

# Desenvolvimento de um Robô Autônomo para a modalidade de luta Mini Sumo com Arduino Nano

Elias dos Santos Cosme <sup>1</sup>, Davi Fraga Santana <sup>1</sup>, Flávio Pereira da Silva <sup>1</sup>, Daniel dos Anjos Costa <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal da Bahia (IFBA) – Santo Amaro – BA – Brasil

eliascosme88@gmail.com, davidico13@gmail.com, flavio.pereira@ifba.edu.br e daniel.anjos@ifba.edu.br

**Abstract.** *Robotics, as a multidisciplinary field, has garnered increasing interest by encompassing the study and application of technologies in the conception and operation of robotic systems. In this context, the present project resulted in the creation of a robot dedicated to the mini-sumo combat modality, utilizing the Arduino platform. The control system developed for this prototype is based on a reactive conditional logic, granting it the ability to make autonomous decisions in the ring. To this end, the robot employs an infrared sensor for detecting the arena's edge (boundary) and an ultrasonic sensor to identify the opponent's presence. Its autonomy is based on a hierarchy of three fundamental behaviors: retreat, search, and attack, which ensure an adaptive and effective real-time operation, crucial for competitive performance.*

**Resumo.** *A robótica, enquanto campo multidisciplinar, tem despertado crescente interesse por abranger o estudo e a aplicação de tecnologias na concepção e operação de sistemas robóticos. O presente projeto resultou na criação de um robô dedicado à modalidade de luta mini sumô, utilizando a plataforma Arduino. O sistema de controle desenvolvido para este protótipo baseia-se em uma lógica condicional reativa, conferindo-lhe a capacidade de tomar decisões autônomas no ringue. Para tanto, o robô emprega um sensor infravermelho para detecção da borda (limite) da arena e um sensor ultrassônico para identificar a presença do oponente. Sua autonomia é pautada em uma hierarquia de três comportamentos fundamentais: recuo, busca e ataque, os quais garantem uma operação adaptativa e eficaz em tempo real, crucial para o desempenho competitivo.*

## 1. Introdução

A área da robótica tem despertado considerável interesse entre entusiastas de tecnologia, uma vez que engloba o estudo das tecnologias relacionadas à concepção e operação de sistemas robóticos. Estes sistemas consistem em dispositivos eletromecânicos autônomos ou semi-autônomos, projetados para executar tarefas que se assemelham às realizadas por seres humanos [Fresnillo et al. 2023].

A robótica tem aplicações nas mais variadas áreas, desde a produção industrial (para aumentar a produtividade e reduzir os custos), atividades domésticas (como por exemplo, robôs aspiradores) e até atividades médicas na execução autônoma ou semi-autônoma em cirurgias e intervenções médicas [Fresnillo et al., 2023].

Logo, o incentivo à robótica é essencial para promover o aprendizado prático de tecnologia, programação e engenharia, preparando estudantes para os desafios do mercado e da inovação. Do mesmo modo, o presente estudo estimula o raciocínio lógico, a criatividade e a resolução de problemas, habilidades fundamentais em diversas áreas do conhecimento, como matemática e física. Projetos de robótica educacional possibilitam a aplicação de conceitos teóricos em situações reais, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente (Silva e Barbosa 2021).

Sendo assim, a robótica autônoma desempenha um papel crucial no progresso da

automação em diversos setores, oferecendo a capacidade de executar tarefas com maior desempenho, eficiência e precisão (Reda et al. 2024). Os robôs para competição de mini sumô são construídos com foco na agilidade, resistência e capacidade de manobras estratégicas. Eles devem ser capazes de tomar decisões para controlar seus atuadores (motores e demais dispositivos que geram movimento) baseado nas informações em tempo real dos seus sensores e assim propor ações ou reações contra o adversário.

