



Instituto Federal de Sergipe
Departamento de Engenharia Elétrica
Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica

Desenvolvimento de um kit de robótica educacional sem o uso de telas

Lagarto-SE
Janeiro de 2023

Jonnathan Venceslau Souza

Desenvolvimento de um kit de robótica educacional sem o uso de telas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Sergipe, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Instituto Federal de Sergipe - IFS

Orientadora: Prof^a. Dra. Stephanie Kamarry Alves de Sousa
Coorientador: Prof. Me. Fábio Luiz Sá Prudente

Lagarto-SE
Janeiro de 2023

Souza, Jonnathan Venceslau

Desenvolvimento de um kit de robótica educacional sem o uso de telas/
Jonnathan Venceslau Souza. – Lagarto-SE, Janeiro de 2023

-

39 p. : il.

Orientadora: Prof^a. Dra. Stephanie Kamarry Alves de Sousa Prof^a. Dra. Stephanie
Kamarry Alves de Sousa

Coorientador: Prof. Me. Fábio Luiz Sá Prudente Prof. Me. Fábio Luiz Sá Prudente

Monografia (Graduação) – Instituto Federal de Sergipe - IFS, Janeiro de 2023

1. Robótica Educacional. 2. Robô móvel. I. Kit educacional II. Instituto Federal
de Sergipe. III. Bacharelado em Engenharia Elétrica. IV. Título: Desenvolvimento
de um kit de robótica educacional sem o uso de telas.

CDU 637.1:66

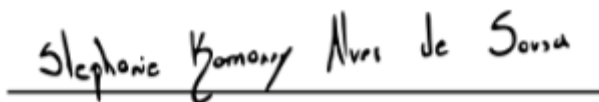
Jonnathan Venceslau Souza

Desenvolvimento de um kit de robótica educacional sem o uso de telas

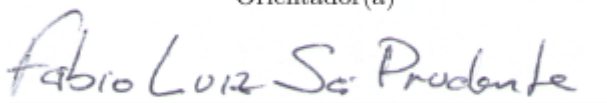
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Sergipe, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Versão original.

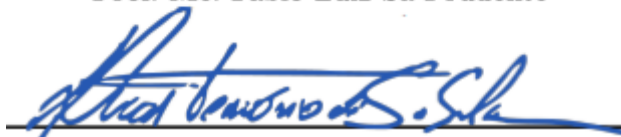
Trabalho aprovado em 16 de Janeiro de 2023, Lagarto-SE:



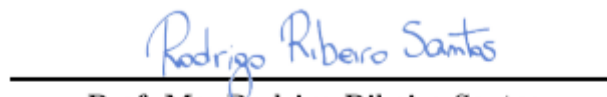
Prof^ª. Dra. Stephanie Kamarry Alves de Sousa
Orientador(a)



Prof. Me. Fábio Luiz Sá Prudente



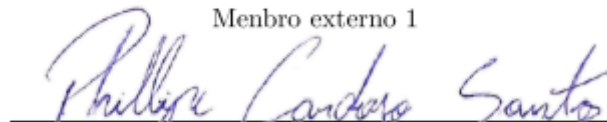
Prof. Me. Lucas Tenório de Souza Silva
Coordenador



Prof. Me. Rodrigo Ribeiro Santos
Membro interno



Prof. Me. Matheus Cardoso Santos
Membro externo 1



Prof. Dr. Phillipe Cardoso Santos
Membro externo 2

Lagarto-SE
Janeiro de 2023

"Agradeço em especial a Dra Stephanie Kamarry por toda a credibilidade, paciências, ensinamentos. Por min mostra esse grande universo da pesquisa científica."

Agradecimentos

A Deus por imensa compaixão e amor.

A minha mãe Monica dos Santos Venceslau Souza e ao meu padrasto Petro Trindade de Almeida , por todo o apoio ao longo da minha vida.

A minha esposa, Gisele Venceslua Nascimento, agradeço pela compreensão nos momentos em que estive muito ocupado, me dedicando aos estudos . Muito obrigado por me apoiar e proporcionar momentos de alegria.

À professora a minha orientadora, Dra Stephanie Kamarry , e ao meu coorientador professor Fábio Prudente, por toda a paciência, dedicação e oportunidades oferecidos ao longo de minha jornada acadêmica.

Ao LABIC pela infraestrutura e suporte técnico para o desenvolvimento dos meus trabalhos, a toda equipe de alunos e professores envolvidos.

Por fim deixo aqui meus sinceros agradecimentos, ao Instituto Federal de Sergipe(IFS) campus Lagarto, a todos os professores do departamento de Engenharia Elétrica.

“Para ter sabedoria, é preciso primeiro pagar o seu preço. Use tudo o que você tem para conseguir a compreensão.”
(Provérbios 4:7)

Resumo

Este trabalho consiste no desenvolvimento de uma ampla revisão bibliográfica acerca da robótica educacional, com intuito de observar as tecnologias já construídas acerca da robótica como ferramenta de ensino pedagógico ao redor do mundo. Também é apresentada uma proposta de construção e desenvolvimento de um kit de robótica educacional sem o uso de telas, utilizando materiais de fácil aplicação com custo relativamente baixos em relação à complexidade do mesmo. Este Kit está sendo desenvolvido para formar uma base de testes para pesquisa na área da robótica educacional. Um dos grandes desafios desse projeto está no desenvolvimento de um algoritmo de controle, capaz de identificar os comandos inseridos no painel de codificação, para o deslocamento e localização do robô móvel.

Palavras-chaves: Robótica Educacional; Robô móvel; Kit Educacional; Construção.

Abstract

This work consists of the development of a wide bibliographic review about educational robotics, in order to observe the technologies already built about robotics as a pedagogical teaching tool around the world. It also presents a proposal for the construction and development of an educational robotics kit without the use of screens, using easy-to-use materials at a relatively low cost in relation to its complexity. This kit is being developed to form a test base for research in the area of educational robotics. One of the great challenges of this project is the development of a control algorithm, capable of identifying the commands inserted in the coding panel, for the displacement and localization of the mobile robot.

Keywords: Educational Robotics; Mobile Robot; Educational Kit; Construction.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Tecnologia educacional ou produtos/serviços ofertados (ABSTARTUPS, 2020)	3
Figura 2 – Representação do (SCG) e (SCL) de um robô móvel por tração diferencial (Autonomous Mobile Robots 2004).	5
Figura 3 – Representação cinemática de um robô tração diferencial (Adaptada Autonomous Mobile Robots 2004).	7
Figura 4 – Tipos de Arduino (ARDUINO APRENDIZES 2015).	8
Figura 5 – Esque do circuito de uma PONTE H (ALMEIDA 2014).	9
Figura 6 – Tipos de Encoder (Avelar 2016).	10
Figura 7 – Sensor de velocidade encoder LM393 (Arduino e Cia 2016).	10
Figura 8 – Comunicação entre dispositivos em uma rede bluetooth.	11
Figura 9 – Módulo bluetooth HC-05 (Embarcados 2017).	11
Figura 10 – Sinais PWM	12
Figura 11 – Primeira geração do bloco configurável LEGO Mindstorms® RCX (Audrey 2015)	14
Figura 12 – Segunda geração do bloco configurável LEGO Mindstorms® NXT (Audrey 2015).	14
Figura 13 – Terceira geração do bloco configurável LEGO Mindstorms® EV3 (Audrey 2015).	15
Figura 14 – Quarta geração, bloco configurável Lego SPIKE Prime (Mariana Lopes 2020).	15
Figura 15 – Robô Bee-Bot (Botnroll 2022).	16
Figura 16 – Robô Kibo (Bers 2010).	17
Figura 17 – Robô mTiny (Makeblock® 2022).	17
Figura 18 – Robô Codey Rocky (Makeblock® 2022).	18
Figura 19 – Kit de robótica Cubetto (Primo Toys 2020).	19
Figura 20 – Elementos que constitui o Projeto Blocks (Google Research 2018).	20
Figura 21 – Experimentos utilizando o Kit Blocks (Google Research 2018).	20
Figura 22 – Dispositivo de hardware (Duso 2018).	21
Figura 23 – Aplicativo (Duso 2018).	21
Figura 24 – Chassi do robô móvel e tabuleiro e tabuleiro do Buddy Berry (KAVIAT-KOVSKI 2016).	22
Figura 25 – Plataforma de baixo custo como alternativa para o Cubetto(DA SILVA 2016).	23
Figura 26 – N-Bot com os cabos para conexão de áudio e alimentação e N-Bot controlado por um telefone rodando Anwide. (AROCA 2012).	24
Figura 27 – <i>Software</i> do RoboFácil. (DE MIRANDA 2011).	24
Figura 28 – Chais 2WD utilizado como base para a construção do robô móvel (FilipeFlop 2022).	27
Figura 29 – Motor DC, com caixa de redução de velocidade (FilipeFlop 2022).	27

Figura 30 – Mini Ponte H L298n (FilipeFlop 2022).	28
Figura 31 – Circuito do robô móvel (Próprio Autor 2022).	28
Figura 32 – Protótipo montado do robô móvel do tipo tração diferencial (Próprio Autor 2022).	29
Figura 33 – Prototipagem eletrônica do painel de codificação (Próprio Autor 2022). . . .	30
Figura 34 – Prototipagem eletrônica do embarcado no robô móvel (Próprio Autor 2022). . .	30

Lista de tabelas

Tabela 1 – Cronograma com as atividades previstas.	32
--	----

Sumário

	1 INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativa	2
1.2	Descrição dos próximos capítulos	3
	2 OBJETIVOS	4
2.1	Objetivos Específicos	4
	3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3.1	Cinemática de robôs móveis	5
3.1.1	Cinemática de um robô do tipo tração diferencial	7
3.2	Arduino	8
3.3	Ponte H	8
3.4	Estimação de Velocidade	9
3.4.1	Encoder	9
3.4.2	Sensor de medição de velocidade	10
3.5	Bluetooth	10
3.6	Controle PWM	12
	4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1	Soluções Comerciais	13
4.1.1	Lego Mindstorms®	13
4.1.2	Bee-Bot	16
4.1.3	Robô Kibo	16
4.1.4	Makeblock®	17
4.1.5	Cubetto	18
4.2	Soluções Acadêmicas	19
4.2.1	Projeto Bloks	19
4.2.2	Robótica educacional na escola, desenvolvendo o raciocínio na educação infantil	21
4.2.3	Buddy Berry	22
4.2.4	Plataforma de baixo custo como alternativa para o Cubetto	23
4.2.5	No-Bot	23
4.2.6	RoboFácil	24
	5 DESENVOLVIMENTO	26
5.1	Construção do veículo	26
5.2	Construção do painel de comandos	29
	6 RESULTADOS ESPERADOS	31

7	CRONOGRAMA	32
8	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34
	ANEXO A APÊNDICE A - CÓDIGO EMBARCADO NO ROBÔ . . .	36

1. Introdução

A aplicação da robótica hoje, está presente em diversos setores da humanidade, o que gera um impacto social positivo. Desta forma, descobriu-se que os robôs poderiam trazer grandes inovações benéficas à área da educação, fazendo surgir assim o termo Robótica Educacional ou Robótica Pedagógica. O principal objetivo da robótica educacional é promover o estudo de conceitos multidisciplinares, estimulando a criatividade, inteligência e impulsionando a interdisciplinaridade (1).

A robótica educacional permite aos educadores explicar conceitos teóricos ou de difícil compreensão de uma forma lúdica e atrativa. Cada vez mais escolas, tanto da rede privada como públicas, estão utilizando essa nova metodologia o que torna as aulas simples e didáticas. As oportunidades na primeira infância são especialmente promissoras, para cultivar interesse, desde cedo em programação. Estudos demonstram que o uso de forma controlada dessas tecnologias podem ajudar a desenvolver interações sociais, emocionais e cognitivas (2).

Nota-se que a temática robótica desperta na criança curiosidade em interagir e dominar dispositivos robóticos. Nesse contexto, a tecnologia pode ser utilizada como um instrumento que potencializa o desenvolvimento de diversas habilidades e competências das crianças em função do seu caráter motivacional.

