



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

VINÍCIUS DE ARAÚJO MEDEIROS

**PROTÓTIPO DE UM VEÍCULO ROBÓTICO DE PVC COM CONTROLE
ARDUINO PARA AGRICULTURA FAMILIAR DE PRECISÃO**

ANGICOS

2023

VINÍCIUS DE ARAÚJO MEDEIROS

**PROTÓTIPO DE UM VEÍCULO ROBÓTICO DE PVC COM CONTROLE
ARDUINO PARA AGRICULTURA FAMILIAR DE PRECISÃO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências e Tecnologias.

Orientador: Marcos Vinícius Cândido
Henriques, Prof. Dr.

ANGICOS

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

MM488 Medeiros, Vinicius de Araújo.
p PROTÓTIPO DE UM VEÍCULO ROBÓTICO DE PVC COM
 CONTROLE ARDUINO PARA AGRICULTURA FAMILIAR DE
 PRECISÃO / Vinicius de Araújo Medeiros. - 2023.
 37 f. : il.

 Orientador: Marcos Vinicius Cândido Henriques.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2023.

 1. Arduino nano. 2. PVC. 3. módulo bluetooth.
 4. motores DC. I. Henriques, Marcos Vinicius
 Cândido , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

 Biblioteca Campus Angicos
 Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
 CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

VINÍCIUS DE ARAÚJO MEDEIROS

**PROTÓTIPO DE UM VEÍCULO ROBÓTICO DE PVC COM CONTROLE
ARDUINO PARA AGRICULTURA FAMILIAR DE PRECISÃO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências e Tecnologias.

Defendida em: 11 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS VINICIUS CANDIDO HENRIQUES**
Data: 22/10/2023 19:01:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome do Orientador, Prof. Dr. Marcos Vinícius Cândido Henriques (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO DE OLIVEIRA GURGEL REBOUCAS**
Data: 22/10/2023 17:05:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome do Examinador Interno, Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **ALEX GARCEZ GOMES CASTRO**
Data: 22/10/2023 18:01:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome do Examinador Externo, Prof. Me. Alex Garcez Gomes Castro (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, meus pais, Suerda e Fernando, por me darem educação e a oportunidade de estudar, a minha irmã Fernanda por me dar em todos os momentos que precisei,

Agradeço aos meus avós Lourdes, Chagas por sempre desejarem a minha visita,

Agradeço ao professor e orientador Marcos Vinícius pela orientação, pela paciência e por toda disponibilidade durante a realização deste trabalho,

Agradeço a banca examinadora, Gustavo e Alex por aceitarem participar deste projeto,

Agradeço aos meus amigos e colegas da faculdade, Livia, Bárbara, Lara, Messias, Gedson, Lindenberg por me acolherem nesse espaço de estudo e serem presentes na minha vida,

Por fim, agradeço a minha namorada Maria Letícia, pelo companheirismo e incentivo.

o homem nasceu para aprender, aprender tanto
quanto a vida lhe permita

Guimarães Rosa

RESUMO

A agricultura familiar desempenha um papel vital na geração de empregos, na renda nacional e no fornecimento de alimentos para o país. Apesar de operar em áreas menores em comparação com grandes fazendas, a agricultura familiar desempenha um papel crucial na produção agrícola nacional. No entanto, devido aos custos elevados associados à mecanização agrícola, esses agricultores muitas vezes são deixados de fora desse processo essencial. Diante desse cenário, é essencial desenvolver abordagens mais acessíveis para reduzir custos e melhorar a coleta de dados, visando aumentar a produtividade nas lavouras. O projeto apresentado tem como objetivo principal desenvolver uma solução acessível e eficaz para a agricultura de precisão por meio da criação de um veículo robótico de baixo custo. A estrutura do veículo, construído principalmente com materiais de PVC, foi equipado com uma placa Arduino Nano e diversos componentes eletrônicos para funcionar de forma autônoma e sem fios externos, tornando-o ideal para aplicações na agricultura familiar. O robô móvel foi projetado para coletar dados agrícolas relevantes por meio de sensores específicos, possibilitando um controle mais eficiente das atividades agrícolas e auxiliando na tomada de decisões estratégicas. Para superar desafios como custos e alimentação independente, o projeto incorporou tecnologias como módulos Bluetooth e motores DC controlados por um módulo ponte H L298N. A montagem do robô envolveu a criação de uma estrutura robusta utilizando canos e conexões de PVC, proporcionando estabilidade e flexibilidade para movimentos suaves e controlados em diversos solos de interesse.

Palavras-chave: Arduino nano, PVC, módulo bluetooth, motores DC.

ABSTRACT

Family farming plays a vital role in generating employment, national income, and supplying food to the country. Despite operating on smaller scales compared to large farms, family farming is crucial in national agricultural production. However, due to the high costs associated with agricultural mechanization, these farmers are often left out of this essential process. Faced with this scenario, it is essential to develop more accessible approaches to reduce costs and improve data collection, aiming to increase productivity in crops. The presented project aims to develop an affordable and effective solution for precision agriculture by creating a low-cost robotic vehicle. The vehicle's structure, mainly built with PVC materials, has been equipped with an Arduino Nano board and various electronic components to operate autonomously without external wires, making it ideal for applications in family farming. The mobile robot was designed to collect relevant agricultural data through specific sensors, enabling more efficient control of agricultural activities and assisting in strategic decision-making. To overcome challenges such as costs and independent power supply, the project incorporated technologies such as Bluetooth modules and DC motors controlled by an L298N H-bridge module. The robot assembly involved creating a sturdy structure using PVC pipes and connections, providing stability and flexibility for smooth and controlled movements on various types of soil of interest.

Keywords: Arduino nano, PVC, bluetooth module, DC motors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Arduino nano	19
Figura 2	–	Aplicativo Arduino IDE	20
Figura 3	–	Esquemática de um motor DC	21
Figura 4	–	Circuito de uma ponte H	22
Figura 5	–	Módulo L298N	23
Figura 6	–	Módulo Bluetooth HC-05	23
Figura 7	–	Esquema de ligação do HC-05	24
Figura 8	–	Aplicativo Bluetooth RC Controller	24
Figura 9	–	Opções no aplicativo Bluetooth RC Controller	25
Figura 10	–	Lista de pareamento no aplicativo Bluetooth RC controller	25
Figura 11	–	Bateria de íon de Lítio 18650	26
Figura 12	–	Diagrama do circuito	27
Figura 13	–	Pés do robô	27
Figura 14	–	Adaptação dos pés	28
Figura 15	–	“cérebro” do robô	29
Figura 16	–	Robô móvel	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Especificações técnicas Motor DC com caixa de redução	21
Tabela 2	–	Pinos do módulo L298N	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Agricultura de Precisão
DC	Direct Current (corrente contínua)
PVC	Polyvinyl Chloride (Policloreto de polivinila)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
USB	Universal Serial Bus (Barramento Serial Universal)
VCC	Voltage Continuous Current (Tensão Contínua Positiva)
GND	Ground (Terra)
RPM	Rotações Por Minuto
PWM	Pulse Width Modulation (Modulação por largura de pulso)