Por conseguinte, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um robô autônomo projetado para competições de mini sumô, utilizando a plataforma Arduino Nano. Para tal, foram investigadas e aplicadas técnicas de sensoriamento, algoritmos de controle e estratégias de navegação, com o objetivo de assegurar a eficácia e a robustez do robô em diversos cenários controlados. Os robôs dessa categoria operam de maneira integralmente autônoma, capacitando-os a tomar decisões com base nos dados coletados por seus sensores, sem necessidade de intervenção humana direta. Sua inteligência de combate é estruturada em uma hierarquia de comportamentos fundamentais – recuo, busca e ataque – que lhes permite navegar em um ringue de superfície emborrachada preta, delimitado por linhas brancas, garantindo a conformidade com as regras da competição e a adaptabilidade em tempo real.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção descreve as tecnologias de *hardware* utilizadas no desenvolvimento do robô de sumô autônomo, com ênfase nos componentes principais que permitem a detecção e movimentação do robô, além do controle das suas ações em tempo real. A Tabela 1 resume os principais conceitos das tecnologias usadas na implementação.

Tabela 1. Tecnologias usadas para construção do sistema.

Tecnologia	Descrição
Sensor Infravermelho TCRT5000	<p>O sensor TCRT5000 é um transceptor óptico infravermelho reflexivo, amplamente empregado na detecção de objetos e variações de refletividade em superfícies a curtas distâncias. Sua operação é baseada na emissão de luz infravermelha por um LED emissor e na subsequente captação da luz refletida por um fototransistor. A intensidade dessa luz refletida permite ao sensor distinguir entre diferentes tonalidades e materiais, tornando-o ideal para aplicações que exigem a diferenciação entre superfícies claras e escuras. Módulos comuns deste sensor possuem pinos VCC e GND para alimentação, e saídas DO (<i>Digital Output</i>) e, em alguns modelos, AO (<i>Analog Output</i>), que fornecem leituras digitais ou analógicas, respectivamente, sobre a presença ou a distância de um objeto.</p> <p>Este componente, que opera com um comprimento de onda de 950 nm e uma distância de detecção efetiva de 0.2 mm a 15 mm, é valorizado pela sua resposta rápida, baixo custo e robustez. Sua capacidade de ser ajustado via potenciômetro em muitos módulos garante flexibilidade na calibração da sensibilidade para diversas condições. A sua versatilidade o torna uma escolha popular em áreas como robótica (detecção de linha), automação e controle de proximidade, sendo um alicerce para sistemas que demandam sensoriamento óptico confiável [Datasheet Tcrt5000, s.d.].</p>
Sensor ultrassônico HC-SR04	<p>O sensor ultrassônico HC-SR04 é um dispositivo de baixo custo que mede distâncias sem contato, operando pelo princípio do sonar. Ele emite um pulso ultrassônico e calcula a distância com base no tempo que o som leva para retornar</p>