Uma série de benefícios pode ser observada a partir da interatividade com a robótica e programação. Todavia, a exposição das crianças a telas deve envolver profundas reflexões sobre os efeitos, benéficos ou comprometimento no desenvolvimento. É pertinente que os pais acompanhem e façam a temporização do uso de telas por crianças. Ramos e Knaul (3) explicam que esta utilização deve ser realizada com diálogo, de maneira que as crianças e adolescentes mantenham uma boa interação social. A constante e crescente aproximação com o ciberespaço tem acontecido cada vez mais precocemente.

Desde muito cedo as crianças vêm sendo expostas a vários tipos de telas. Para Radesky (4), existe uma diferença entre televisão e mídias móveis. As mídias móveis têm diversas modalidades, como por exemplo, vídeos, jogos, aplicativos educacionais, e recursos que permitem a interação e podem estar presentes com as crianças em todas as situações de vida. No geral as mídias interativas permitem que a pessoa tenha ação na mídia, possua participação e diálogo. Em contrapartida, a televisão sugere uma atitude mais passiva pela criança.

Um estudo realizado no ano de 2020 pela associação brasileira de pediatria (SBP) (5), mostrou que uso excessivo de tempo de telas por crianças podem causar sérios danos à saúde, entre eles: diminuição do rendimento escolar, irritabilidade, problemas posturais, atraso na

aquisição da fala, sedentarismo, transtorno de alimentação, problemas visuais e auditivos entre outros.

Portanto, a SBP sugere que crianças menores de 2 anos não sejam expostas a telas, mesmo que passivamente. Dos 2 aos 5 anos de idade o tempo limite é de 1 hora por dia e com supervisão dos cuidadores. Já nas idades de 6 a 10 anos, de 1 a 2 horas/dia, não deixando as crianças sem supervisão de um responsável. Entre 11 e 18 anos, o tempo para o uso de telas vai de 2 a 3 horas por dia.

Atualmente visualizamos a comercialização em grande escala de tecnologias educacionais voltada para o público infantil, muitos deles possui indicação de idade, o que na realidade pode diferir na real adequação para os mesmos. Entretanto, o uso de telas na primeira infância pode ser prejudicial, como introduzir desde cedo para crianças conceitos de lógica de programação e robótica de forma lúdica e simplificada, sem o uso de telas.

Desse modo podemos observar que a robótica vem revolucionando o mundo, através das tecnologias implementadas, o que possibilita inúmeras aplicações. Na educação tais recursos estão revolucionando as metodologias de ensino, principalmente na educação de crianças que estão na primeira e segunda infância. Neste trabalho será abordado uma alternativa para o desenvolvimento de um kit de robótica educacional denominado ProMaker, que ensina lógica de programação e robótica para crianças entre 3 a 8 anos de idade, sem o uso de telas, além de estar contribuindo para a elaboração e desenvolvimento de novas tecnologias.

1.1 Justificativa

A robótica educacional é utilizada para a criação de ambientes interativos onde os alunos possam utilizar sua criatividade para montar, programar e analisar o comportamento do robô ou sistemas robotizados. Todo esse processo de interação com dispositivos robóticos promove a socialização e autonomia, permitindo colocar em prática conceitos sobre matemática, ciências entre outros. Sem uma vertente pedagógica, muitos desses kits de robótica educacional, não passam de um brinquedo (6).

No Brasil muitas das instituições de ensino não exploram esses recursos, apesar de a robótica se mostrar como uma ótima ferramenta de aprendizado multidisciplinar. A maioria dos Kits disponíveis no mercado possuem um alto custo de aquisição, e fazem o uso de telas para haver interação entre usuário e hardware.

Além das universidades e escolas técnicas que buscam desenvolver soluções de baixo custo para a criação de kits educacionais que utilizam a robótica como ferramenta de ensino, há também o setor privado que muitas das vezes toma como referência os trabalhos desenvolvidos por essas instituições. No Brasil existe uma categoria de empresas que se dedicam a desenvolver soluções tecnológicas para a oferta e serviços relacionados a educação, as Edtechs.

Segundo um estudo divulgado no ano de 2020 pela associação Brasileira de Startups (Abstartups) e o Centro de Inovação para Educação Brasileira (CIEB)(7), mostra que das 566 Edtechs ativas em 2019, 46,8% se concentra em desenvolver plataformas digitais, apenas 2,8%

se concentra no desenvolvimentos de Hardware como demonstra a Figura 1. Desse modo, o presente trabalho vem como uma alternativa para criação de um produto que ensine lógica de programação e robótica sem a utilização de telas, proporcionando o surgimento de uma nova linha de produtos a serem explorados.



Figura 1 – Tecnologia educacional ou produtos/serviços ofertados (ABSTARTUPS, 2020)

1.2 Descrição dos próximos capítulos

No capítulo 2, são apresentados os objetivos a serem alcançados neste trabalho de conclusão do curso.

No capítulo 3, é apresentada a fundamentação teórica onde é demonstrado o embasamento técnico, referente às tecnologias utilizadas para construção do protótipo.

No capítulo 4 é apresentada uma ampla revisão bibliográfica sobre os kits de robótica educacional existentes no mercado.

No capítulo 5 é apresentado o que foi feito até agora com relação ao projeto real do protótipo .

No capítulo 6 é apresentado o cronograma das atividades a serem executadas para a próxima etapa do TCC 2.

No capítulo 7 é apresentado o que se almeja conseguir com a conclusão do trabalho.

No capítulo 8 são dadas as considerações finais deste trabalho.

2. Objetivos

O presente trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento e construção de um kit de robótica educacional destinado a crianças, sem o uso de telas. Esse projeto está sendo desenvolvido no laboratório de Inovação e Criatividade (LABIC-IFS) do Instituto Federal de Sergipe (IFS), campus Lagarto, com o intuito de servir como base para o desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas à robótica educacional.

2.1 Objetivos Específicos

São objetivos específicos do presente trabalho:

- Realizar uma ampla revisão bibliográfica sobre os kits de robótica educacional disponíveis no mercado;
- Desenvolver e construir uma estrutura mecânica, para um robô móvel com tração diferencial;
- Projetar e construir um circuito eletrônico, para o robô móvel;
- Desenvolver e construir um painel de comandos, para orientação o robô e blocos de codificação;
- Projetar e construir um circuito eletrônico, para o painel de comandos;
- Elaborar um sistema de comunicação entre o robô móvel e o painel de comandos;
- Elaborar um algoritmo base para o funcionamento do sistema eletrônico embarcado;
- Demonstrar as contribuições esperadas para a versão final deste trabalho de conclusão de curso;

3. Fundamentação Teórica

Os kits didáticos permitem que os alunos, tenham a oportunidade de colocar em prática todo o aprendizado teórico compreendido em sala de aula. Esses kits auxiliam no processo de criação, por meio de simulações, diminuindo assim os erros na construção de um produto final. Os tópicos a seguir descrevem o embasamento técnico e teórico, necessário para cada fase de construção do protótipo.

3.1 Cinemática de robôs móveis

A cinemática é o estudo mais básico de como sistemas mecânicos se comportam, em robótica móvel é necessário entender o comportamento mecânico do robô, para que se possa projetar e construir robôs capazes de executar tarefas específicas ou para desenvolvimento de *software* afim de controlar o mesmo. No caso da análise cinemática de um robô, apenas seu movimento é considerado, aspectos associados como forças, massas e inércia não são analisados pois fazem parte da sua dinâmica (8).

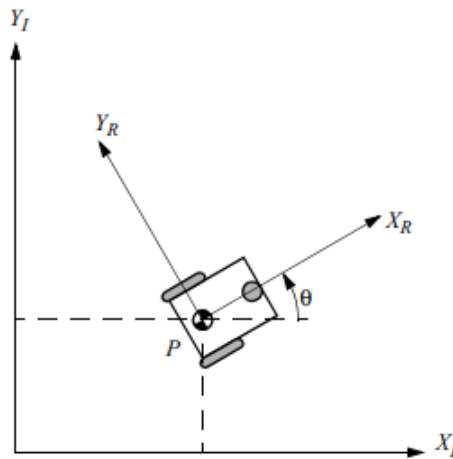


Figura 2 – Representação do (SCG) e (SCL) de um robô móvel por tração diferencial (Autonomous Mobile Robots 2004).

Um dos primeiros passos da modelagem cinemática de um robô móvel é a determinação da posição do mesmo no ambiente. Contudo é necessário especificar um sistema de coordenadas global (SCG). Este sistema tem como principal objetivo fornecer uma referência de posicionamento e orientação, para o sistema de coordenada local (SCL) do robô, definindo assim a sua posição.

A fim de demonstrar a posição do robô no plano, estabelecemos uma relação entre o (SCG ao (SCL), como pode ser observada na Figura 2. Os eixos definem uma base inercial arbitrária no plano, partindo de um ponto no referencial Global ($O_I : X_I, Y_I$). Para especificar a posição do robô, é necessário escolher um ponto P no chassi do robô como seu ponto de referência de posição. A base define dois eixos relativos a P no chassi do robô e é, portanto, o Sistema de Referência Local do Robô ($O_R : X_R, Y_R$). A posição de P no referencial global é especificada pelas coordenadas x e y , e a diferença angular entre os referenciais global e local é dada pelo ângulo theta (θ) (9). Dessa forma, é possível descrever a posição do robô como um vetor contendo esses três elementos (ξ_I):

$$\xi_I = [x, y, \theta]^T \quad (3.1)$$

A posição do robô no sistema de coordenadas local é dada por:

$$\xi_R = [x_R, y_R, \theta_R]^T \quad (3.2)$$

Assim, para determinar a movimentação do robô no ambiente é necessário mapear o movimento do robô no sistemas de coordenadas global para o movimento ao longo dos eixos do robô no sistema de referência local. Este mapeamento é uma função da posição atual do robô e é realizado utilizando a matriz de rotação ortogonal (Equação 3.3).

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Esta matriz pode ser utilizada para mapear os movimentos do SCG para os movimentos no SCL através da Equação 3.4.

$$\dot{\xi}_R = R(\theta) \times \dot{\xi}_I \quad (3.4)$$

A velocidade no sistema de coordenada do robô é composta pela velocidade linear em cada eixo (\dot{x}_R, \dot{y}_R) e a velocidade angular $\dot{\theta}_R$. Portanto a movimentação do eixo no sistema de coordenada do ambiente, dada como base a movimentação do robô, pode ser expressa como demonstrado na Equação 3.5.

$$\dot{\xi}_I = R(\theta)^{-1} \times \dot{\xi}_R \quad (3.5)$$

Como o objetivo da cinemática direta é mapear o comportamento do robô a partir da ação de seus atuadores. Na subseção a seguir será apresentada a análise geometria da configuração tração diferencial que será utilizada neste trabalho.

3.1.1 Cinemática de um robô do tipo tração diferencial

Os robôs de acionamento diferencial são muito populares e versáteis, são amplamente utilizados para fins industriais e pessoais. Com o rápido crescimento da demanda e a chegada da quarta geração de automação da indústria, o estudo de seu movimento tornou-se cada vez mais necessário. Estes dispositivos são classificados como um sistema subatuado, possui características não-holonômicas ou seja, sistemas com dimensão limitada e com restrições de movimento.

Considerando o exemplo apresentado na Figura 3, o robô de tração diferencial tem duas rodas, cada uma com raio r . Dado um ponto P centrado entre duas rodas, cada roda estará a uma distância L de P .

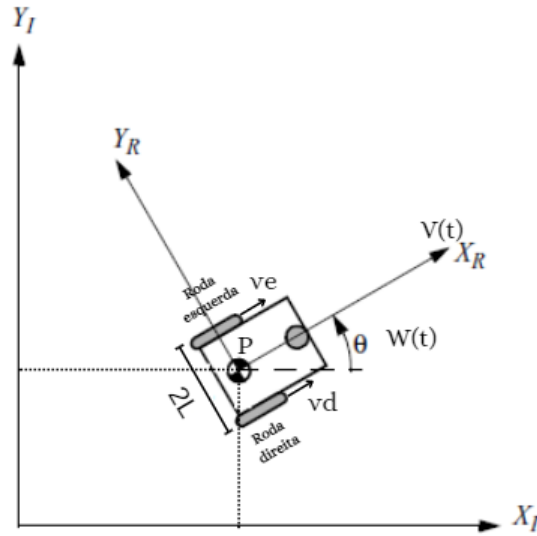


Figura 3 – Representação cinemática de um robô tração diferencial (Adaptada Autonomous Mobile Robots 2004).