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
Ω	Ohm

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivo geral.....	14
1.2 Objetivos Específico.....	15
2 ROBÓTICA AGRÍCOLA.....	16
2.1 Agricultura de Precisão.....	16
2.1.1 Agricultura de Precisão no Brasil.....	16
2.2 Prototipagem Arduino.....	17
2.2.1 Aplicações do Arduino à robótica agrícola.....	17
3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	18
3.1 Arduino.....	18
3.1.2 Código Arduino.....	19
3.2 Motores.....	20
3.2.1 Sistema de controle dos motores.....	21
3.2.2 Controle via Bluetooth.....	24
3.3 Alimentação.....	25
3.4 Parte elétrica.....	26
3.5 Corpo do robô.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1 Montagem.....	30
4.2 Objetivos alcançados.....	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
5.1 Desafios enfrentados.....	31
5.3 Sugestões de desenvolvimentos futuros.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
APÊNDICE A - Código do Arduino.....	34

1 INTRODUÇÃO

A agricultura familiar de precisão enfrenta desafios relacionados aos altos custos de implementação da automação e robótica no campo, bem como os custos associados à manutenção dessas tecnologias, como tratores, colheitadeiras, esteiras de irrigação, entre outros (SANTOS, 2010). Diante desse cenário, torna-se imperativo o desenvolvimento de novas abordagens visando a redução dos custos de implantação e operação da automação, bem como aprimorar a coleta e análise de dados para aumentar a produtividade nas lavouras.

Apesar de operar em áreas menores em comparação com grandes fazendas, a agricultura familiar desempenha um papel crucial na produção agrícola nacional, sendo responsável por fornecer 70% dos alimentos no mercado interno (IBGE, 2006).

Este projeto tem como objetivo a criação de um veículo robótico de baixo custo, construído a partir de materiais acessíveis, como PVC, que seja de fácil manutenção. Esse robô móvel se apresenta como uma potencial ferramenta para a agricultura familiar de precisão, pois poderá ser equipado com sensores especialmente projetados para atender às necessidades dos agricultores em sua cultura específica. Os dados coletados por esse dispositivo possibilitarão um controle mais eficaz das atividades agrícolas e da produtividade, ao mesmo tempo em que auxiliará na tomada de decisões estratégicas para o futuro.

Essa abordagem inovadora não apenas tornará a automação mais acessível para os produtores, mas também contribuirá significativamente para melhorar a eficiência e a sustentabilidade das práticas agrícolas, promovendo assim um desenvolvimento mais sólido e sustentável da agricultura familiar de precisão.

1.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste projeto é desenvolver um veículo robótico feito com materiais acessíveis, como PVC, e destinado especificamente para aplicações na agricultura. Este veículo será equipado com componentes eletrônicos como o Arduino e módulos compatíveis, e funcionará de forma autônoma em termos de alimentação.

A motivação por trás desse empreendimento reside na necessidade premente de oferecer uma solução de baixo custo para a agricultura de precisão (AP). Muitas das tecnologias tradicionalmente utilizadas nesse contexto envolvem despesas significativas, o que torna esses projetos praticamente inacessíveis para a maioria dos agricultores familiares.

Portanto, é crucial buscar alternativas mais econômicas e acessíveis para implementar a agricultura de precisão de maneira eficaz, proporcionando uma solução mais viável do ponto de vista financeiro.

1.2 Objetivos Específico

No decorrer deste projeto, uma série de objetivos específicos foram estabelecidos para orientar nossa pesquisa e desenvolvimento. Primeiramente, realizamos uma extensa pesquisa bibliográfica, analisando uma variedade de fontes relacionadas a veículos robóticos empregados na agricultura. Além disso, dedicamos tempo considerável para compreender os componentes essenciais necessários para a construção do nosso protótipo, incluindo a tubulação de PVC, circuitos eletrônicos, técnicas de programação e modelos de veículos utilizados nesse contexto.

Um dos focos principais foi o desenvolvimento e implementação do controle dos motores DC utilizando a plataforma Arduino. Investimos esforços significativos para criar um sistema de controle preciso e eficiente, permitindo a locomoção do nosso robô móvel de maneira autônoma e suave.

Posteriormente, dedicamos tempo significativo para testar e validar o desempenho do nosso robô móvel em condições reais de uso na agricultura familiar. Realizamos uma série de testes em ambientes agrícolas reais, permitindo-nos ajustar e refinar nosso protótipo com base nas experiências práticas, garantindo assim que nosso robô móvel atendesse às necessidades dos agricultores de forma eficaz e confiável.

2 ROBÓTICA AGRÍCOLA

A rápida evolução das máquinas ocorreu em paralelo ao avanço tecnológico nas fábricas após a Revolução Industrial, quando grande parte da população migrou das áreas rurais para as grandes cidades, resultando na diminuição da mão de obra disponível para trabalhar nos campos. Como resultado, há uma falta de trabalhadores que anteriormente desempenhavam as tarefas ligadas à gestão agrícola (ALVES, 2006). Essa transição facilitou a disseminação de tecnologias da indústria para a agricultura, promovendo o desenvolvimento de maquinários agrícolas de grande porte.

Durante o Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Tabile, Inamasu e Porto (2009) exploraram a aplicação da robótica na agricultura de precisão, destacando variáveis agrícolas cruciais. Entre essas variáveis, as propriedades do solo, a presença de pragas (incluindo doenças, insetos e plantas invasoras), incidência solar, temperatura e umidade do ar. Esse estudo oferece *insights* valiosos sobre a integração eficaz da tecnologia robótica para otimizar a produção agrícola, marcando um avanço significativo no campo da agricultura de precisão (TABILE; INAMASU; PORTO, 2009, p. 1-10).

Desse modo, a robótica desempenha um papel fundamental na agricultura, com robôs projetados para diversas aplicações, como irrigação, preparação do solo, colheita de culturas, pulverização de pesticidas, monitoramento e muito mais. No entanto, é importante ressaltar que o custo de implementação e manutenção dessas tecnologias ainda representa um desafio significativo para muitos agricultores (SMYTHE, 2014).

2.1 Agricultura de Precisão

2.1.1 Agricultura de Precisão no Brasil

A Agricultura de Precisão é uma prática essencial para otimizar a produção agrícola, aumentando tanto a produtividade quanto a sustentabilidade dessa atividade. Em um cenário de redução dos espaços agrícolas devido ao crescimento urbano e à exploração indiscriminada dos recursos naturais, a AP desempenha um papel crucial na gestão eficiente desses recursos na agricultura (MORGENSTERN; ALVES; MARAN, 2014. p.01).

Os desafios enfrentados nesse contexto estão diretamente relacionados à sustentabilidade da produção agrícola e à conservação dos recursos naturais. Isso inclui o estudo do solo, o uso adequado de pesticidas e fertilizantes, o controle de pragas, o

monitoramento das condições das folhas e dos frutos, bem como o gerenciamento do balanço hídrico (MORGENSTERN; ALVES; MARAN, 2014, p. 01).

Para atingir um controle eficaz na produção, é imprescindível coletar informações específicas para cada necessidade. Esses dados podem ser obtidos por meio de diversos tipos de sensores, adaptados conforme a demanda, e, em seguida, processados por ferramentas que os transformem em informações úteis para a tomada de decisões (MORGENSTERN; ALVES; MARAN, 2014, p. 01).

2.2 Prototipagem Arduino

O Arduino, criado na Itália em 2005, é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que oferece aos usuários a capacidade de desenvolver sistemas interativos de controle. Essa plataforma utiliza a linguagem de programação C/C++. O Arduino foi concebido com o objetivo de proporcionar uma alternativa acessível e de fácil utilização para iniciantes na área. Foi idealizado pelo professor Massimo Banzi e pelo pesquisador David Cuartielles (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2015, p. 25).