	<p>após refletir em um objeto. O módulo possui quatro pinos essenciais: VCC e GND para alimentação (+5V DC), Trig para disparar o pulso (requer um pulso <i>HIGH</i> de 10µs), e Echo para sinalizar o tempo de retorno do som. Esse tempo é então convertido em distância já que a velocidade do som no ar é conhecida [Sparkfun, s.d.].</p> <p>Com um alcance teórico de 2cm a 450cm e precisão de ±3mm, o HC-SR04 é amplamente aplicado em robótica para detecção de obstáculos, robôs seguidores de linha e sistemas de estacionamento. Embora eficaz para diversas finalidades, é importante considerar que seu desempenho pode ser otimizado ajustando o ciclo de medição para evitar interferências.</p>
Mini Ponte H Dupla L298N	<p>A Mini Ponte H Dupla L298N é um módulo controlador de motores amplamente utilizado em projetos de robótica e automação, cujo propósito principal é permitir o controle de motores de corrente contínua (DC) e motores de passo. Microcontroladores, como o Arduino, não são capazes de fornecer a corrente e a tensão necessárias para acionar diretamente motores de maior porte; é nesse ponto que a Ponte H L298N se torna indispensável. Sua arquitetura dupla a capacita a controlar independentemente dois motores DC ou um motor de passo bipolar, gerenciando tanto a direção quanto a velocidade de cada um, o que a torna uma solução versátil para diversas aplicações.</p> <p>O módulo L298N atua como uma interface entre o microcontrolador e os motores, recebendo sinais de controle de baixa potência do Arduino e convertendo-os em correntes de maior potência que podem, de fato, movimentar os motores. Isso é feito através de quatro pinos de entrada lógica (IN1, IN2, IN3, IN4) para controlar a direção dos motores e, geralmente, pinos de habilitação (ENA, ENB) que podem ser usados com sinais PWM para ajustar a velocidade. Essa capacidade de controle preciso sobre a movimentação dos atuadores é crucial para o desempenho de robôs, como os mini sumô, onde manobras rápidas e reversões são essenciais [Blog da Robótica, 2023].</p>
Motores DC 3–6V 200RPM	<p>O motor DC 3-6V 200RPM é um motor de corrente contínua de pequeno porte, amplamente utilizado em projetos de eletrônica e robótica. Sua designação "3-6V" indica que opera eficientemente dentro dessa faixa de tensão, tornando-o compatível com baterias comuns ou saídas de microcontroladores como o Arduino, enquanto "200RPM" refere-se à sua velocidade nominal de rotação (200 rotações por minuto) em uma determinada carga e tensão (geralmente 5V sem carga). Esses motores são acoplados a caixas de redução (engrenagens internas) para converter alta velocidade e baixo torque em menor velocidade e maior torque, o que é ideal para movimentar rodas ou outros mecanismos que exigem força para superar atrito ou peso, sendo frequentemente acionados por módulos como a Ponte H L298N para controle de direção e velocidade [UsinaInfo 2025].</p>
Baterias 18350	<p>As baterias 18350 são células cilíndricas de íon de lítio (Li-ion) recarregáveis, nomeadas por suas dimensões aproximadas de 18mm de diâmetro e 35mm de comprimento. Elas geralmente operam com uma tensão nominal de 3.7V (atingindo 4.2V totalmente carregadas) e possuem capacidades típicas que variam de 700mAh a 1500mAh, dependendo do fabricante e da química específica [Redway Battery 2024].</p>
Arduíno Nano	<p>O Arduino Nano destaca-se como uma plataforma de prototipagem eletrônica compacta e versátil, baseada no microcontrolador ATmega328, oferecendo uma</p>

	<p>funcionalidade comparável ao Arduino Uno em um formato miniaturizado. Sua natureza de código aberto e a vasta comunidade de suporte facilitam o aprendizado e a rápida prototipagem de projetos. A flexibilidade do Nano reside na sua capacidade de integrar hardware e software de forma eficiente, interagindo com diversos sensores e atuadores através de suas portas digitais e analógicas, e facilitando a comunicação com outros dispositivos via interfaces UART, SPI e I2C, tornando-o ideal para aplicações que exigem portabilidade e miniaturização [Arduino 2025].</p> <p>Apesar do seu tamanho reduzido, o Arduino Nano dispõe de um conjunto robusto de pinos. Possui 14 pinos digitais de entrada/saída (I/O), sendo 6 deles com capacidade PWM para controle analógico. Adicionalmente, conta com 8 pinos de entrada analógica (A0 a A7) para leitura de sinais contínuos, e diversas portas de alimentação, incluindo VIN (para fontes externas não reguladas), saídas de 5V e 3.3V, e múltiplos pinos GND para o terra do circuito [Arduino 2025]. Essa rica conectividade, aliada às suas interfaces de comunicação e a um pino de reset, confere ao Arduino Nano a capacidade de suportar uma ampla gama de projetos embarcados, desde automação simples até robótica complexa, sem comprometer a interação com o ambiente externo.</p>
--	--

### 3. Trabalhos Relacionados

Diversos estudos têm explorado o desenvolvimento e o controle de robôs mini-sumô totalmente autônomos. Um exemplo é o trabalho de Tirian et al. (2015), que descreve um robô construído com Arduino Uno, sensores infravermelhos para detecção de linha, sensor de distância *Sharp* e ponte H L298N para controle dos motores. O estudo detalha o funcionamento dos sensores de reflexão e justifica a escolha do Arduino como unidade central de processamento, atuando como o “cérebro” do robô.

Gallina (2019) desenvolveu um robô de mini sumô autônomo voltado para competições, utilizando componentes de baixo custo como Arduino UNO, sensores infravermelhos e ultrassônico. O projeto combinou *hardware* simples com lógica reativa e foi testado em arena real, demonstrando eficiência em estratégias como ataque e recuo. O autor também detalha a montagem e sugere melhorias com giroscópio e ajustes na lógica, reforçando a viabilidade de projetos acessíveis para fins educacionais e competitivos.