Dado r , l , θ e a velocidade de rotação de cada roda $\dot{\sigma}_d$ e $\dot{\sigma}_e$ é necessário descrever um modelo cinemático direto capaz de prever a velocidade geral do robô no sistema de coordenadas global a partir dessas variáveis. Para isso, basta analisar as contribuições e restrições de movimentação de cada roda na movimentação do robô considerando o sistema de coordenadas local. Pode-se perceber que o robô só irá conseguir se locomover ao longo do eixo X_R , ou rotacionar todo o seu sistema de coordenadas em relação ao sistema de coordenadas global com o ângulo θ . Pelas características das rodas utilizadas no robô, não é possível existir velocidade ao longo do eixo Y_R , logo temos que:

$$\dot{\xi}_R = \begin{bmatrix} \dot{x}_R \\ 0 \\ \dot{\theta}_R \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

Desta forma, dada a velocidade de rotação da roda direita $\dot{\sigma}_d$ e esquerda $\dot{\sigma}_e$, temos que a velocidade linear da roda direita pode ser expressa por $v_d = \dot{\sigma}_d \cdot r$, e a velocidade linear da roda esquerda pode ser representada como $v_e = \dot{\sigma}_e \cdot r$. Desse modo, a velocidade linear do robô V_r pode ser representada como demonstra a equação 3.7.

$$V_r = \dot{x}_R = \frac{\dot{\sigma}_d \cdot r}{2} + \frac{\dot{\sigma}_e \cdot r}{2} \quad (3.7)$$

Por fim, a velocidade angular W_r pode ser expressa como demonstrado na Equação 3.8.

$$W_r = \dot{\theta}_R = \frac{\dot{\sigma}_d \cdot r}{2L} - \frac{\dot{\sigma}_e \cdot r}{2L} \quad (3.8)$$

3.2 Arduino

O Arduino é uma placa de prototipagem eletrônica que pode ser utilizada para desenvolver objetos interativos independentes ou ser conectado a um computador, a uma rede ou até mesmo a internet para recuperar ou enviar dados. O Arduino é um microcontrolador de placa única, projetado para tornar mais acessível o processo de utilização da eletrônica em projetos multidisciplinares. O hardware consiste em um dispositivo *open source* simples projetado para um microcontrolador Atmel AVR de 8 bits, embora um modelo novo tenha sido projetado para um Atmel ARM de 32 bits. O software consiste em uma linguagem de programação padrão e do bootloader que roda no microcontrolador (10).

Existem diversos modelos de arduino, no qual o projetista deve analisar qual o modelo mais viável para sua aplicação. Por exemplo, pode enviar um conjunto de dados recebidos de sensores para um site, desse modo poderá ser exibido no formato de um gráfico. Existem diversos módulos que poderão ser conectados ao arduino entre eles de pressão, acelerômetro, giroscópio, sensores ópticos, bluetooth entre outros. Na figura 4 é apresentado os tipos de arduino disponíveis no mercado, o modelo mais popular utilizado por pesquisadores, professores e alunos é o Arduino Uno.



Figura 4 – Tipos de Arduino (ARDUINO APRENDIZES 2015).

3.3 Ponte H

A ponte H é um circuito de eletrônica de potência que serve para variar o sentido da corrente em uma determinada carga ou controlar sua potência. Este circuito recebe esse nome, pois o seu modelo de funcionamento pode ser explicado com as chaves dispostas em forma de H,

como apresentado na figura 5. As chaves servem para inverter a polaridade de uma carga sem a necessidade de utilizar uma fonte simétrica, tal arranjo é muito utilizado para acionamento de motores DC. O funcionamento da ponte H é bastante simples: fechando-se as chaves S1 e S4 tem-se o motor rodando em um sentido. Já com as chaves S3 e S2 acionadas, o sentido do fluxo da corrente sobre o motor é invertido, fazendo com que a rotação do motor também se inverta, estes são os acionamentos convencionais (11).

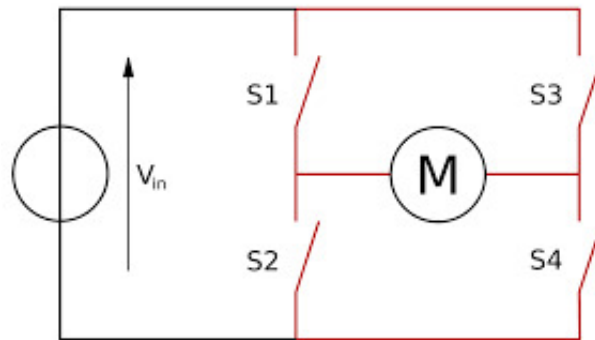


Figura 5 – Esque do circuito de uma PONTE H (ALMEIDA 2014).

Há também outros tipos de combinação de ligação, como ligar-se S1 e S3 ou S2 e S4 pode gerar o efeito de freio ao motor, desse modo permite reduzir o tempo de frenagem do motor sem a necessidade de adicionar freios mecânicos convencionais. Para evitar a queima do circuito devido ao curto elétrico entre VCC e GND, não deve ser acionada ao mesmo tempo as quatro chaves S1 e S2, S3 e S4 ao mesmo tempo.

3.4 Estimação de Velocidade

Para realizar o controle da velocidade de um robô móvel por tração diferencial, é preciso conhecer o valor do erro atuante. Logo este valor pode ser obtido, através da diferença entre o sinal de referência de velocidade desejada em relação ao valor de velocidade efetivamente desenvolvido pelo motor, aferido pela leitura do sensor de velocidade.

3.4.1 Encoder

Os encoders são utilizados para determinar a velocidade, posição, sentido de giro de um eixo de motor, fuso ou outro dispositivo que se movimenta. Esses dispositivos fornecem informações precisas podendo ser aplicados em diversas máquinas e equipamentos tais como empacotadoras, robôs, mesas rotativas entre outros. Atualmente existem dois tipos básicos de encoders para sistemas lineares ou rotativos como demonstrado na Figura 6. Ambos os dispositivos operam de maneira similar, como o próprio nome indica, os encoders do tipo linear medem a posição de um objeto ao longo de um comprimento. Já os encoders do tipo rotativo identificam a posição através do movimento de rotação no eixo, logo a escolha de qual tipo depende dos requisitos envolvidos na aplicação (12).

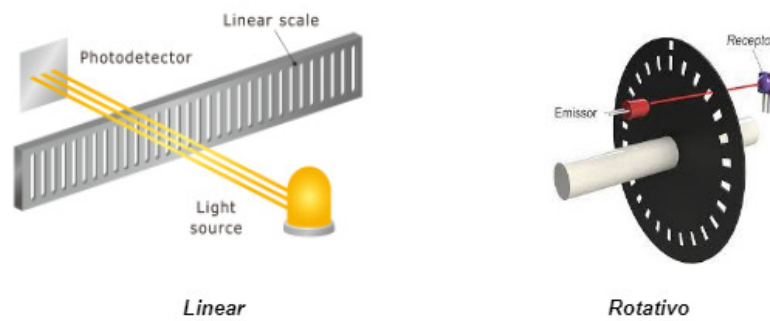


Figura 6 – Tipos de Encoder (Avelar 2016).

3.4.2 Sensor de medição de velocidade

O sensor de velocidade encoder é um dispositivo eletrônico utilizado para realizar medições de rotação de motores, contagem de pulsos ou como controlador de posicionamento. Este sensor é responsável por fazer a leitura das perfurações do disco encoder, interpretando a luz e a sua ausência como uma sequência de sinais, ora nível lógico alto, outrora nível lógico baixo. Essa módulo é composto por quatro pinos, sendo dois deles destinado a alimentação $V_{cc}(5V)$ e GND , e mais dois pinos utilizados como saídas digitais (D0) e analógica (A0), na Figura 7 é demonstrada esse tipo de sensor.

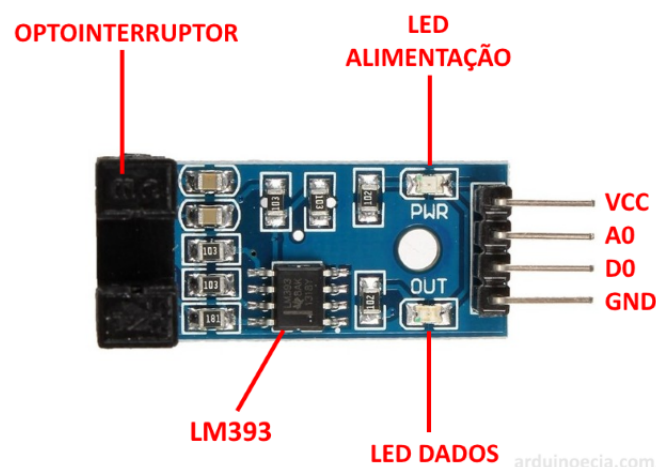


Figura 7 – Sensor de velocidade encoder LM393 (Arduino e Cia 2016).

3.5 Bluetooth

A tecnologia Bluetooth é um dispositivo de curto alcance, na qual o principal objetivo é eliminar a utilização de cabos de conexão entre mecanismos eletrônicos, tanto fixos como portáteis. A principal vantagem da utilização dessa tecnologia está relacionada ao baixo consumo, confiabilidade na comunicação entre dispositivos e baixo custo de aplicação. Pode ser utilizado em diversas aplicabilidades, onde as especificações são opcionais, o que permite a diversificação dos produtos.

Podem ser utilizados para comunicação entre pequenos dispositivos de uso pessoal, como IPDAs, telefones celulares de nova geração, computadores portáteis, mas também é utilizado para a comunicação de periféricos, como impressoras, scanners, e qualquer dispositivo dotado de um chip Bluetooth. Para isso é necessário, uma combinação de hardware e software para que haja a comunicação entre os mais diferentes tipos de aparelhos (13).

Essa tecnologia utiliza um sistema de comunicação via rádio, por isso não necessitam estar na linha de visão um do outro, e podem estar até em outros ambientes, contanto que a transmissão recebida seja suficientemente potente. Os dispositivos Bluetooth podem se comunicar entre si e formam uma rede denominada piconet, sendo um deles o mestre (master) e o outro dispositivo escravo (slave). O mestre é emparelhado com o escravos um por um, desse modo cada conexão cria um canal, esse canal pode ser utilizado tanto para enviar ou receber dados. A Figura 8 demonstra a comunicação entre dispositivos de uma rede bluetooth.

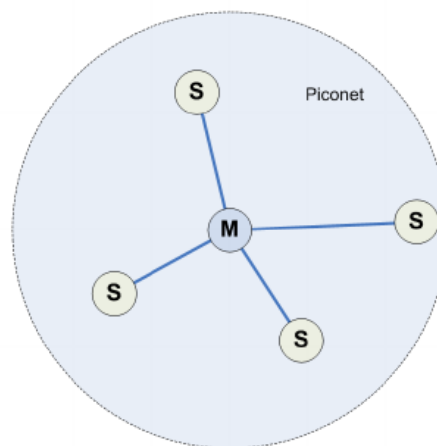


Figura 8 – Comunicação entre dispositivos em uma rede bluetooth.

O módulo HC-05 é um dispositivo utilizado para realizar a comunicação entre aparelhos como smartphones, computadores ou outro equipamento no qual faz se necessário o uso de sistema microcontrolado. Suporta tanto o modo mestre como também o modo escravo, pode ser facilmente configurado. Desse modo, é possível conectar uma placa Arduino a outros sistemas, tanto para enviar ou receber dados. Na Figura 9 é apresentado o módulo bluetooth HC-05 utilizado no presente trabalho e as especificações técnicas das pinagens para conexão.



Figura 9 – Módulo bluetooth HC-05 (Embarcados 2017).

- **VCC e GND** - É indicado para ser conectado a uma fonte de tensão contínua que forneça de 3.3 a 5V.
- **RX** - É o pino destinado para recepção de dados que deve ser conectado ao pino de transmissão (TX) do arduino.
- **TX** - É o pino destinado para transmissão de dados que deve ser conectado ao pino de recepção (RX) do arduino.
- **STATE** - Retorna o valor 1 quando o módulo é conectado.
- **EN ou KEY** - Necessita estar alimentado para entrar no modo de configuração, logo quando estiver no modo de comunicação deve ser desconectado da alimentação

3.6 Controle PWM

A modulação por largura de pulso (PWM) é uma técnica utilizada para controlar circuitos analógicos integrados a um microprocessador com saídas digitais. Possui uma ampla variedade de aplicações tais como comunicação, medições, controle de velocidade e conversão de energia. Essa técnica é uma forma de codificação digital para níveis de sinal analógico. Ao controlar circuitos analógicos digitalmente, podem trazer resultados positivos como a redução do consumo de energia como também reduzir os custos de operação de um sistema. A Figura 10 demonstra três diferentes tipos de variação do sinal PWM. A primeira variação demonstra um ciclo de trabalho de 10% Duty Cycle, ou seja 10% do período, já na segunda e terceira variante exemplifica uma saída PWM em 50% e 90% do ciclo de trabalho.