2.2.1 Aplicações do Arduino à robótica agrícola

O Arduino, como uma plataforma de código aberto, oferece uma vasta gama de módulos compatíveis com sua programação, abrindo um leque de oportunidades para a captura e processamento de dados. Essa flexibilidade é particularmente valiosa quando aplicada à AP, onde uma variedade de sensores desempenha um papel crucial.

Entre os diversos tipos de sensores disponíveis, destacam-se o sensor de umidade do ar, sensor de umidade do solo, controlador de motores, módulo Bluetooth, sensor de radiação solar, módulo GPS, módulo ultrassônico e câmera, todos essenciais para diversas aplicações na AP.

Neste protótipo específico, concentramos nossos esforços em selecionar os módulos essenciais que nos permitirão controlar um robô móvel por meio de um dispositivo celular usando a tecnologia *Bluetooth*. No entanto, é importante observar que esse sistema é flexível e pode ser facilmente aprimorado no futuro, permitindo a incorporação de outros módulos e sensores para otimizar ainda mais as operações agrícolas.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

A metodologia adotada neste projeto baseou-se no modelo proposto por Back (1983), que preconiza a construção de um produto a partir de uma análise detalhada das necessidades e requisitos de engenharia. Para tanto, foram consultadas diversas fontes bibliográficas sobre rovers agrícolas, ao mesmo tempo em que foram selecionados cuidadosamente os componentes eletrônicos e mecânicos necessários para a construção do protótipo. Além disso, foi elaborado o código de programação para o Arduino utilizando o software correspondente, visando ao controle dos motores DC. Paralelamente, conduziram-se testes com diferentes tipos de baterias a fim de alimentar eficientemente os motores, o que permitiu o desenvolvimento e a refinagem dos aspectos mecânicos e elétricos do robô móvel.

A etapa subsequente consiste na montagem e integração dos componentes, visando à realização de ensaios e ajustes essenciais para assegurar o pleno funcionamento do projeto. Este processo meticuloso visa garantir que o robô móvel seja capaz de desempenhar suas funções de forma eficaz e confiável.

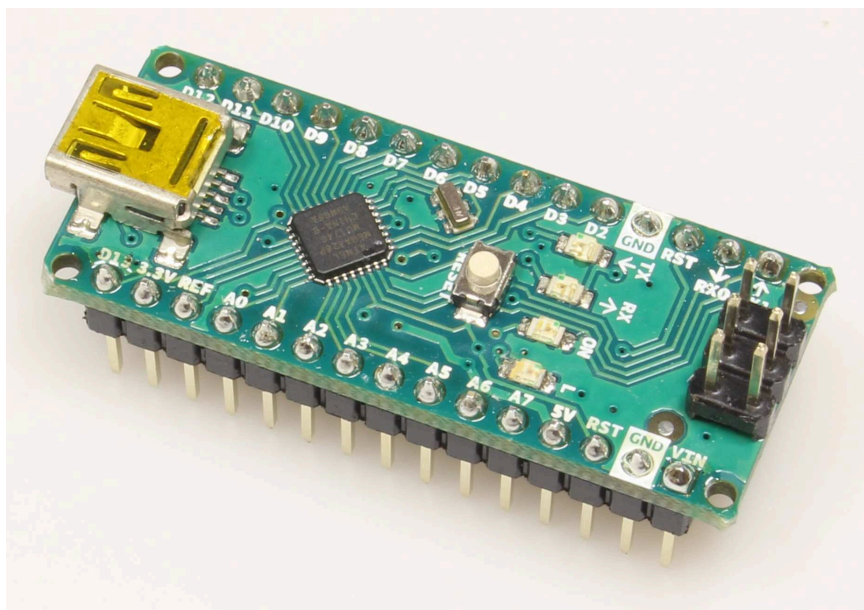
3.1 Arduino

Neste protótipo usaremos o Arduino Nano, apresentado na figura 1, que é uma das placas mais populares e versáteis dentro da família Arduino, oferecendo uma série de especificações notáveis que o transformam na escolha preferencial para inúmeros projetos. Suas dimensões reduzidas permitem uma fácil incorporação em caixas e gabinetes de pequenas dimensões, garantindo a flexibilidade de design.

Apesar de seu tamanho reduzido, o Nano não faz concessões em termos de conectividade. Ele oferece um número de 30 pinos de entrada/saída ao total, possibilitando a conexão de diversos módulos e sensores simultaneamente, o que amplia suas capacidades.

O Arduino Nano é equipado com o potente microcontrolador ATmega328P, que disponibiliza uma ampla gama de recursos e capacidades de processamento. Além disso, ele oferece uma memória flash duplicada, quantidade suficiente para armazenar programas e dados, bem como SRAM para manipulação eficiente de variáveis durante a execução do código (AL-MIMI et al., 2020).

Figura 1 - Arduino nano



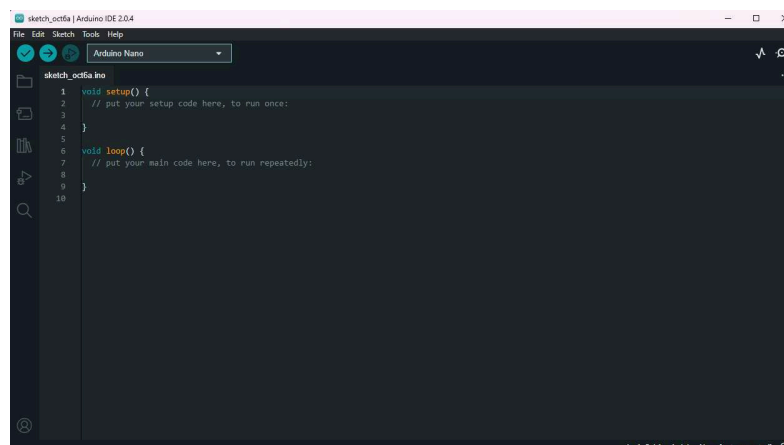
Fonte:(ARDUINO NANO, 2023).

Em resumo, o Arduino Nano é uma escolha viável para projetos que exigem um equilíbrio entre desempenho e economia de espaço físico. Suas especificações robustas e tamanho compacto tornam-no uma ferramenta versátil para uma variedade de aplicações no cotidiano.

3.1.2 Código Arduino

Para desenvolver o código Arduino, utilizamos a Arduino IDE, uma aplicação dedicada da Arduino, mostrada na figura 2. Com essa plataforma, conseguimos criar um código que executa de forma consistente as instruções para movimentação nas direções desejadas. O código é auto explicativo, envolvendo a definição dos pinos, variáveis necessárias e a leitura de dados provenientes do celular via módulo Bluetooth HC-05, o código utilizado foi o do apêndice A. Para utilizar o código, basta conectar o Arduino ao computador através de um cabo USB, selecionar a porta correta, revisar o código e fazer o upload para o Arduino.