O trabalho de Tronto et al. (2024) apresenta a construção de um robô móvel baseado na plataforma ESP32, utilizando sensores infravermelhos TCRT5000 e sensor ultrassônico HC-SR04 para detecção de obstáculos, além do uso da IDE Arduino e da ponte H L298N para o controle dos motores. O projeto evidenciou a viabilidade de construção de um robô funcional com baixo custo, destacando a integração entre *hardware* e *software* no contexto da cultura *maker*.

Carvalho et al. (2016) relatam o desenvolvimento de um robô para competições mini-sumô com foco na análise de estratégias e seleção de componentes. O estudo envolveu a escolha criteriosa de motores com redutor 100:1, rodas de alta aderência, chassi de aço inox personalizado e sensores dispostos nas extremidades do robô para aumentar a eficiência na detecção de oponentes e limites da arena.

Esses trabalhos têm em comum a utilização do Arduino Uno ou plataformas similares como unidade central de controle, o emprego de sensores infravermelhos (IR) ou ultrassônicos para a detecção de bordas e oponentes, além do uso da ponte H (L298N) para o controle dos motores DC. O diferencial está na atenção especial dada à calibração do sensor infravermelho para evitar falsos positivos sob diferentes condições de luz e na

implementação de uma lógica condicional tripartida (exploração → ataque → recuo) no algoritmo de controle.

#### 4. Desenvolvimento

O desenvolvimento de um robô mini sumô exige a integração de diversos componentes eletrônicos e mecânicos, além da implementação de algoritmos eficientes para detecção de oponentes e estratégias de combate. Nesta seção, são detalhadas as etapas de construção do robô, montagem dos sensores e atuadores até a programação do sistema de controle. A Figura 01 apresenta o esquema de montagem do circuito eletrônico do projeto. A abordagem adotada busca garantir um desempenho competitivo, combinando precisão no sensoriamento, rapidez na tomada de decisão e eficiência na movimentação dentro do ringue.

Na construção do robô, utilizamos dois sensores para coletar informações do ambiente: o TCRT5000 e o HC-SR04 (descritos na seção 2.0). O sensor TCRT5000 é um sensor infravermelho capaz de detectar variações de cor em superfícies. No projeto, sua principal função é identificar a linha limite do ringue, evitando que o robô ultrapasse os limites da área de combate. E para isso, ele foi posicionado na parte inferior do carro para conseguir captar as variações de cores no ringue. O sensor tem 4 pinos de conexão, mas apenas 3 deles foram conectados ao arduino, a saber: VCC, GND e DO. Enquanto os dois primeiros irão prover a alimentação, o terceiro irá transmitir os dados obtidos,

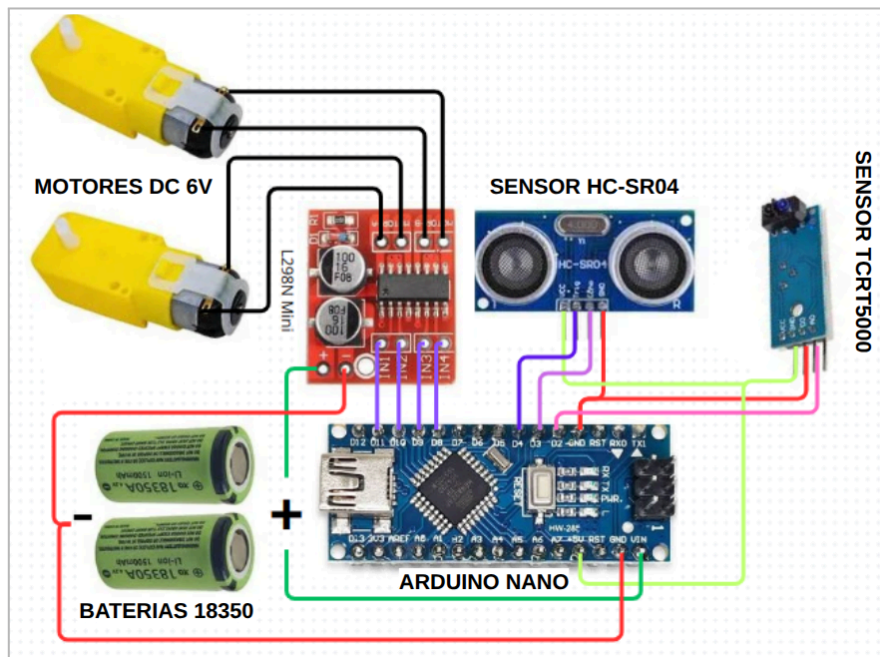
O segundo sensor, o HC-SR04, é um sensor ultrassônico utilizado para detecção de proximidade. Ele opera emitindo pulsos ultrassônicos e medindo o tempo de retorno do eco, permitindo calcular a distância até objetos próximos. No contexto do robô mini sumô, esse sensor é essencial para localizar e determinar a posição do adversário, possibilitando que o robô ajuste sua estratégia de movimentação e ataque com maior precisão. Todos os seus pinos foram conectados ao arduino. O VCC e GND para alimentação do sensor, o TRIG e o ECHO para saída e entrada de dados, respectivamente. O sensor ultrassônico foi posicionado bem na frente do carro, a fim de localizar o inimigo.