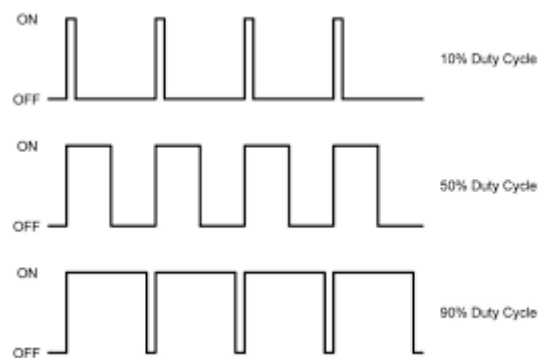


Figura 10 – Sinais PWM

Uma das grandes vantagens em controlar o PWM é que o sinal digital permanece desde o processador até o sistema controlado, logo nenhuma conversão do digital para analógico é necessária. Mantendo o mesmo sinal digital, os efeitos de ruídos são minimizados. Vale ressaltar que o ruído acaba por afetar um sinal digital se for forte o suficiente para alterar uma condição lógica um para zero ou vice-versa (14).

4. Revisão Bibliográfica

Devido ao grande avanço da automação de processos, por meio da aplicação de princípios e funcionalidades robóticas no nosso cotidiano, não demorou muito para surgir um novo segmento de mercado, com a finalidade de produzir soluções através da construção e desenvolvimento de Kits didáticos destinados ao aprendizado da robótica. Desse modo, o mercado viu surgir uma série de novos produtos que tentam aproximar os usuários ao ambiente de aprendizado.

No entanto, devido a problemas socioeconômicos, diversos núcleos internos às próprias instituições de ensino difundem seu conhecimento no intuito de buscar alternativas mais acessíveis. Diversos são os projetos que investigam abordagens de aplicação e mecanismos de melhor aproveitamento dessas plataformas, buscando nas mais diversas áreas de interesse. Tendo em vista o alcance multidisciplinar proporcionado pela robótica como ferramenta de ensino pedagógico.

Neste capítulo serão apresentadas a revisão bibliográfica feita a respeito da robótica educacional. Na seção 4.1 são apresentadas as soluções comerciais e na seção 4.2 as soluções de baixo custo.

4.1 Soluções Comerciais

Com a crescente demanda por produtos relacionados a tecnologia e educação, várias empresas, tanto de pequeno, média ou de grande porte, investem nesse segmento de produtos ou serviços(15). Porém a grande maioria desses dispositivos necessitam de uma interface de tela, para que o usuário implemente a lógica de programação. Desse modo, para contextualizar, o conteúdo a seguir apresenta empresas e produtos que obtiveram sucesso nessa tarefa.

4.1.1 Lego Mindstorms®

A Tecnologia de Robôs Lego nasceu em 1998, com o lançamento do primeiro bloco chamado Lego® Mindstorms® RCX, um pequeno bloco plástico de cor amarela como pode ser observado na Figura 11, podia ser facilmente manipulado por estudantes do ensino fundamental(16). Vinha numa caixa com dezenas de peças plásticas como braços, rodas, esteiras, que permitiam a montagem de robôs de razoável complexidade. A primeira geração do sistema automatizado do LEGO Mindstorms® contava com um processador Hitachi H8/300 de 16 MHz, memória RAM de 32 kB, memória ROM de 16 Kb, além da possibilidade de ser associado a dois motores, dois sensores de toque, um de luminosidade e um pequeno display.

Já na segunda geração o RCX evoluiu para o NXT, o processador foi atualizado para um ARM7 de 48 MHz, memória RAM de 64 Kb, foi adicionado uma memória Flash de 256 Kb. Desse modo, o Kit passou a conter três servo motores, um sensor de torque e um sensor multifunção (luminosidade, som e distância). O display LCD passou por uma atualização passando para um, ainda monocromático, de 100 x 64 pixels. Um outro destaque inserido na segunda geração foi a incorporação do suporte a tecnologia Bluetooth® (17). Na Figura 12 pode se observar a evolução do bloco configurável LEGO Mindstorms® RCX para o NXT.



Figura 11 – Primeira geração do bloco configurável LEGO Mindstorms® RCX (Audrey 2015)

Em 2013 foi lançado o bloco programável Lego Mindstorms® Education EV3, permitindo uma ampla gama de possibilidades para crianças, é considerado um dos melhores kit pedagógico de robótica atualmente disponível no mercado(18). Este kit vem acompanhado de vigas, eixos, rebites, motores, sensores e rodas, acompanha também peças decorativas como (espadas, placas entre outros). Foi adicionado o processador ARM9 de 300 MHz, memória RAM de 64 MB, memória Flash de 16 MB, passando a suportar o uso de cartões microSD (17). No entanto, além das melhorias de especificações, o bloco teve a adição de entradas USB 2.0, conexão WiFi e a conexão de dispositivos móveis com o sistema Android® e iOS®. O kit ainda apresenta dois motores grandes, um motor médio, dois sensores de toque, um sensor de cor, giroscópio e um sensor ultrassônico. Na Figura 13 pode se observar o bloco configurável LEGO Mindstorms® EV3.



Figura 12 – Segunda geração do bloco configurável LEGO Mindstorms® NXT (Audrey 2015).

Em 2020 foi lançado o último modelo atualmente comercializado, o bloco programável Lego SPIKE Prime, esse dispositivo faz parte da linha de produtos LEGO® Education. Esse Kit foi desenvolvido para ser uma ferramenta de fácil utilização, com o intuito de fortalecer a confiança dos alunos no aprendizado integrado de ciências, tecnologia, engenharia, artes e matemática.



Figura 13 – Terceira geração do bloco configurável LEGO Mindstorms® EV3 (Audrey 2015).

Entre as suas principais funcionalidades, foram adicionados sensor de força, giroscópio interno e a marcação do start do motor no ponto zero, que permite acompanhar o quanto ele girou durante o movimento, na Figura 14 apresentado o bloco configurável Lego SPIKE Prime. Algumas mudanças foram incorporadas em sua estrutura física, como a inclusão de pinos para fixar cabos de sensores e motores. A programação do SPIKE Prime é feita utilizando uma linguagem de blocos baseada em Scratch, código criado pelo Media Lab do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), o que permite a construção de comandos de forma intuitiva (19).



Figura 14 – Quarta geração, bloco configurável Lego SPIKE Prime (Mariana Lopes 2020).

Em consulta realizada entre o mês de Outubro 2022 encontra-se disponível a venda no mercado Brasileiro por um preço entre **R\$ 5985,00** a **R\$ 8790,00**. A idade mínima recomendada para utilização do produto, crianças de 6 anos de idade com a supervisão de um adulto. Ambos os Kits necessitam da utilização de um *software* para haver a interação com o robô, portanto é necessário que o usuário utilize um dispositivo, no qual contenha uma interface com tela.

4.1.2 Bee-Bot

O Bee-Bot é um robô que possui um formato de uma abelha amarela gigante, com os olhos que se iluminam quando inserida uma ação. Ele pode ser programado de forma a permitir desenvolver diversas atividades de orientação, através do acionamento das setas indicativas sendo elas (frente, atrás, direita e esquerda), como demonstra a Figura 15 quando concluído o percurso ou no momento em que a bateria está descarregando, emite um som através do seu sinalizador sonoro.



Figura 15 – Robô Bee-Bot (Botnroll 2022).

O Bee-Bot pode realizar até 40 movimentos, possui um botão X que limpa a memória do robô para iniciar uma nova sequência de comandos, caso contrário volta a programação anterior. Por padrão de fábrica consegue percorrer uma distância de 15cm, é consegue girar 90° sobre si mesmo, logo essa especificação não pode ser alterada. Sua simplicidade e robustez tornam-se ideal para crianças entre 3 a 7 anos de idade. Este dispositivo não necessita de uma interface de tela para ser programado. Avaliando o mercado Europeu na qual o produto é comercializado, possui um valor de venda de ou **R\$ 467,00** á **R\$ 880,00**, sem adição de taxas de importação e frete, conforme verificado em outubro de 2022.

4.1.3 Robô Kibo

O robô Kibo é o resultado de um trabalho de doutorado da pesquisadora Marina Bers, orientado pelo professor Seymour Papert. O currículo que está associado ao robô kibo permite reconhecer, aprendizagens das crianças para além de noções de programação. Antes de aprender a programar o KIBO, a criança tem a possibilidade de montar os componentes como motores, rodas e diversos sensores como de luz, som e distância como demonstra a Figura 16 , possibilitando uma aprendizagem mais eficiente (20). Ele pode ser integrado como ferramenta para o ensino lúdico de várias disciplinas do currículo escolar , incluindo matemática, ciências, alfabetização, música, dança, artes, artesanato, ciências naturais e até estudos sociais.

Este kit robótico educacional é prático e não necessita de uma interface com tela para sua codificação, permitindo que crianças entre 4 a 7 anos de idade criem, projete, decore ou de vida ao seu próprio robô. Avaliando o mercado Americano no qual o produto está inserido, o



Figura 16 – Robô Kibo (Bers 2010).

mesmo possui um preço de venda entre \$ 210,00 à \$ 610 ou R\$ 1084,01 à R\$ 3148,79, sem adição de taxas de importação e frete, conforme verificado em outubro de 2022.

4.1.4 Makeblock®

Fundada em 2013 pelo chinês Jasen Wang a Makeblock® oferece desde impressoras 3D, cortadora a laser, customização de superfícies e kits educacionais destinados ao ensino da tecnologia. Apresenta uma linha de produtos que podem ser utilizados como ferramentas de ensino em vários níveis de conhecimento, possibilitando ao usuário inúmeras possibilidades de soluções que se justapõem no desafio a ser resolvido.



Figura 17 – Robô mTiny (Makeblock® 2022).

Mirando no desenvolvimento da lógica de programação em fases iniciais, encontra se disponível um produto denominado mTiny, que consiste em um pequeno robô no formato de um urso panda, que utiliza uma caneta para ler uma sequência de blocos definidos pelo usuário com o objetivo de programar o caminho para o deslocamento do robô. O kit também inclui

alguns cartões de instruções para que o robô possa se locomover como: avançar, lançar uma animação específica, repetir uma ação ou executar um loop, a Figura 17 demonstra o produto citado, desse modo não necessita de uma interface com tela para que o usuário possa programar. Avaliando o mercado Americano no qual o produto é comercializado, o mesmo possui um preço de venda entre **\$ 125.99** à **\$ 159.99** ou **R\$657,66** à **R\$ 835,14**, sem adição de taxas e frete, conforme verificado em outubro de 2022.

Outro produto da empresa Makeblock® que segue essa mesma linha de aplicação é o Codey Rocky, uma plataforma que possibilita programar utilizando blocos digitais e linguagem *Python*, permitindo a introdução dos preceitos de lógica de programação nas primeiras fases da infância. É um poderoso robô, básico que inclui uma variedade de componentes programáveis integrados.

Já esse dispositivo necessita de uma interface com tela para que o usuário possa inserir a lógica de programação desenvolvida. Apresenta um software baseado no *Scratch* 3.0 denominado mBlock ou seja uma linguagem simples que utiliza blocos de construção, possibilitando programar desde funções básicas até mais avançadas. Também a possibilidade de se conectar ao aplicativo mBlock tanto para o sistema Android ou IOS. Sua simplicidade e robustez torna-se ideal para crianças acima dos 6 anos de idade. Pode ser encontrado no site da Amazon revendedor oficial da Makeblock®, o mesmo possui um preço para venda de **R\$ 1632,00**, sem adição de taxas e frete, conforme verificado em outubro de 2022. A Figura 18 demonstra o produto citado.



Figura 18 – Robô Codey Rocky (Makeblock® 2022).