Figura 2: Aplicativo Arduino IDE

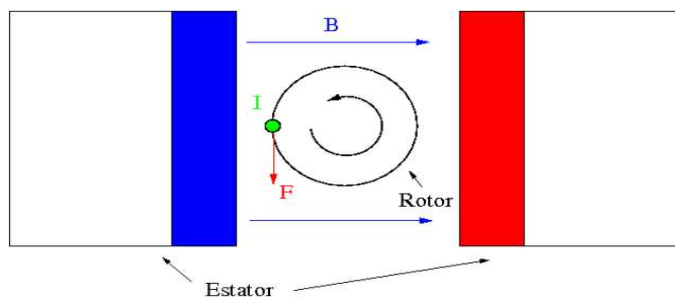


Fonte: Autoria própria

3.2 Motores

Neste estudo, optamos pelo uso de motores DC, que são ativados por corrente contínua, estabelecendo um sistema com campo magnético constante, mas com fluxo variável. Um motor DC típico é composto por duas partes essenciais: o componente estático (ou estator) e a parte móvel (ou rotor). Seu funcionamento é desencadeado pelo fornecimento de energia elétrica ao estator, criando um campo magnético que se modifica ao longo do tempo, transformando o estator em um eletroímã. Consequentemente, o rotor entra em movimento em resposta a essas variações no campo magnético, conforme representado esquematicamente na figura 3. Esse princípio básico, que é explicado pela lei de Lenz-Faraday, define o funcionamento dos motores DC (CHAPMAN, 2013).

Figura 3 - Esquemática de um motor DC



Fonte:(ESQUEMA MOTOR CC, 2023).

Neste trabalho foi escolhido o motor DC de 3-6V com caixa de redução e eixo duplo pela facilidade do entendimento do mesmo, além da sua fácil substituição. A seguir, a tabela 1 demonstra as especificações do motor.

Tabela 1 - Especificações técnicas Motor DC com caixa de redução

Especificações técnicas	
Tensão nominal	6V
Tensão de operação	3V - 6V
Redução	01:48
Peso	30g
Corrente sem carga	150mA (3V) e 200mA (6V)
Velocidade sem carga	90 RPM (3V) e 200 RPM (6V)

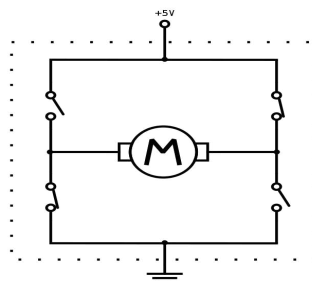
Fonte: (MOTOR 6V, 2023).

3.2.1 Sistema de controle dos motores

Para o controle dos motores foi utilizado um módulo ponte H L298N, com ele é possível controlar o sentido da rotação dos motores e também a velocidade. Este módulo, chamado de ponte H devido à sua configuração em forma de letra "H", é composto por quatro interruptores dispostos em um padrão H, com o motor situado no centro. Ao fechar duas chaves específicas simultaneamente, ocorre a inversão da polaridade da tensão fornecida ao motor, resultando em uma mudança na direção de rotação. Além disso, o módulo L298N integra-se harmoniosamente com o Arduino, permitindo a utilização dos pinos PWM para controle fino da velocidade dos motores, conferindo flexibilidade e precisão ao sistema de

controle. Esse arranjo inteligente é ilustrado na Figura 4, fornecendo uma visão clara do circuito da ponte H:

Figura 4 - Circuito de uma ponte H



Fonte: (H-BRIDGE, 2023).

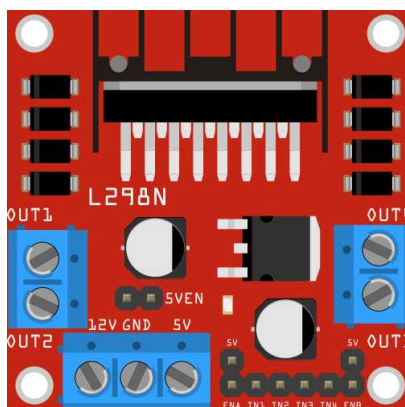
O módulo L298N apresenta os seguintes pinos para o controle dos motores, como mostra a tabela 2 e pode ser observado na figura 5:

Tabela 2 - Pinos do módulo L298N

Pinos do L29N	
VCC (12V)	Entrada que é responsável pela alimentação dos motores, transferindo a mesma tensão para os motores.
GND	Sinal comum de referência para o circuito, que deverá ser o mesmo GND do Arduino.
VLOGIG	responsável pela alimentação lógica da ponte H
5VEN	Jumper responsável por ativar ou desativar o regulador de tensão da alimentação de Vlogic
MotorA (OUT1 e OUT2)	Saída de comando para motor A
MotorB (OUT3 e OUT4)	Saída de comando para motor B
ENA	Jumper responsável pelo controle de velocidade do motor A
ENB	Jumper responsável pelo controle de velocidade do motor B
IN1 e IN2	Entrada de comando para motor A
IN3 e IN4	Entrada de comando para motor B

Fonte: (PONTE H L298N, 2023).

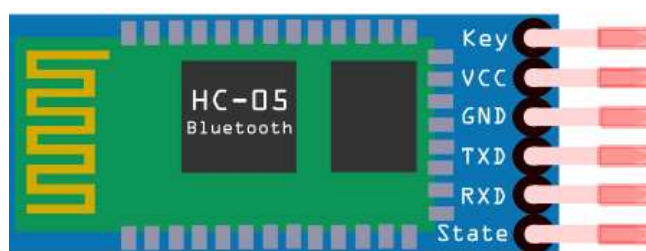
Figura 5: Módulo L298N



Fonte: (L298N DC MOTOR DRIVER, 2019).

Para gerenciar os motores sem a necessidade de fios, integramos o módulo Bluetooth HC-05, apresentado na figura 6. Esse componente nos permitiu controlar o robô por meio de um aplicativo Arduino em celulares com sistema operacional android, proporcionando uma maneira prática e eficiente de operação. Essa abordagem eliminou a necessidade de cabos, simplificando significativamente o controle do robô durante o projeto.

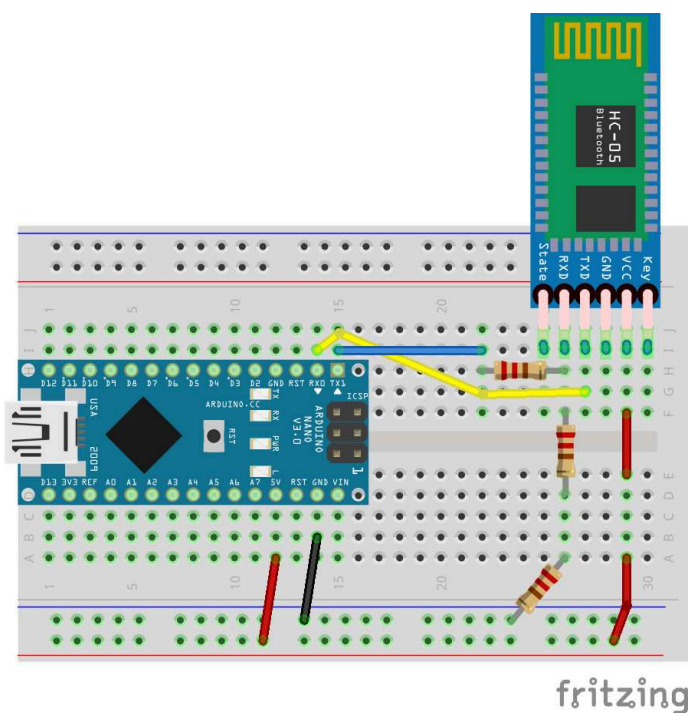
Figura 6: Módulo Bluetooth HC-05



Fonte: (HC-05 BLUETOOTH MODULE, 2017).