Conforme o esquema na Figura 01, além dos sensores já descritos, o circuito integra os seguintes componentes essenciais: Arduino Nano, Motores de Corrente Contínua (CC) com redutores, Mini *Shield* L298N e baterias de lítio. O Arduino Nano atua como a unidade de controle, responsável por processar as leituras dos sensores, interpretar as informações do ambiente e executar as ações de movimentação e estratégia programadas para o robô. Ele recebe os dados dos sensores e, com base neles, envia comandos precisos para os motores, garantindo uma resposta rápida e eficaz às condições do ringue [Mcroberts 2015].

Os motores de corrente contínua (DC) com redutores são os atuadores que conferem mobilidade ao robô, permitindo deslocamentos ágeis e manobras estratégicas dentro da arena. Sua posição foi definida no centro do chassi, com as rodas posicionadas nas laterais externas, otimizando a tração e a capacidade de giro. Uma vez que microcontroladores como o Arduino Nano não conseguem fornecer a potência necessária para acionar diretamente os motores de CC, foi utilizado para isso o dispositivo conhecido como Mini *Shield* L298N. Este *driver* de corrente é fundamental para garantir um controle preciso da velocidade e da direção de cada motor de forma independente, provendo a potência adequada para a movimentação efetiva do robô, incluindo avanço, recuo e giros.

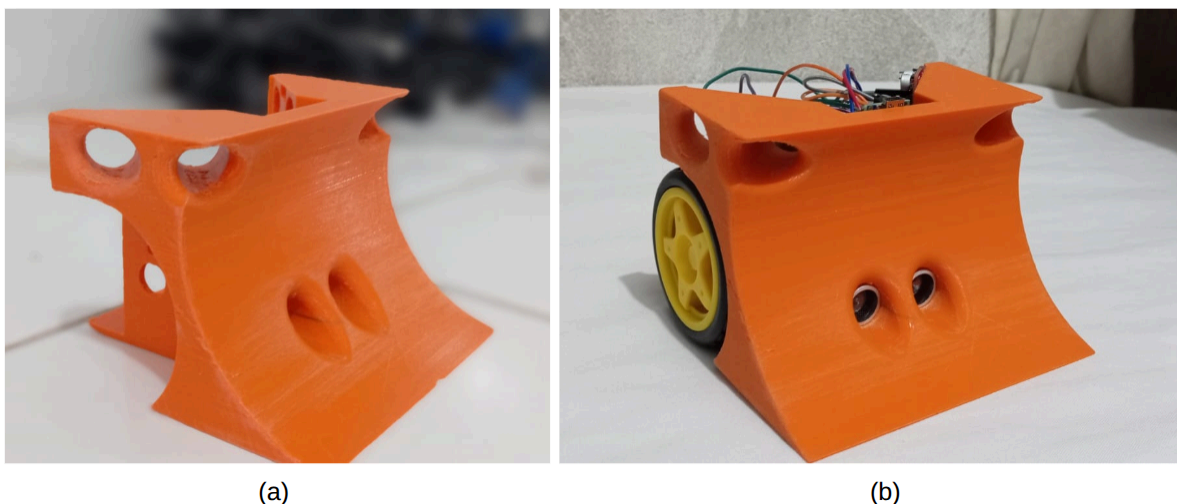
Além disso, o sistema é alimentado por baterias de lítio, que oferecem uma fonte de energia leve e de alta eficiência, garantindo um desempenho estável e prolongado durante as partidas. O uso dessas baterias permite que o robô opere com potência suficiente para