4.1.5 Cubetto

O cubetto é um kit de robótica que possui uma estrutura de madeira, que ensina crianças de forma lúdica, lógica de programação de computadores e robótica, através de aventuras e brincadeiras. Este dispositivo possui uma interface de controle, com um botão de início (*Start*) e blocos de madeiras que são encaixados para executar o movimento do robô móvel (Veículo) como demonstrado na Figura 19. A comunicação entre a interface de controle e o robô móvel é feita utilizando uma transmissão sem fio.

Os blocos de madeiras possuem a finalidade de representar instruções de direção e função: frente, esquerda, direita e ambos apresentam diferentes cores, seu formato é associado com



Figura 19 – Kit de robótica Cubetto (Primo Toys 2020).

a ação que realiza. Desse modo, não há necessidade de uma interface com tela, pois quando encaixado os blocos em sequência na interface de controle, cria um código onde o veículo começa a se mover seguindo as instruções.

Apesar do cubetto apresentar uma interface simples ele permite explorar conceitos complexos de lógica de programação. Segundo o fabricante esse produto é indicado para crianças entre 4 a 7 anos de idade, portanto sua principal vantagem é a sua simplicidade em contraposição com o preço elevado. Avaliando o mercado onde o produto é comercializado, pode ser encontrado no site da wskits revendedor oficial da Primo Toys no Brasil ,o mesmo possui um preço de venda em **R\$ 2760,00**, sem adição de taxas de importação e frete, conforme verificado em outubro de 2022.

4.2 Soluções Acadêmicas

Tendo em vista a importância de se utilizar a robótica como ferramenta de ensino pedagógico, esse segmento vem inspirando o desenvolvimento de vários projetos de pesquisa e trabalhos de graduação, como forma de contraposição à realidade vivenciada nas salas de aula brasileiras, em todos os níveis de escolaridade devido a recursos financeiros escassos. Desse modo, seguem alguns projetos onde o principal objetivo é elevar a disseminação da robótica e melhorar a difusão da tecnologia nos meios educacionais.

4.2.1 Projeto Bloks

O Projeto Bloks foi um projeto de pesquisa idealizado em 2013 e finalizado em 2018, desenvolvido por programadores do Google Creative que tinha como objetivo elaborar uma plataforma de hardware aberta para ajudar desenvolvedores, designers e pesquisadores a construir a próxima geração de experiências de programação tangíveis para crianças. Com esse dispositivo é possível desenvolver diversos experimentos através da implementação de sensores (21).

O sistema é composto por discos, podendo ter diferentes formas e interatividade quando utilizados no sistema, pode assumir variadas funções por exemplo, ligar/desligar, mover para esquerda ou direita, selecionar uma função ou tocar música. Possui diversas placas de base no qual quando colocado um disco, a placa lê as instruções desse disco por meio de um sensor capacitivo. Todo o sistema é gerenciado por uma placa cerebral, fornecendo energia e conectividade, ela possui a capacidade de enviar ou receber instruções via Wi-Fi ou Bluetooth e é construída com base em um Raspberry Pi Zero. A Figura 22 demonstra os elementos que constituem o kit.



Figura 20 – Elementos que constitui o Projeto Blocks (Google Research 2018).

A placa base pode ser coberta com qualquer material ou forma que o usuário preferir dispostas de maneiras diferentes. Com esse dispositivo é possível criar um sistema usando prototipagem em papel, existem alguns experimentos realizados que servem de inspiração para criação de novos protótipos como por exemplo, Laboratório de Sensores no qual utiliza sensores para mapear uma entrada ou saída, ou acender uma luz com a variação da temperatura.

Outra possibilidade é o Music Maker, o usuário pode compor uma faixa usando o pensamento computacional inserido em diferentes instrumentos, sons de camadas de loop e, em seguida, reproduzindo-os por meio de uma alto falante sem fio. Por fim, outra grande aplicabilidade é juntar os códigos físicos para enviar instruções aos brinquedos ao seu redor, por exemplo controlar um robô para criar alguma arte. A figura 21 e demonstrada experimentos utilizando o Blocks.



Figura 21 – Experimentos utilizando o Kit Blocks (Google Research 2018).

4.2.2 Robótica educacional na escola, desenvolvendo o raciocínio na educação infantil

Desenvolvido pelo aluno do Guilherme Ballardin Duso, do curso Tecnologia Engenharia De Controle e Automação da Universidade de Caxias Do Sul, este projeto tem como principal objetivo o desenvolvimento de um dispositivo de hardware com capacidade de programação e comunicação, que possa ser utilizado como plataforma de ensino, despertando interesse dos alunos no desenvolvimento do raciocínio lógico. O robô possui a aparência de um rato como demonstra a Figura 22 , sua carroceria foi fabricada utilizando tecnologia de impressão 3D.



Figura 22 – Dispositivo de hardware (Duso 2018).

Utiliza o microcontrolador Arduino Nano, como dispositivo para o gerenciamento de entradas e saídas de sinal. Esse robô conta também com dois conjuntos de motor DC com caixa de redução, disco encoder e rodas. Por meio da tecnologia Bluetooth, esse dispositivo possui um aplicativo no qual o usuário envia comandos para que o robô possa se locomover ao longo do desafio proposto, como demonstrado na Figura 23 .Por meio do software é possível criar os labirintos com os devidos desafios e desenvolver o algoritmo, responsável por comandar o robô até o objetivo estabelecido (22).

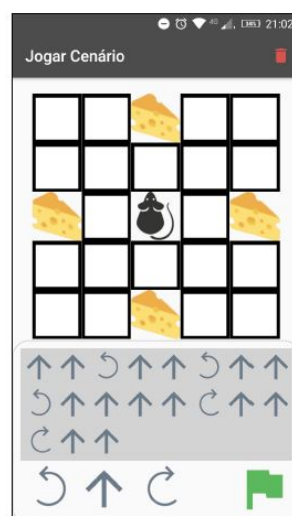


Figura 23 – Aplicativo (Duso 2018).

4.2.3 Buddy Berry

Desenvolvidos por alunos do curso Bacharelado em Engenharia da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, o projeto Buddy Berry consiste em um kit educativo para ensino de lógica de programação sem o uso de telas. Este dispositivo foi desenvolvido para proporcionar o primeiro contato das crianças com os códigos de programação de computadores, sem a necessidade de uma interface com tela para a interação com o robô.

A motivação para a criação do projeto consistiu em verificar a escassez de produtos no mercado brasileiro, destinados ao ensino de lógica de programação para crianças sendo a mesma uma temática bastante importante. O kit educativo Buddy Berry, inspirado no Cubetto da Primos Toys, tem como objetivo ser uma ferramenta, uma vez que cria um jogo em que a criança possa aprender interagindo manualmente com o brinquedo. Na Figura 24 são apresentados alguns componentes do kit para ensino de robótica Buddy Berry.

A ideia do kit é de que um adulto, ao ler a história para criança, criará um objetivo no jogo. Com o objetivo da história em mente, a criança terá que criar uma sequência de comandos que levarão o robô de uma quadrante do mapa a outro. O mapa de história é uma lona impressa que mostra uma matriz 5x5. Cada quadrado da matriz(quadrante) possui um desenho representando um objetivo. Assim, para mover o robô, é necessário utilizar os blocos de comando e tabuleiro. O tabuleiro é utilizado como interface do jogo, conseqüentemente, dispensa o uso de uma tela, desse modo proporcionando uma maior interatividade manual com a criança (23).

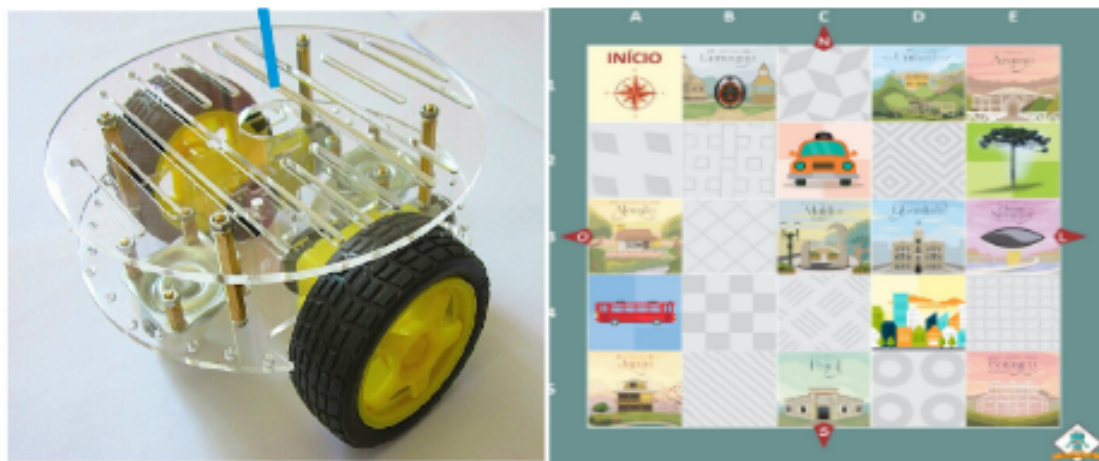


Figura 24 – Chassi do robô móvel e tabuleiro e tabuleiro do Buddy Berry (KAVIATKOVSKI 2016).

4.2.4 Plataforma de baixo custo como alternativa para o Cubetto

Desenvolvido por alunos do curso ciência da computação da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), esse projeto consiste em um kit de robótica educacional de baixo custo, cujo o principal objetivo é desenvolver uma plataforma simples e com custo acessível para que crianças e adolescentes possam aprender lógica de programação e robótica.

Um dos principais componentes que fazem parte do sistema está relacionado na utilização do microcontrolador Atmega328P, o Kit também incorpora o uso de tecnologias livres, em conjunto com um par de motores, LEDs entre outros componentes. De maneira geral, o protótipo produzido é composto por quatro partes físicas, uma interface de controle, um veículo motorizado, um tabuleiro educativo simulando o local de trânsito e Blocos de codificação que se encaixam na interface de controle. A comunicação entre a interface de controle e o veículo é feita com o uso de módulos bluetooth HC-05.

A elaboração deste projeto permite introduzir conceitos fundamentais de robótica educacional, possibilitando tornar acessível um dispositivo tecnológico para que as crianças, principalmente de escolas e creches públicas, tenham a oportunidade de aprender conceitos de lógica de programação(24). Na Figura 25 pode se observar os componentes que compõem o Kit.

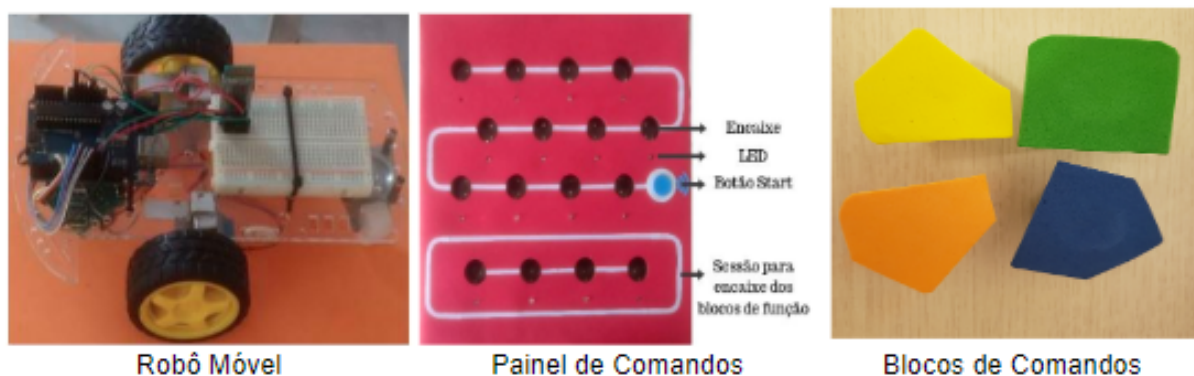


Figura 25 – Plataforma de baixo custo como alternativa para o Cubetto(DA SILVA 2016).

4.2.5 No-Bot

O robô No-bot encaixa perfeitamente na categoria de projetos que propõe a construção de um conjunto de ferramentas que objetiva a utilização da robótica como instrumento de ensino pedagógico. Desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), este projeto propõe o desenvolvimento de um conjunto com foco em robótica de uma maneira simples e acessível. Segundo Aroca (2012), implementar um sistema que consiga aliar interatividade, custo e funcionalidades é o segredo para uma maior difusão do conhecimento, provocando também a motivação para que outras iniciativas de pesquisa possam se desenvolver (25).

