvimento do projeto evidenciou a importância do trabalho colaborativo, demonstrando como a contribuição individual de cada integrante foi essencial para o sucesso da implementação. O projeto proporcionou oportunidades valiosas para o desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais, destacando-se especialmente a capacidade de resolver problemas relacionados à depuração de código, à integração de componentes e à montagem eficiente dos circuitos.

Dentre os aprendizados mais relevantes, destaca-se a aplicabilidade do módulo Ponte H, fundamental para o controle de motores de corrente contínua. A compreensão do seu funcionamento, especialmente no que se refere à inversão de polaridade sem a necessidade de reconfiguração física, representa um conhecimento prático crucial para projetos de automação e robótica.

O projeto foi estruturado com base nos princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), uma abordagem pedagógica que promove a construção do conhecimento por meio da realização de atividades práticas e contextualizadas. Conforme aponta Barell (2011), a APB “é um modelo de ensino que consiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que consideram significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo de forma cooperativa em busca de soluções”. Essa metodologia mostrou-se eficaz ao proporcionar uma experiência de aprendizagem dinâmica, significativa e diretamente relacionada à realidade da formação em engenharia.

Além de aprofundar os conhecimentos em programação com Arduino, controle de movimento e integração de sensores e atuadores, o projeto demonstrou potencial para aplicação em contextos educacionais mais amplos. Nesse sentido, Cordeiro et al. (2023) ressaltam que experiências práticas e contextualizadas como esta, têm impacto positivo não apenas na aprendizagem, mas também no despertar do interesse por carreiras em tecnologia e engenharia. A replicação dessa atividade em escolas públicas, por exemplo, pode representar um incentivo ao interesse de jovens por áreas como engenharia, robótica e tecnologia, promovendo a inclusão científica e a democratização do acesso ao conhecimento técnico.

Dessa forma, a realização deste projeto reforça a efetividade das metodologias ativas no ensino de Engenharia Elétrica, contribuindo para uma formação mais completa, engajada e conectada com os desafios tecnológicos e sociais contemporâneos.

5.1 Limitações e melhorias futuras

Durante o desenvolvimento do projeto, foram identificadas limitações como falhas no código inicial e restrições de espaço físico para acomodação dos componentes, exigindo ajustes na placa e maior cuidado na montagem. Para versões futuras, sugere-se o uso de uma base maior, a adição de um sistema de som e a implementação de comunicação bidirecional via Bluetooth, com o objetivo de melhorar a estabilidade, a interatividade e a aplicabilidade do protótipo em contextos educacionais mais amplos.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Arduino Nano**. Arduino Documentation, 2023. Disponível em:
<https://docs.arduino.cc/hardware/nano/>. Acesso em: 7 fev. 2025.

BARELL, J. **Problem-based learning: an inquiry approach**. 2. ed. Thousand Oaks: Corwin Press, 2011.

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 48–67, 2013.

BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem-based learning: an approach to medical education**. New York: Springer, 1980.

CORDEIRO, R. G. et al. A utilização de metodologias ativas em cursos de Engenharia no Brasil: um estudo de caso. **Brazilian Journal of Engineering and Technology (BRAJETS)**, v. 11, n. 1, p. 01–15, 2023. Disponível em:
<https://brajets.com/index.php/brajets/article/view/908>. Acesso em: 7 fev. 2025.

ELETROGATE. **Mini Ponte H Dupla L298N**. 2025. Disponível em:
<https://www.eletrogate.com/mini-ponte-h-dupla-l298n>. Acesso em: 7 fev. 2025.

FELISARDO, R. J. A.; SANTOS, G. N. dos; GALRÃO, D. G. Uso do Arduino como ferramenta de prototipagem para desenvolvimento de dispositivos automáticos: uma revisão. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - Sergipe**, v. 8, n. 1, p. 11–26, 2023. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/11325>. Acesso em: 7 fev. 2025.

KAMADA, N. C. **Caracterização de motores de corrente contínua com ímã permanente e comutador**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em:
https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/28073/1/CT_COELE_2019_2_01.pdf. Acesso em: 7 fev. 2025.

KEUWLISOFT. **Bluetooth Electronics**: aplicativo móvel. [S.l.]: KEUWLISOFT, 2025. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.arduino bluetooth>. Acesso em: 7 fev. 2025.

KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.

MAKERHERO. **Mini Driver Motor Ponte H L298N**. 2025. Disponível em:
<https://www.makerhero.com/produto/mini-driver-motor-ponte-h-l298n>. Acesso em: 7 fev. 2025.

MAKERHERO. **O que é Buzzer? Tipos, função e aplicações**. 2024. Disponível em:
<https://www.makerhero.com/guia/componentes-eletronicos/buzzer/>. Acesso em: 7 fev. 2025.

PROJECTHUB. **Interfacing the HC-06 Bluetooth module with Arduino**. 2025. Disponível em: <https://projecthub.arduino.cc/RucksikaaR/interfacing-the-hc-06-bluetooth-module-with-arduino-94aabd>. Acesso em: 7 fev. 2025.

SILVA, H. S.; SILVA, G. W. Controle de velocidade em motores de corrente contínua. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ, 14., 2019, Guarujá. **Anais** [...]. Guarujá: UNAERP, 2019. Disponível em: <https://www.unaerp.br/documentos/2799-controle-de-velocidade-em-motores-de-corrente-continua/file>. Acesso em: 7 fev. 2025.

VIDA DE SILÍCIO. **Módulo Bluetooth HC-05 e HC-06**. 2025. Disponível em:
<https://portal.vidadesilicio.com.br/modulo-bluetooth-hc-05-e-hc-06/>. Acesso em: 7 fev. 2025.

DEVELOPMENT OF A SMARTPHONE-CONTROLLED CART AS A DIDACTIC TOOL FOR ELECTRICAL ENGINEERING EDUCATION.

Abstract: *This paper presents the development of a smartphone-controlled car via Bluetooth using an Arduino Nano, designed as a didactic tool for teaching Electrical Engineering. The project integrated DC motor control using an H-bridge module, as well as visual and sound signaling, along with a custom interface created in the Bluetooth Electronics app. Conducted under the Project-Based Learning (PBL) methodology, the experience provided students with practical applications of electronics, embedded systems, and programming concepts. The prototype demonstrated satisfactory performance and contributed to the development of both technical and collaborative skills. Limitations related to component layout and power supply were addressed during implementation, and future improvements include bidirectional communication and functional expansion, highlighting the project's educational potential and replicability.*

Keywords: *Robot car; Arduino Nano; Educational Project.*