O módulo Bluetooth HC-05 opera com uma tensão de 3,3 V, enquanto o Arduino funciona com 5 V. Para harmonizar essas diferenças de voltagem, foram incorporados três resistores de 1 K Ω , conforme ilustrado na figura 7. Essa solução garante uma comunicação estável e eficiente entre o módulo *Bluetooth* e o Arduino.

Figura 7: Esquema de ligação do HC-05

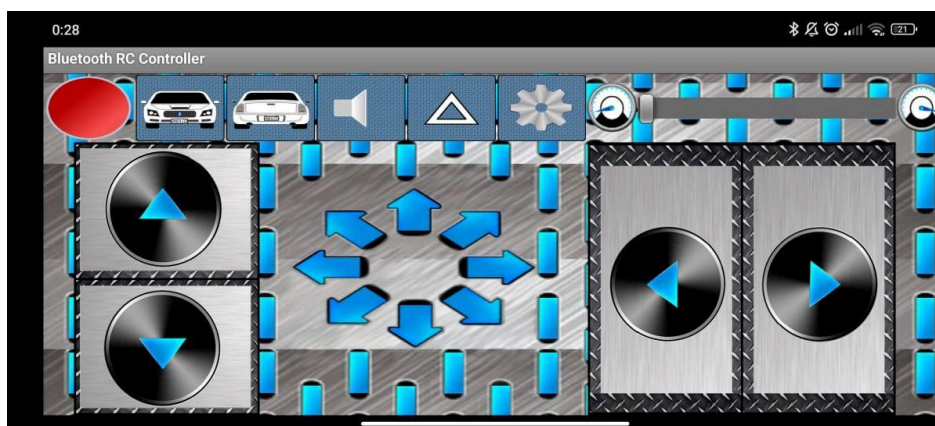


Fonte: Própria. Adaptado de (FRITZING, 2023).

3.2.2 Controle via Bluetooth

Para a utilização do controle bluetooth através do celular é necessário a utilização de uma aplicativo, nesse projeto o aplicativo que utilizamos foi o “*Bluetooth RC Controller*” instalado pela *Google Play Store* na versão 2.1, este aplicativo foi desenvolvido pela Andi.Co. Para conseguir utilizá-lo, primeiramente temos que parear o módulo *bluetooth* HC-05 com o celular. Após esse procedimento, deve-se executar o aplicativo *Bluetooth RC Controller*, onde aparecerá a tela inicial, apresentada na figura 8:

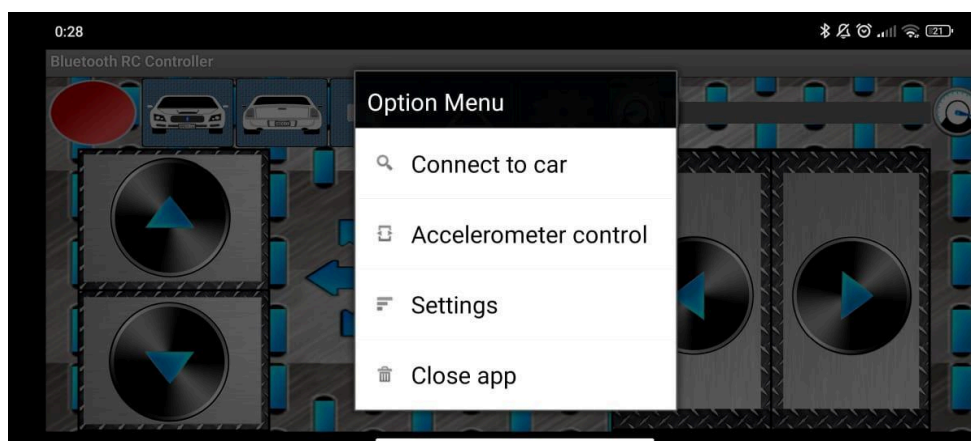
Figura 8: Aplicativo Bluetooth RC Controller



Fonte: Autoria própria

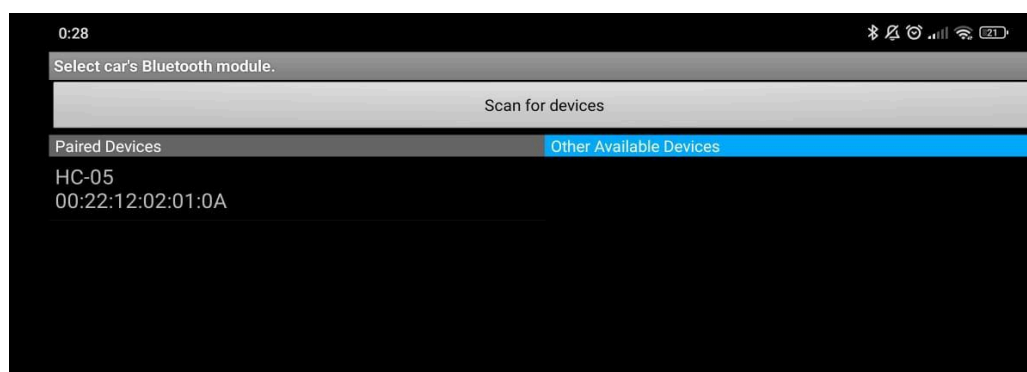
E, em seguida, selecionamos o ícone com figura de engrenagem no canto superior da tela, vamos em "Connect to car" (figura 9) e escolhemos o módulo HC-05 na lista apresentada, conforme a figura 10. Após essas etapas, o aplicativo estará pronto para uso, proporcionando controle remoto via *Bluetooth* para o robô.

Figura 9: Opções no aplicativo Bluetooth RC Controller



Fonte: Autoria própria

Figura 10: Lista de pareamento no aplicativo Bluetooth RC controller



Fonte: Autoria própria

3.3 Alimentação

Para alimentar os componentes, foram escolhidas baterias de íon de lítio devido ao seu excelente desempenho em termos de watt-hora por peso, sendo uma escolha padrão para protótipos móveis. No presente projeto, optamos pelo modelo ICR 18650, onde o "I" representa o lítio, a letra "C" denota o cobalto, e "R" indica que é recarregável, com os

números indicando o diâmetro e comprimento em milímetros, respectivamente. Essa escolha foi motivada pelas vantagens evidentes dessas baterias, incluindo sua disponibilidade no mercado, custo acessível e capacidade de recarregamento, tornando-as uma solução prática e sustentável. A figura 11 mostra esse modelo de bateria.