O método de interação com o protótipo, depende da captação de sinais de áudio, para que ocorra troca de informações. Para transmitir comandos para o robô é necessário decifrar os tipos de tons DTMF (Dual Tone Multi Frequency) desse modo ao interpretar esses sinais o robô irá executar um série de atividades desejadas substituindo sistemas de comunicação mais

usuais como conexões seriais com fios, Wireless, interface Bluetooth. Estes dispositivo pode ser comandado por um computador, tablet, telefone, dentre outros ou ser acessado remotamente via rede local ou Internet. Esse projeto apresenta um conceito pouco usual no que diz respeito à construção e desenvolvimento de sistemas robóticos, utilizando conceitos complexos sobre eletrônica analógica. Na Figura 26 é apresentada a versão final desse projeto.

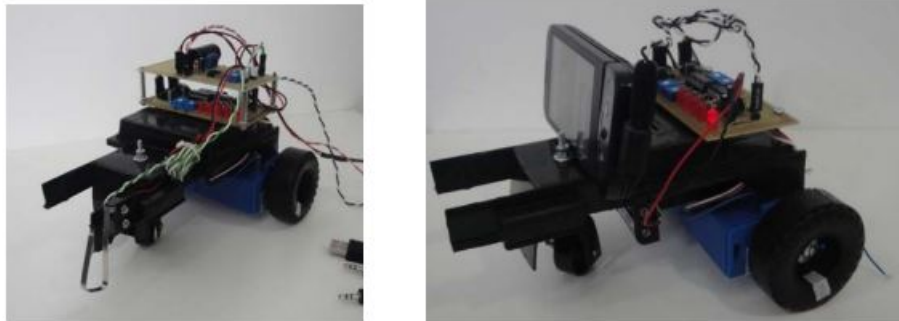


Figura 26 – N-Bot com os cabos para conexão de áudio e alimentação e N-Bot controlado por um telefone rodando Anwide. (AROCA 2012).

4.2.6 RoboFácil

Com o objetivo de criar uma ferramenta democrática para ensino da robótica, o RoboFácil vem como uma alternativa, após uma série de avaliações dos altos custos de aquisição de kits de robótica, disponíveis no mercado. Desenvolvidos pelos pesquisadores Sampaio e Borges em 2010 o RoboFácil teve sua motivação voltada para a descaminação de se utilizar a robótica como ferramenta de ensino pedagógico, reconhecendo que a sua aplicação em ambiente escolar incentiva a democratização da tecnologia (26).

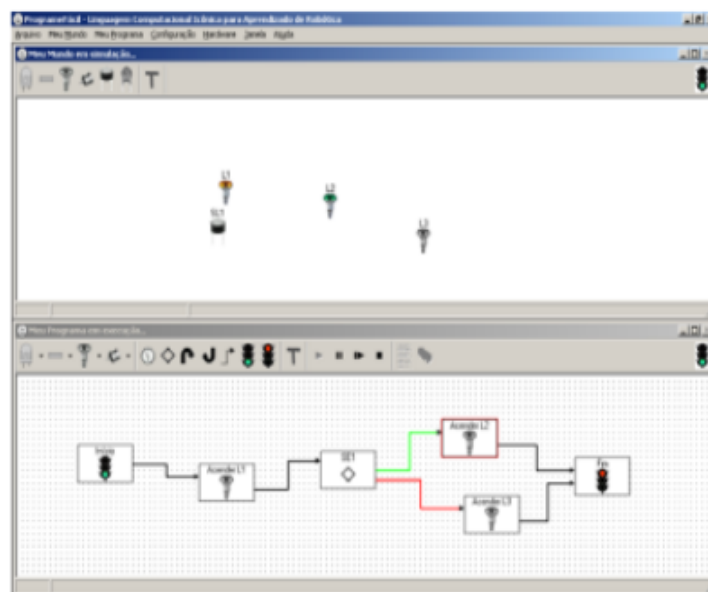


Figura 27 – *Software* do RoboFácil. (DE MIRANDA 2011).

Este dispositivo conta com uma unidade de processamento CMOS de baixo consumo, na qual o hardware da plataforma possibilita a conexão com sensores de temperatura, sensores de luminosidade e motores, como pode ser observada na Figura 27. Através da interface de um display e um teclado de cinco botões, permite o gerenciamento de entradas e saídas do sistema. Esse sistema conta com conversores analógico-digital (A/D) e digital-analógico (D/A), logo permite a conexão de sensores para aferição de sinais ao ambiente simulado.

5. Desenvolvimento

O sistema proposto para esse Trabalho de Conclusão de Curso será baseado no Kit Cubetto (*Primo Toys*). De modo geral o produto que será desenvolvido é composto por três elementos físicos:

1. **Interface de comando e blocos de codificação:** responsável por construir a lógica do código e enviar os comandos para o robô executar;
2. **Robô:** responsável por executar os comandos de movimentação recebidos;
3. **Tabuleiro educativo:** espaço em que o robô irá se mover e simula diversos ambientes e desafios.

Durante a primeira etapa deste TCC foi desenvolvida uma versão inicial do robô móvel, interface de comando e comunicação entre eles, com objetivo de testar os materiais disponíveis, bem como validar o conhecimento teórico estudado. Nas próximas seções serão apresentados os resultados parciais do desenvolvimento do sistema proposto.

5.1 Construção do veículo

Para a construção da estrutura mecânica do robô móvel foi escolhido inicialmente o uso do chassi 2WD, este é feito em acrílico, com dimensões aproximadas 21,2 x 15,2 cm. A escolha dessa estrutura deu-se pela facilidade de acesso a esse insumo no mercado nacional e também pela maior previsibilidade de projeto e disponibilidade de soluções já comercializadas para este fim.

A estrutura padrão utiliza dois motores na configuração tração diferencial e uma roda boba, a estrutura conta com perfurações onde é possível a fixação dos dois eixos referentes ao motores, fixação do suporte de baterias para alimentação do sistema entre outros componentes. Já as rodas escolhidas para esse protótipo, possuem aro de plástico com as seguintes dimensões: 7 x 7 x 2,6 cm envolto em borracha, como 6.9 cm de diâmetro, em formato típico utilizado em carrinho de brinquedo. Na Figura 28 é apresentada a estrutura do chasis utilizada no projeto.

Os motores quem acompanha o kit chasis 2WD funcionam com tensão contínua (DC) entre 3V a 6V, e trabalham com uma corrente mínima de aproximadamente 150mA para a menor tensão, podendo atingir até 200mA quando aplicada a máxima tensão. Esses motores vêm acoplados a uma caixa de redução de eixo duplo, o mesmo consegue fornecer os seguintes



Figura 28 – Chais 2WD utilizado como base para a construção do robô móvel (FilipeFlop 2022).

parâmetros 90RPM (3V) a 200RPM (6V). Na Figura 29 é apresentado o tipo de motor utilizado para construção do protótipo.



Figura 29 – Motor DC, com caixa de redução de velocidade (FilipeFlop 2022).

Para o controle da velocidade e sentido de rotação dos motores DC, foi utilizado o mini Driver Motor ponte H L293n, esse módulo foi desenvolvido para controlar cargas indutivas, possui a capacidade de controlar independentemente a velocidade de rotação de 2 motores de corrente contínua ou 1 motor de passo, além de solenóides e relés. Para os motores de corrente contínua esse dispositivo permite o controle não só do sentido de rotação mas também a velocidade de giro, isso é possível através da utilização das entradas PWM presente no Arduino.

Segundo o fabricante, esse módulo possui o mesmo princípio de atuação do Driver Motor Ponte H L298n de tamanho padrão, porém dispõe de uma menor capacidade de carga e tensão, logo pode ser utilizado em diversos projetos que exigem uma capacidade mínima de componentes. A Figura 30 demonstra o módulo e especificações das pinagens de conexão.

Para o gerenciamento de informações e controle do veículo foi utilizado o Arduino Uno e acoplado ao chasis de acrílico, a sua escolha se deu pelo fato da disponibilidade em laboratório bem como o contato com esse dispositivo ao longo da graduação, logo ele atende as especificações técnicas desejadas para primeira fase de construção e prototipagem do robô móvel. Na Figura 31 é apresentado o circuito embarcado no robô móvel.

Para o gerenciamento de informações e controle do veículo foi utilizado o Arduino Uno e

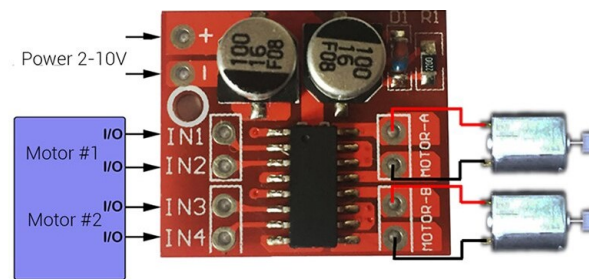


Figura 30 – Mini Ponte H L298n (FilipeFlop 2022).

acoplado ao chasis de acrílico, a sua escolha se deu pelo fato da disponibilidade em laboratório bem como o contato com esse dispositivo ao longo da graduação, logo ele atende as especificações técnicas desejadas para primeira fase de construção e prototipagem do robô móvel. Na Figura 31 é apresentado o circuito embarcado no robô móvel.

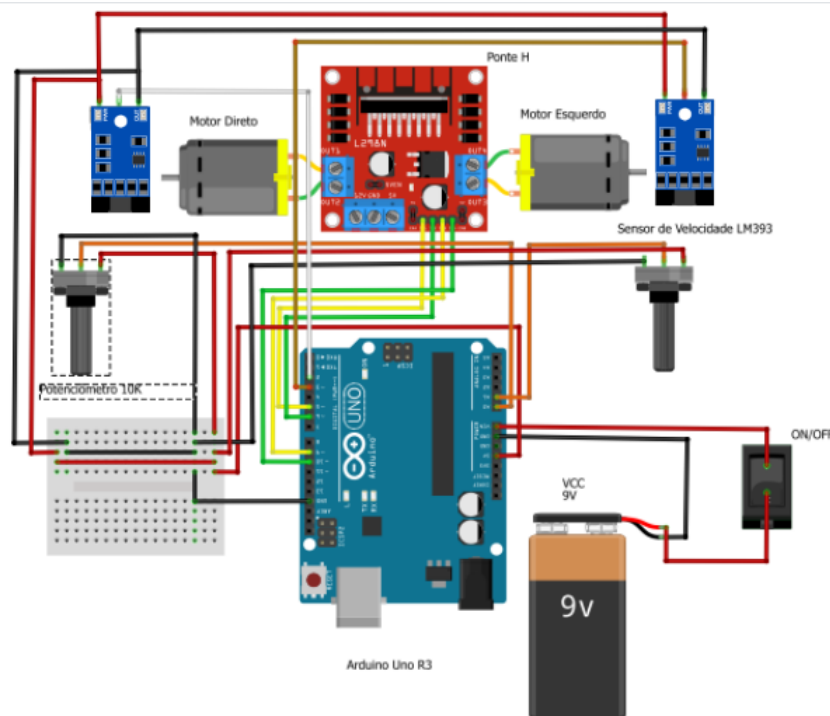
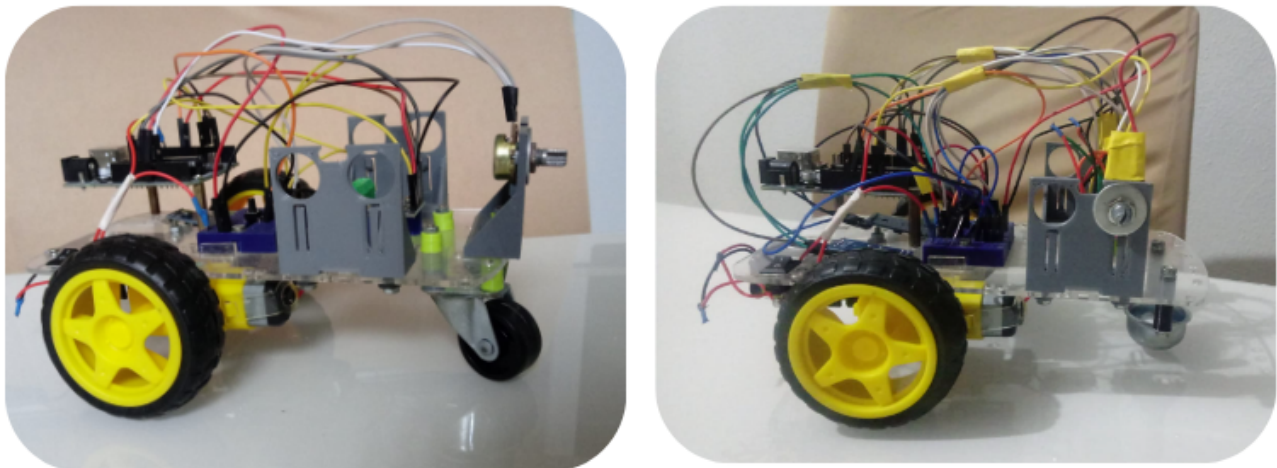


Figura 31 – Circuito do robô móvel (Próprio Autor 2022).