Figura 11: Bateria de íon de Lítio 18650



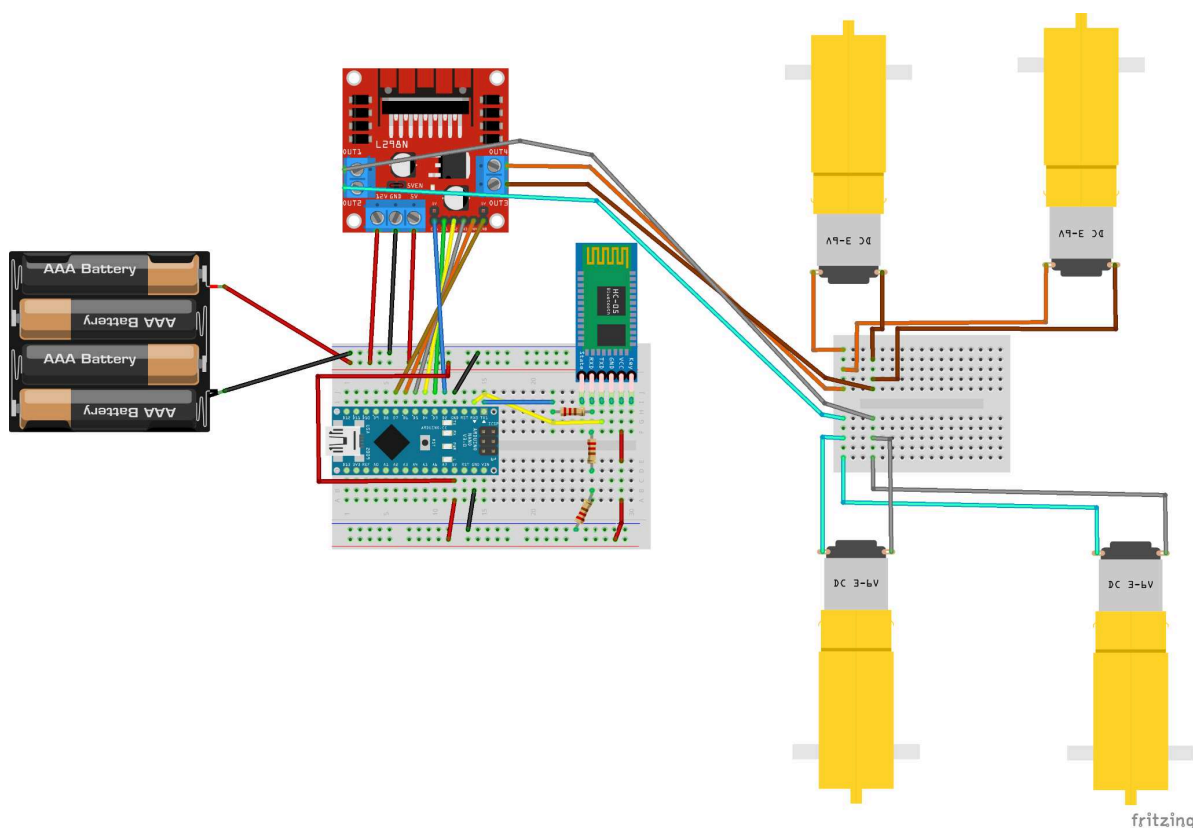
Fonte:(18650 LI-ION BATTERY 3,7 V, 2022)

Utilizamos quatro dessas baterias no protótipo, sendo duas conectadas em paralelo e duas em série. Cada bateria possui uma tensão nominal de 3,7 V, resultando em uma tensão combinada de 7,4 V no *pack* de baterias. No entanto, isso excede o limite de tensão do Arduino Nano, então implementamos um regulador de tensão do modelo XL4016e1 para manter a tensão estável em 5 V, garantindo um funcionamento seguro e eficiente dos componentes eletrônicos.

3.4 Parte elétrica

Para interconectar todos os componentes, empregamos duas placas protoboard. Uma delas dedicada à ligação dos módulos ao Arduino e à alimentação dos mesmos, enquanto a outra responsável por conectar os dois motores do lado esquerdo à saída do motor A da ponte H, e os dois motores do lado direito à saída do motor B. Essa configuração permitiu uma organização eficiente dos cabos e uma integração ordenada dos elementos do sistema, garantindo um funcionamento sincronizado e sem problemas. A figura 12 mostra o diagrama completo do circuito deste projeto.

figura 12: Diagrama do circuito

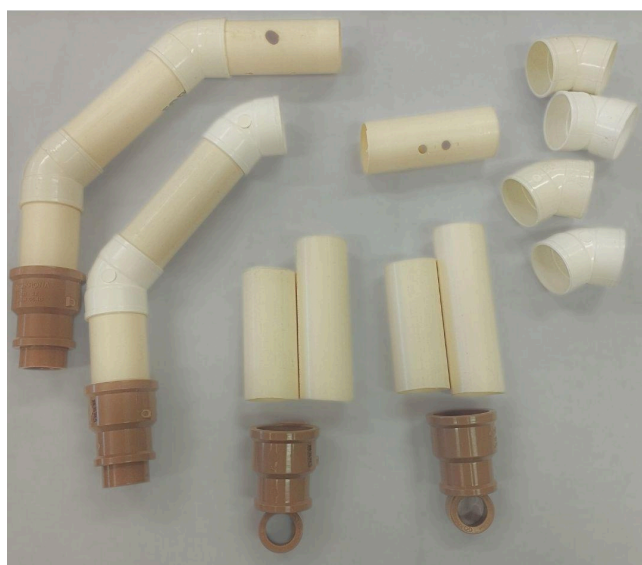


Fonte: Própria. Adaptado de (FRITZING, 2023).

3.5 Corpo do robô

Para criar a estrutura das pernas do robô, utilizamos uma combinação de canos, luvas de redução, buchas de redução e joelhos de PVC, apresentadas na figura 13.

Figura 13: Pés do robô



Fonte: Autoria Própria

Na base dos pés do carrinho, desenvolvemos uma adaptação para encaixar os motores no robô, apresentado na figura 14. Esta adaptação consiste em uma bucha de redução de 32 mm para 25 mm que se ajusta perfeitamente às dimensões do motor, o intuito dessa peça adaptada é centralizar o motor na base do pé para que assim possa ser usado o duplo eixo do motor, e assim diminuindo o momento gerado caso fosse usado somente uma roda do motor, como feita usualmente. A bucha é conectada a uma luva de redução de 40 mm para 32 mm, e na extremidade maior da redução é acoplado um cano de 9 cm, seguido por um joelho de 45°. A esse joelho, conectamos outro cano de 12 cm, seguido por mais um joelho de 45°. Todos os canos e joelhos possuem um diâmetro de 40 mm. Para unir esses pés, utilizamos um cano de 10 cm, onde fizemos alguns furos para passar os fios dos motores e para fixar os pés no carrinho, utilizando parafusos.

Figura 14: Adaptação dos pés



Fonte: Autoria própria

Para formar o que foi nomeado de "cérebro" do robô, utilizamos canos e joelhos de PVC, juntamente com uma vasilha plástica que abriga os componentes eletrônicos, apresentados na figura 15. Essa vasilha é suportada por um retângulo com dois canos de 15 cm e dois canos de 13 cm, interligados por quatro joelhos de 90°. Para unir as pernas do robô à estrutura principal, utilizamos três parafusos, dois para uma perna e um para a outra, permitindo que cada perna se mova de forma independente e garantindo que a vasilha não fique emborcada em terrenos acidentados, e entre as pernas e o suporte do "cérebro" há pedaços de madeira para diminuir o desgaste a partir da fricção dos canos. Essa estrutura

proporciona estabilidade e flexibilidade ao robô, permitindo movimentos suaves, controlados e estáveis.

Figura 15: Suporte para o “cérebro” do robô



Fonte: Autoria própria

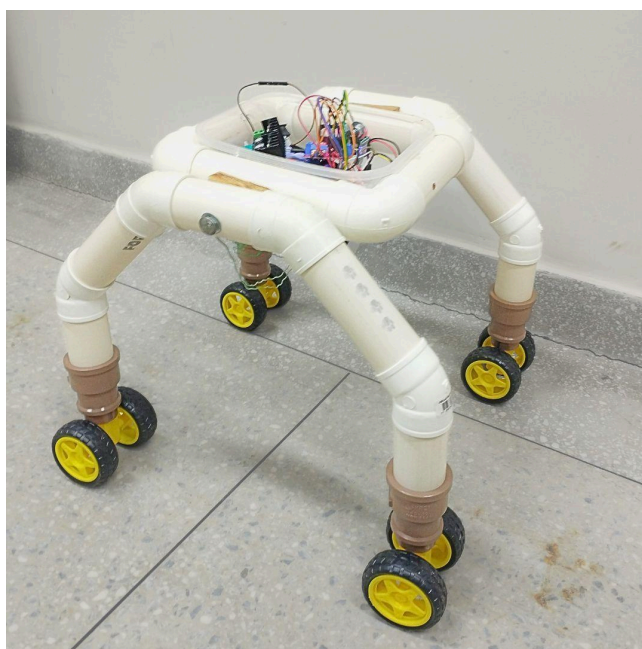
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção será apresentado os resultados obtidos com a elaboração do protótipo.

4.1 Montagem

Na montagem do robô utilizamos apenas as luvas de redução e os joelhos para cano PVC no encaixe dos canos nos pés, porém foi utilizado cola para a fixação dos motores na base dos pés. Já para a junção dos pés ao “cérebro” foram utilizados parafusos com rosca, arruelas e porcas. Após unir todas as peças, temos o robô móvel montado por completo conforme apresentado na figura 16.

Figura 16: Robô móvel



Fonte: Autoria própria

4.2 Objetivos alcançados

O principal objetivo deste projeto era desenvolver um protótipo utilizando materiais acessíveis, como o PVC, e equipá-lo com uma placa Arduino Nano, juntamente com componentes que possibilitassem o funcionamento e a locomoção sem a necessidade de fios externos. Além disso, o foco estava na criação de uma solução de alimentação independente para o veículo. Esses objetivos foram alcançados com sucesso, resultando em um robô móvel funcional e autônomo em relação a alimentação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Desafios enfrentados

Neste projeto, enfrentamos várias dificuldades até chegar ao resultado final, especialmente ao escolher os componentes eletrônicos adequados. No entanto, o desafio mais significativo foi encontrar uma solução de alimentação independente para o robô. Inicialmente, tentamos usar duas pilhas ligadas em paralelo com uma tensão de 3,7 V, mas não foi possível alimentar os quatro motores dessa maneira. Quando tentamos conectar as pilhas em série para obter 7,2 V, enfrentamos problemas de comunicação entre os componentes devido à alta voltagem. Para superar esse obstáculo, optamos por usar uma fonte de alimentação controlada para determinar a tensão ideal. Descobrimos que uma tensão de 5 V era a mais adequada e também identificamos a necessidade de uma corrente elétrica mínima para garantir o funcionamento adequado dos motores. Assim, decidimos utilizar um controlador de tensão em conjunto com um *pack* de quatro pilhas, sendo duas ligadas em paralelo e duas em série, para fornecer uma solução de energia eficaz e econômica para o projeto.

5.3 Sugestões de desenvolvimentos futuros

No que diz respeito aos desenvolvimentos futuros do projeto, há várias sugestões valiosas a serem consideradas. Em primeiro lugar, é desejável incorporar mais módulos destinados a diversas atividades agrícolas, como sensores de umidade do ar, temperatura, câmeras e sensores de proximidade, entre outros de interesse para a AP. Consequentemente, há possibilidade de melhorias na alimentação, visando aumentar a autonomia do protótipo. Um desafio importante a ser enfrentado é o aumento do torque dos motores, especialmente ao considerar a possibilidade de adicionar mais módulos e uma bateria maior, o que inevitavelmente resultará em um aumento de peso. Portanto, é crucial investir em motores com um torque substancialmente maior para garantir a eficácia operacional do robô móvel em futuras iterações do projeto.

REFERÊNCIAS

18650 LI-ION BATTERY 3.7V. Fev. 2022. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EBL_18650_Li-ion_Rechargeable_Battery_3.7V_3000mAh.jpg. Acesso em: 5 out. 2023.

AL-MIMI, Hani et al. A study on new Arduino Nano Board for WSN and IoT applications. **International Journal of Advanced Science and Technology**, v. 29, n. 4, p. 10223-10230, 2020.

ARDUINO NANO. Abr. 2018. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino_nano_isometr.jpg. Acesso em: 3 out. 2023.

ALVES, Eliseu. Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias. **Embrapa Informação Tecnológica**, v. 181, 2006.

BACK, Nelson. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Guanabara Dois, 1983.

CHAPMAN, Stephen J. Fundamentos de máquinas elétricas [recurso eletrônico] / Stephen J. Chapman; tradução: Anatólio Laschuk. – 5ª Ed – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: AMGH, 2013.

ESQUEMA MOTOR CC. Maio 2009. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Esquema_motor_cc.png. Acesso em: 3 out. 2023.

EVANS, Martin; NOBLE, Joshua; HOCHENBAUM, Jordan. Arduino EM AÇÃO – 1ª. Ed – São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2015

H-BRIDGE. Dez. 2020. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:H-bridge_circuit.svg. Acesso em: 4 out. 2023.

HC-05 BLUETOOTH MODULE. Ago. 2017. Disponível em: <https://forum.fritzing.org/t/hc-05-hc-06-bluetooth-module-footprint/4317>. Acesso em: 4 out. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Censo Agropecuário 2006**: Agricultura Familiar, Primeiros Resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. p 266.

L298N DC MOTOR DRIVER. Nov. 2019. Disponível em: <https://forum.fritzing.org/t/h-bridge-with-l298n-motor-driver/7711/2>. Acesso em: 4 out. 2023.

MORGENSTERN, Marcos Sulzbach; ALVES, Roger Victor; MARAN, Vinicius. Definição de uma rede de sensores sem fio para a arquitetura AgroMobile. Salão do Conhecimento, 2014.

MOTOR 6V. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/motor-dc-3-6v-com-caixa-de-reducao-e-eixo-duplo>. Acesso em: 21 set. 2023.

PONTE H L298N. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>. Acesso em: 21 set. 2023.

SANTOS, Paula Machado dos. **Modelagem do desempenho em tração de conjuntos mecanizados visando ao dimensionamento do trator**. 2010. 161 p. Tese de doutorado - Universidade federal de Santa Catarina, [s. l.], 2010.

SMYTHE, Luís Felipe. Estado da Arte da Robótica Agrícola. 2014. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/pipesmythe/estado-da-arte-da-robotica-agrcola-sistemasautnomos>. Acesso em: 11 setembro. 2023.

TABILE, Rubens Andre; INAMASU, Ricardo Y.; PORTO, Arthur José Vieira. Robótica na agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, João Pessoa. Anais do 38º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. João Pessoa: SBEA, 2009. p. 1-10.