Após a construção da estrutura física do robô móvel do tipo tração diferencial, percebeu-se a necessidade de substituição da roda boba para uma roda do tipo esférica para que fosse possível controlar de forma mais precisa o robô, como mostrado na 32. Desse modo, foram levantados os parâmetros necessários para a análise geométrica da configuração diferencial, como raio das rodas, centro de massa e distância entre os eixos dos motores.

Por fim, foi implementado um sistema de odometria utilizando um sensor de velocidade LM393, juntamente com o disco encoder rotativo óptico, sendo que o mesmo possui uma resolução de 20 furos. Desta forma, foi possível calcular as velocidades linear e angular do robô. Para o ajustes dessas velocidades, com o intuito de verificar se o robô pudesse se locomover em linha reta, foram utilizados 2 potenciômetros de 10KΩ, um para roda, os mesmo foram conectados às entradas analógica do arduino uno (A0) e (A1). Toda a lógica de programação

utilizada, nesses experimentos iniciais, encontra-se disponível no anexo A.



• Roda boba livre

• Roda boba esfera livre

Figura 32 – Protótipo montado do robô móvel do tipo tração diferencial (Próprio Autor 2022).

5.2 Construção do painel de comandos

Para a primeira fase de prototipagem do painel de comandos, visto a necessidade de compreender o sistema de comunicação *Bluetooth* entre o mesmo e o robô móvel, foi utilizado um segundo arduino uno responsável por gerenciar todos os dados de entrada e saída de sinal. Também foi utilizado cinco push button para o controle de movimentação do mesmo. Sendo eles sentido horário, anti-horário, esquerda, direita e parada.

Nesse sentido foram utilizados 2 módulos bluetooth HC-05, sendo que o primeiro foi configurado no modo Master e embarcado na primeira versão do painel de comandos, e o segundo foi configurado no modo Slave e embarcado no protótipo do robô móvel. Desse modo, todos os comandos necessários para controlar o direcionamento do robô serão enviados a partir desse dispositivo. Na figura 33 é apresentado o circuito eletrônico utilizado na primeira fase de prototipagem do painel de comandos, já na figura 34 é apresentada a representação de prototipagem eletrônica do circuito embarcado no robô móvel. Desse modo foram executados alguns testes, a fim de verificar o funcionamento do mesmo.

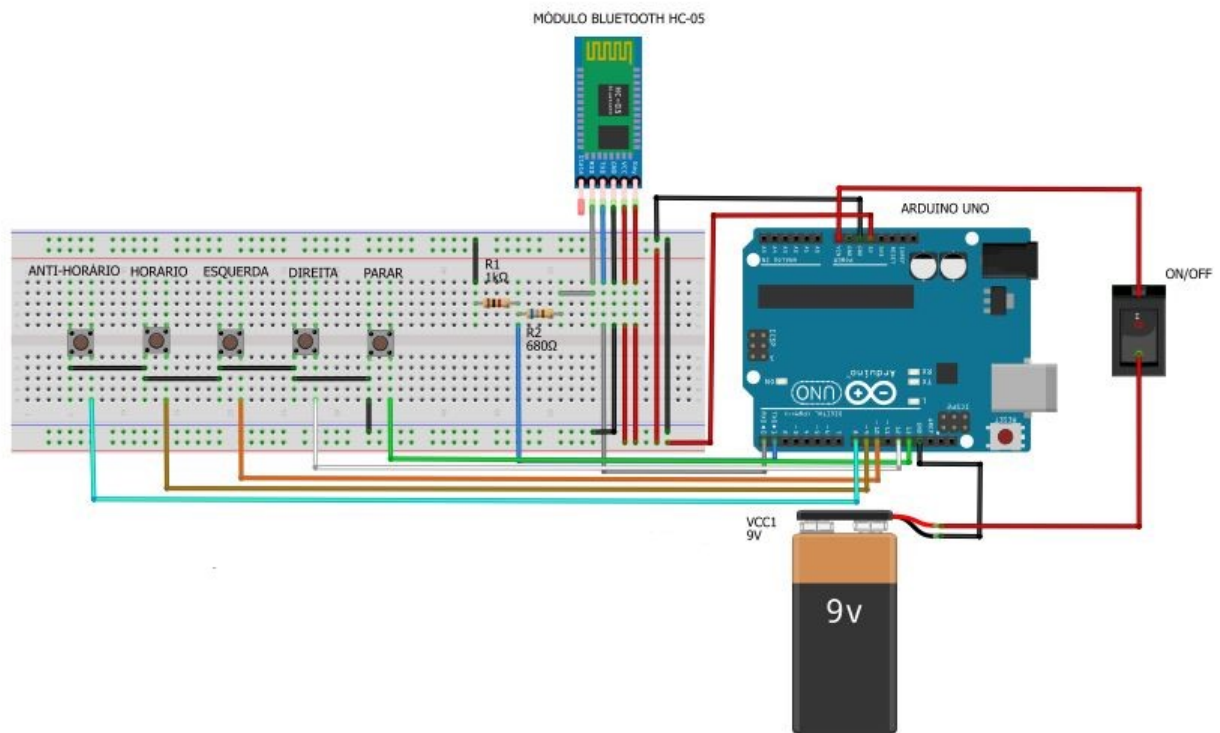


Figura 33 – Prototipagem eletrônica do painel de codificação (Próprio Autor 2022).

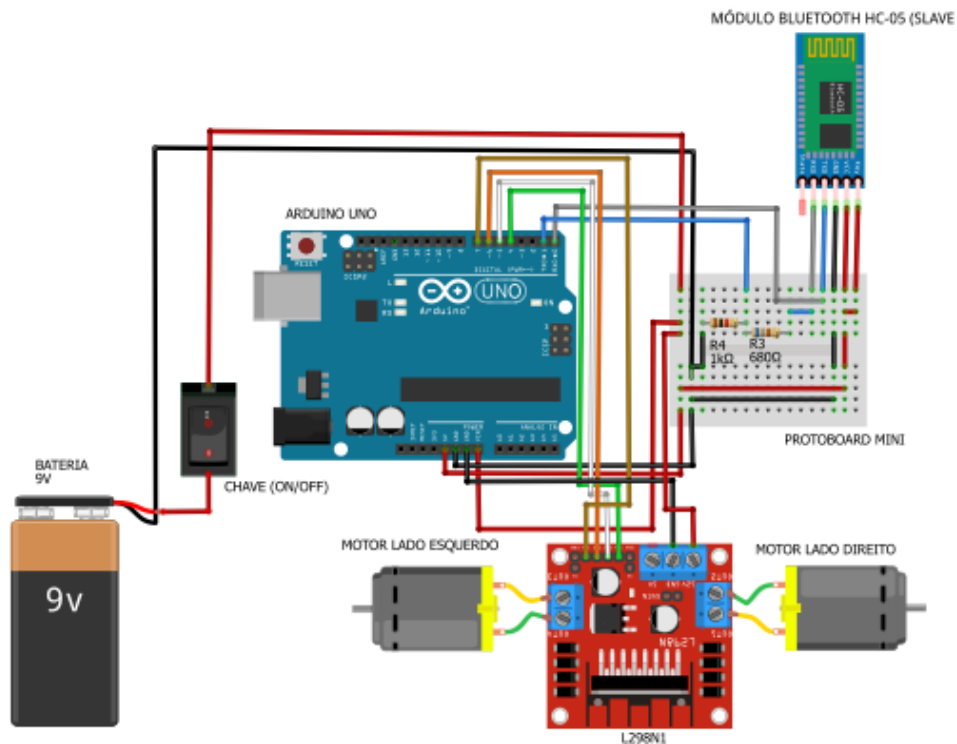


Figura 34 – Prototipagem eletrônica do embarcado no robô móvel (Próprio Autor 2022).

6. Resultados Esperados

Com base na revisão bibliográfica em relação à robótica educacional como ferramenta de ensino pedagógico, foi observado que atualmente no Brasil, existem poucos trabalhos acadêmicos e pesquisas científicas relacionados ao desenvolvimento de kits educacionais que ensinam robótica e lógica de programação sem o uso de telas. A maioria das linhas de pesquisa existentes necessitam de uma interface com telas para interação com o usuário.

Com isso, neste trabalho é proposto o desenvolvimento e construção de um dispositivo de baixo custo comparado com os produtos similares disponíveis a venda no mercado.

Como resultado esperado pretende-se desenvolver a estrutura física e eletrônica de um robô móvel do tipo tração diferencial. Este robô será capaz de estimar a velocidade das suas rodas e, a partir desta medição, será desenvolvido um sistema de controle de velocidade para o robô. Na próxima etapa deste TCC, serão estudados os melhores tipos de motores a serem utilizados para essa aplicação, bem como o melhor modelo físico da estrutura que será utilizada.

Espera-se também a construção de uma interface de comando amigável e de fácil manipulação por crianças com idade entre 4 e 8 anos, em que é possível enviar comandos de movimentação para o robô móvel. Para que isso seja possível, será desenvolvido um sistema de comunicação robusto entre a interface de comando e o robô móvel.

Por fim, será desenvolvido um sistema embarcado que receberá os comandos programados pelas crianças e irá executar sequencialmente no robô.

Para a construção da interface de comando, blocos de comandos e sistema de embarcado, estão sendo escolhidos materiais com baixo custo de aquisição e fácil de encontrar, como o Arduino que será utilizado tanto na interface de controle do robô móvel como também gerenciamento da comunicação *Bluetooth*.

Outro ponto de destaque desse trabalho será relacionado ao estudo da cinemática para um robô móvel de acionamento por tração diferencial, onde o mesmo é um dos elementos principais deste kit. Será colocado em prática todos os conceitos abordados a partir da revisão bibliográfica relacionados a essa temática, como a localização do robô em relação a um Sistema de Coordenadas Global.

Ao final de todo o processo de construção, validação e testes, o presente trabalho pretende obter um produto final, funcional que possa oferecer segurança em seu manuseio por crianças na faixa etária de 4 a 8 anos de idade.

7. Cronograma

A partir do que foi apresentado e desenvolvido nos primeiros meses desse trabalho, os resultados obtidos parcialmente e tendo em vista as contribuições esperadas, são listadas aqui as atividades a serem realizadas nos próximos meses a fim de concluir o projeto de TCC. As atividades são cronologicamente apresentadas na Tabela 1 de forma mensal, iniciando-se em Março de 2023, após a apresentação da proposta do TCC 1, até Julho de 2023, que é o tempo previsto para a conclusão da etapa do TCC 2.

Lista de atividades:

Atividade 1 - Modelar e construir a estrutura mecânica do robô móvel com tração diferencial;

Atividade 2 - Projetar e implementar o circuito eletrônico, para o robô;

Atividade 3 - Projetar e construir um circuito eletrônico para o painel de comandos;

Atividade 4 - Desenvolver e construir uma estrutura mecânica para o painel de comandos e blocos de codificação;

Atividade 5 - Elaborar um sistema de comunicação entre o robô móvel e o painel de comandos;

Atividade 6 - Desenvolver um logica de programação para o funcionamento do sistema eletrônico embarcado;

Atividade 7 - Realizar testes e implementar soluções para possíveis erros;

Atividade 8 - Elaboração do texto final;

Atividade 9 - Apresentação do TCC 2;

Tabela 1 – Cronograma com as atividades previstas.