APÊNDICE A - Código do Arduino

```
// === Pinos utilizados no driver L298 === //
#define ENA 7      //o pino ENA do Driver será ligado ao pino 7 do arduino
#define IN1 3      //o pino IN1 do Driver será ligado ao pino 3 do arduino
#define IN2 4      //o pino IN2 do Driver será ligado ao pino 4 do arduino
#define IN3 5      //o pino IN3 do Driver será ligado ao pino 5 do arduino
#define IN4 6      //o pino IN4 do Driver será ligado ao pino 6 do arduino
#define ENB 2      //o pino ENB do Driver será ligado ao pino 2 do arduino

// ==== Variáveis utilizadas ==== //
char Texto_Recebido;    //variável do tipo caracter (char) - recebe dados do HC-05
byte velocidade = 255;  //variável do tipo byte usada no controle da velocidade
int tempo = 10;         //para a variável não mudar bruscamente

void setup() {
// === Definição dos pinos de saída === //
  pinMode(ENA, OUTPUT);          //configura o pino do ENA como saída
  pinMode(IN1, OUTPUT);          //configura o pino do IN1 como saída
  pinMode(IN2, OUTPUT);          //configura o pino do IN2 como saída
  pinMode(IN3, OUTPUT);          //configura o pino do IN3 como saída
  pinMode(IN4, OUTPUT);          //configura o pino do IN4 como saída
  pinMode(ENB, OUTPUT);          //configura o pino do ENA como saída
  Serial.begin(9600);            //Inicia a comunicação serial
}

void loop() {
// === Dados recebidos na comunicação === //
  if (Serial.available() == 0) {
    Texto_Recebido = 'S'; //Situação necessária para parar o carro
  }
  if (Serial.available() > 0) {
    Texto_Recebido = Serial.read(); //a leitura serial é atribuído à variável
    delay(15);                      //para a variável não mudar bruscamente
  }

// === Movimentação do carro === //
  if (Texto_Recebido == 'F') {      //"SE" for "F", se movimenta para Frente
    Serial.println("Para Frente"); //imprime o texto "Para Frente" no monitor serial
    analogWrite (ENA, velocidade); //envia para ENA o valor da velocidade do motor 1
    analogWrite (ENB, velocidade); //envia para ENB o valor da velocidade do motor 2
    digitalWrite(IN1, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN1
    digitalWrite(IN2, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN2
    digitalWrite(IN3, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN3
    digitalWrite(IN4, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN4
    delay(tempo);                   //para a variável não mudar bruscamente
  }
}
```

```

    }

    else if (Texto_Recebido == 'I') {    //"SE" for "I", se movimenta para Frente e
    Esquerda

        Serial.println("Para Frente e Esquerda"); //imprime o texto "Para Frente e
    Esquerda" no monitor serial

        analogWrite (ENA, velocidade); //envia para ENA o valor da velocidade do motor 1
        analogWrite (ENB, velocidade-150); //envia para ENB o valor da velocidade-150 do
    motor 2

        digitalWrite(IN1, 1);            //envia nível lógico alto para o pino IN1
        digitalWrite(IN2, 0);            //envia nível lógico baixo para o pino IN2
        digitalWrite(IN3, 1);            //envia nível lógico alto para o pino IN3
        digitalWrite(IN4, 0);            //envia nível lógico baixo para o pino IN4
        delay(tempo);                    //para a variável não mudar bruscamente
    }

    else if (Texto_Recebido == 'G') { //"SE" for igual a 'G', se movimenta para Frente
    e Direita.

        Serial.println("Para Frente e Direita"); //imprime o texto "Para Frente e Direita"
    no monitor serial

        analogWrite (ENA, velocidade-150); //envia para ENA o valor da velocidade-150 do
    motor 1

        analogWrite (ENB, velocidade); //envia para ENB o valor da velocidade do motor 2
        digitalWrite(IN1, 1);            //envia nível lógico alto para o pino IN1
        digitalWrite(IN2, 0);            //envia nível lógico baixo para o pino IN2
        digitalWrite(IN3, 1);            //envia nível lógico alto para o pino IN3
        digitalWrite(IN4, 0);            //envia nível lógico baixo para o pino IN4
        delay(tempo);                    //para a variável não mudar bruscamente
    }

    else if (Texto_Recebido == 'B') { //"SE" for igual a 'B', se movimenta para Trás.
    Serial.println("Para Trás");        //imprime o texto "Para Trás" no monitor serial
        analogWrite (ENA, velocidade); //envia para ENA o valor da velocidade do motor 1
        analogWrite (ENB, velocidade); //envia para ENB o valor da velocidade do motor 2
        digitalWrite(IN1, 0);            //envia nível lógico baixo para o pino IN1
        digitalWrite(IN2, 1);            //envia nível lógico alto para o pino IN2
        digitalWrite(IN3, 0);            //envia nível lógico baixo para o pino IN3
        digitalWrite(IN4, 1);            //envia nível lógico alto para o pino IN4
        delay(tempo);                    //para a variável não mudar bruscamente
    }

    else if (Texto_Recebido == 'H') { //"SE" for igual a 'H', se movimenta para Trás e
    esquerda.

        Serial.println("Para Trás e Esquerda"); //imprime o texto "Para Trás e Esquerda"
    no monitor serial

```

```

    analogWrite (ENA, velocidade-150); //envia para ENA o valor da velocidade-150 do
motor 1
    analogWrite (ENB, velocidade); //envia para ENB o valor da velocidade do motor 2
    digitalWrite(IN1, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN1
    digitalWrite(IN2, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN2
    digitalWrite(IN3, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN3
    digitalWrite(IN4, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN4
    delay(tempo);                   //para a variável não mudar bruscamente
}

else if (Texto_Recebido == 'J') { // "SE" for igual a 'J', se movimenta para Trás e
direita.
    Serial.println("Para Trás e Direita"); //imprime texto "Para Trás e Direita" no
monitor serial
    analogWrite (ENA, velocidade); //envia para ENA o valor da velocidade do motor 1
    analogWrite (ENB, velocidade-150); //envia para ENB o valor da velocidade-150 do
motor 2
    digitalWrite(IN1, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN1
    digitalWrite(IN2, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN2
    digitalWrite(IN3, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN3
    digitalWrite(IN4, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN4
    delay(tempo);                   //para a variável não mudar bruscamente
}

else if (Texto_Recebido == 'L') { // "SE" for igual a 'L', movimenta para a esquerda.
Serial.println("Para Esquerda"); //imprime texto "Para Esquerda" no monitor serial
    analogWrite (ENA, velocidade); //envia para ENA o valor da velocidade do motor 1
    analogWrite (ENB, velocidade); //envia para ENB o valor da velocidade do motor 2
    digitalWrite(IN1, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN1
    digitalWrite(IN2, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN2
    digitalWrite(IN3, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN3
    digitalWrite(IN4, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN4
    delay(tempo);                   //para a variável não mudar bruscamente
}

else if (Texto_Recebido == 'R') { // "SE" for igual a 'R', movimenta para a direita.
Serial.println("Para Direita"); //imprime texto "Para Direita" no monitor serial
    analogWrite (ENA, velocidade); //envia para ENA o valor da velocidade do motor 1
    analogWrite (ENB, velocidade); //envia para ENB o valor da velocidade do motor 2
    digitalWrite(IN1, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN1
    digitalWrite(IN2, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN2
    digitalWrite(IN3, 0);           //envia nível lógico baixo para o pino IN3
    digitalWrite(IN4, 1);           //envia nível lógico alto para o pino IN4
    delay(tempo);                   //para a variável não mudar bruscamente
}

```

```
else if (Texto_Recebido == 'S') { // "SE" for igual a 'S', o carro deve parar.
    Serial.println("Parado");      // imprime o texto "Parado" no monitor serial
    digitalWrite(IN1, 0);          // envia nível lógico baixo para o pino IN1
    digitalWrite(IN2, 0);          // envia nível lógico baixo para o pino IN2
    digitalWrite(IN3, 0);          // envia nível lógico baixo para o pino IN3
    digitalWrite(IN4, 0);          // envia nível lógico baixo para o pino IN4
    delay(tempo);                  // para a variável não mudar bruscamente
}
}
```