ATIVIDADES	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
1	X	X			
2	X	X			
3		X	X		
4		X	X		
5		X	X		
6	X	X	X		
7			X	X	
8				X	X
9				X	

Fonte: Elaborada pelo autor

8. Conclusão

Com o desenvolvimento parcial deste trabalho de conclusão de curso foi possível perceber, a importância da robótica educacional como ferramenta de ensino pedagógico. Através de uma ampla revisão bibliográfica acerca do tema proposto, pode-se constatar a escassez de produtos destinados ao ensino da lógica de programação e robótica sem o uso de telas, tanto comerciais, como de baixo custo. Na fundamentação teórica foi feita uma análise da modelagem cinemática de um robô do tipo tração diferencial, onde colocou-se em prática os conhecimentos teóricos dos componentes necessários para a construção do robô.

Com o robô construído pode-se perceber algumas limitações, como o tipo de roda de apoio, no qual observou-se que a roda boba esfera possui uma menor influência no sentido de direção do veículo em relação à roda boba livre. Em relação aos motores, foi observado que a caixa de redução que acompanha o mesmo, acoplada à roda tipo estrela não apresentava uma rotação de forma alinhada, logo acabava por interferir na movimentação do robô. Na comunicação bluetooth foi observado que o mesmo apresentava interferências, quando o robô móvel se afastava a uma distância de aproximadamente um metro do raio da faixa de conexão, entre o painel de comandos.

Para contornar toda essa situação no TCC 2 serão investigados outros tipos de motores, bem como construir uma nova estrutura física, utilizando tecnologia de impressão 3D. Entre os êxitos esperados com a finalização desse protótipo está relacionado ao desenvolvimento de um produto, no qual a criança irá aprender conceitos de lógica de programação de forma simplificada, desde simples comandos.

Desse modo, o presente trabalho irá contribuir para o campo de pesquisa do laboratório de inovação e criatividade (LABIC) do IFS Campus Lagarto, em relação à utilização da robótica como ferramenta de ensino pedagógico. Com a construção deste protótipo é esperado que mais trabalho surjam em decorrência do estudo realizado. O mesmo servirá como plataforma de testes, com base na tecnologia embarcada no qual permite ensinar lógica de programação sem o uso de telas.

Referências

- 1 SANTOS, T. N. dos; POZZEBON, E.; FRIGO, L. B. A utilização de robótica nas disciplinas da educação básica. Revista Técnico Científica do IFSC, p. 616–616, 2013. Citado na página 1.
- 2 BERS, M. U. Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom. [S.l.]: Routledge, 2017. Citado na página 1.
- 3 RAMOS, D. K.; KNAUL, A. P. O uso das tecnologias digitais na infância pode influenciar nos modos de interação social? evidências de uma revisão sistemática de literatura. INTERFACES DA EDUCAÇÃO, v. 11, n. 32, p. 159–187, 2020. Citado na página 1.
- 4 RADESKY, J. S.; SCHUMACHER, J.; ZUCKERMAN, B. Mobile and interactive media use by young children: the good, the bad, and the unknown. American Academy of Pediatrics, 2015. Citado na página 1.
- 5 ORIENTAÇÃO, S. M. de. Grupo de trabalho saúde na era digital. Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019. Citado na página 1.
- 6 MIRANDA-PINTO, M. S.; MONTEIRO, A. F.; OSÓRIO, A. J. Potencialidades e fragilidades de robôs para crianças em idade pré-escolar: 3 a 6 anos. Universidade Federal do Tocantins e Universidade Estadual Paulista Júlio de ... , 2017. Citado na página 2.
- 7 CARRILO, A. F. Mapeamento Edtech 2020, investigação sobre as tecnologias educacionais Brasileiras. 2020. Disponível em: <https://cieb.net.br/wp-content/uploads/2021/04/Mapeamento-Edtech-2020_web.pdf>. Acesso em: 1 de nov. de 2022. Citado na página 2.
- 8 SCIAVICCO, L.; SICILIANO, B. Modeling and control of robot manipulators.(mcgraw-hill, new york, 1996). Citado na página 5.
- 9 HAGRAS, H. A. A hierarchical type-2 fuzzy logic control architecture for autonomous mobile robots. IEEE Transactions on Fuzzy systems, IEEE, v. 12, n. 4, p. 524–539, 2004. Citado na página 6.
- 10 MCROBERTS, M. Arduino básico. [S.l.]: Novatec Editora, 2018. Citado na página 8.
- 11 ALMEIDA, R. M. A. de. Ponte H com bootstrap para acionamento de motores DC. 2014. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/ponte-h-bootstrap-acionamento-motores-dc/>>. Acesso em: 26 de nov. de 2022. Citado na página 9.
- 12 AVELAR, E. Leitura de um encoder industrial heidenhain com Arduino. 2016. Disponível em: <<https://easytrollabs.com/arduino/arduino-lab-09-leitura-de-um-encoder-industrial-heidenhain-com-o-arduino/>>. Acesso em: 20 de nov. de 2022. Citado na página 9.
- 13 BONATTO, A.; CANTO, D. O. d. Bluetooth technology (ieee 802.15). Sem publicação, sem publicação, p. 01–11, 2007. Citado na página 11.

- 14 BARR, M. Pulse width modulation. Embedded Systems Programming, v. 14, n. 10, p. 103–104, 2001. Citado na página 12.
- 15 HUANG, R.; SPECTOR, J. M.; YANG, J. Educational Technology a Primer for the 21st century. [S.l.]: Springer, 2019. Citado na página 13.
- 16 KLASSNER, F.; ANDERSON, S. D. Lego mindstorms: Not just for k-12 anymore. IEEE robotics & automation magazine, IEEE, v. 10, n. 2, p. 12–18, 2003. Citado na página 13.
- 17 WATTERS, A. Lego Mindstorms: uma história de robôs educacionais. 2015. Disponível em: <<https://medium.com/the-history-of-the-future-of-education/lego-mindstorms-a-history-of-educational-robots-cc323766e8c1>>. Acesso em: 05 de nov. de 2022. Citado na página 14.
- 18 ALQARZAIE, K. N.; ALENEZI, S. A. Using lego mindstorms in primary schools: Perspective of educational sector. International Journal of Online & Biomedical Engineering, v. 18, n. 1, 2022. Citado na página 14.
- 19 LOPES, M. LEGO lança SPIKE Prime para trabalhar STEAM no ensino fundamental. 2020. Disponível em: <<https://porvir.org/lego-lanca-spike-prime-para-trabalhar-steam-no-ensino-fundamental/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2022. Citado na página 15.
- 20 UMASCHI, M. S. l. M. Programação tangível na primeira infância. High-tech tots: Infância em um mundo digita, n. 10, p. 49–70, 2010. Citado na página 16.
- 21 BLIKSTEIN, P. et al. Project bloks: designing a development platform for tangible programming for children. Position paper, retrieved online on, p. 06–30, 2016. Citado na página 19.
- 22 DUSO, G. B. Robótica educacional na escola: desenvolvendo o raciocínio na educação infantil. 2018. Citado na página 21.
- 23 KAVIATKOVSKI, A. A.; FREITAS, D. A. de; GUEDES, J. T. Buddy berry: kit educativo com robô móvel para o ensino de lógica para crianças. Curitiba: Utfpr, 2016. Citado na página 22.
- 24 SILVA, P. F. da; FAGUNDES, L. da C. Jabuti edu: iniciando a lógica da programação com crianças da faixa etária de 4 aos 5 anos. Citado na página 23.
- 25 AROCA, R. V. Plataforma robótica de baixíssimo custo para robótica educacional. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012. Citado na página 23.
- 26 MIRANDA, L. C. D.; SAMPAIO, F. F.; BORGES, J. A. dos S. Robofácil: Especificação e implementação de um kit de robótica para a realidade educacional brasileira. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 18, n. 03, p. 46, 2011. Citado na página 24.

A. Apêndice A - Código Embarcado no Robô

```

1  volatile unsigned Atual = 0;
2  volatile unsigned Anterior = 0;
3  unsigned long DeltaT;
4  //Vari veis inteiras
5  int Tamos = 150; //Tempo de amostragem
6  int Nranterior1 = 0;
7  int Nranterior2 = 0;
8  int DeltaN1 = 0;
9  int DeltaN2 = 0;
10 int ValPotDireito = A0;
11 int ValPotEsquerdo = A1;
12 int Encoder1 = 2; // Acionamento da interrupção referente a roda
    direta
13 int Encoder2 = 3; // Acionamento da interrupção referente a roda
    esquerda
14 //Vari veis reais
15 float Wd = 0;
16 float We = 0;
17 float Wrobo = 0;
18 float Vd = 0;
19 float Ve = 0;
20 float L = 5.50;
21 float Vrobo = 0;
22 float Nr1 = 0;
23 float Nr2 = 0;
24 float Rroda = 3.45; //Diametro da roda em cm
25 float Disco = 20.0; //Numero de furos dos discos Encoder
26 float Freq = 0;
27 //int PWM_Direita = 100;
28 //int PWM_Esquerda = 100;
29 //Vari veis
30 #define IN1 5 //PWM

```

```
31 #define IN2 6 //PWM
32 #define IN3 9 //PWM
33 #define IN4 10 //PWM
34
35 void setup() {
36     attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Encoder1), Contador1, FALLING)
37     ;
38     attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(Encoder2), Contador2, FALLING)
39     ;
40     Serial.begin(9600);
41     pinMode(IN1, OUTPUT); //Saida
42     pinMode(IN2, OUTPUT); //Saida
43     pinMode(IN3, OUTPUT); //Saida
44     pinMode(IN4, OUTPUT); //Saida
45 }
46
47 void Contador1 () {
48     Nr1++; //Contador de pulsos sensor velocidade 1
49 }
50
51 void Contador2 () {
52     Nr2++; //Contador de pulsos sensor velocidade 2
53 }
54
55 void loop() {
56
57     ValPotDireito = analogRead(A0) / 4;
58     ValPotEsquerdo = analogRead(A1) / 4;
59
60     motor (); //fun o para funcionamento do motor
61     Atual = millis(); //Mede o tempo atual
62     DeltaT = Atual - Anterior; // Calcula a diferen a de tempo
63
64     //Compara se a diferen a de tempo e maior ou igual, do tempo de
65     amostragem
66     if (DeltaT >= Tamos) {
67         //Calculo da frequ ncia
68         Freq = 1000.0 / DeltaT;
69         //=====Roda direita=====
70         //Calcula a quantidade de pulsos dentro do intervalo do tempo de
71         amostragem
72         DeltaN1 = Nr1 - Nranterior1;
73         //Atualiza o em rela o ao numero de pulsos sensor de
```

```

    velocidade Direita
70  Nranterior1 = Nr1;
71  //Velocidade Angular da Roda Direita
72  Wd = 2.0 * 3.14 * Freq * DeltaN1 * (1.0 / Disco);
73  //Velocidade Linear da Roda Direita
74  Vd = Wd * Rroda;
75  //=====Roda esquerda=====
76  //Calcula a quantidade de pulsos dentro do intervalo do tempo de
    amostragem
77  DeltaN2 = Nr2 - Nranterior2;
78  //Atualiza o em rela o ao numero de pulsos sensor de
    velocidade Esquerda
79  Nranterior2 = Nr2;
80  //Velocidade Angular da Roda Esquerda
81  We = 2.0 * 3.14 * Freq * DeltaN2 * (1.0 / Disco);
82  //Velocidade Linear da Roda Esquerda
83  Ve = We * Rroda;
84  //=====Velocidades=====
85  Vrobo = (Vd + Ve) / 2.0; //Rob
86  Wrobo = (Vd - Ve) / (2.0 * L); //
87  Anterior = millis();//Atualiza o tempo
88 }
89
90 Serial.println("Velocidade Linear Roda Direita:");
91 Serial.print(Vd); //Apresenta na tela a velocidade Linear da Roda
    Direita
92 Serial.println("Velocidade Linear Roda Esquerda:");
93 Serial.print(Ve); //Apresenta na tela a velocidade Linear da Roda
    Esquerda
94 Serial.println("Velocidade do rob :");
95 Serial.println(Vrobo); //Apresenta na tela a velocidade do rob
96 Serial.println("Velocidade ngular do rob :");
97 Serial.println(Wrobo);
98
99 }
100
101 void motor () {
102     //Acionamento do motor Direito
103     analogWrite(IN1, LOW); // Recebe o valor do potenci metro
104     analogWrite(IN2, ValPotDireito);
105     //Acionamento do motor esquerdo
106     analogWrite(IN3, LOW); // Recebe o valor do potenci metro
107     analogWrite(IN4, ValPotEsquerdo);

```

108 }