enfrentar o adversário sem comprometer sua autonomia.



**Figura 01 - Esquema de montagem do circuito eletrônico do robô.**

O chassi foi fabricado utilizando a tecnologia de Modelagem por Fusão e Deposição (FDM), com filamento de PLA (Ácido Polilático), escolhido por sua rigidez, leveza e facilidade de impressão. A Figura 02 ilustra visualmente essa etapa: a imagem (a) exibe o chassi impresso em cor laranja, evidenciando seu design, os recortes para otimização de peso e os encaixes para os diversos componentes. Já a imagem (b) demonstra um estágio posterior da montagem, onde os motores de corrente contínua com as rodas amarelas e o sensor ultrassônico HC-SR04 (com seus dois sensores circulares frontais) já estão fixados ao chassi.



**Figura 02 - Estrutura física do robô mini sumô: (a) Chassi impresso em 3D; (b) Chassi com motores, rodas e sensor ultrassônico instalados.**

Essa visão permite compreender a disposição dos principais elementos mecânicos e de sensoriamento na estrutura do robô, preparando o terreno para a integração dos demais componentes eletrônicos e a programação do seu comportamento.

## 4.1 Montagem Lógica

As Figuras 03 e 04 ilustram o pseudocódigo fundamental que governa o comportamento do robô mini sumô, dividindo a lógica em funções essenciais e o fluxo principal de controle. Este código é a base para a inteligência do robô, permitindo que ele reaja ao ambiente e execute suas estratégias de combate.

A Figura 03 apresenta as seções iniciais do código, focando na configuração e nas funções básicas de movimentação e sensoriamento. A função void *setup()* é executada uma única vez ao ligar ou reiniciar o Arduino, sendo o local dedicado para inicializar as configurações dos pinos. Nela, os pinos conectados aos sensores (infravermelho e ultrassônico) são configurados como entradas (*INPUT*) para leitura de dados, e os pinos que controlam os motores (conectados ao *driver* Mini *Shield* L298N) são definidos como saídas (*OUTPUT*), permitindo que o Arduino envie sinais para controlar a movimentação do robô.

```
1 // IMPORTAR BIBLIOTECAS
2 void setup() {
3   // Configura os pinos dos sensores
4   // Configura os pinos de controle dos motores como saída
5 }
6 void moverParaFrente() {
7   // Função para mover o robô para frente (ambos os motores avançam)
8 }
9 void moverParaTras() {
10  // Função para mover o robô para trás (ambos os motores recuam)
11 }
12 void pararMotores() {
13   // Função para parar todos os motores
14 }
15 void girar(int angulo) {
16   // Função para girar o robô no próprio eixo
17   // Motor esquerdo para frente e motor direito para trás.
18 }
19 int medirDistancia() {
20   // Mede a duração do pulso HIGH no pino Echo do HC-SR04
21   // que equivale ao tempo que o som leva para ir e voltar
22   // Velocidade do som no ar é aprox. 0.0343 cm/microsegundo.
23   // A distância é (velocidade * tempo) / 2, pois o som vai e volta.
24   // Retorna a distância calculada em centímetros
25 }
```

**Figura 03 - Primeira parte do Pseudocódigo de controle do sistema.**

O pseudocódigo também define funções específicas de movimentação. Na linha 6 a função *moverParaFrente()* faz o robô avançar para frente, ativando os pinos do driver do motor na mesma intensidade para que ambos os motores girem na mesma velocidade. Na linha 9 encontra-se a função *moverParaTras()* é responsável por fazer o robô recuar, configurando os motores para girarem no sentido oposto. Na linha 12 a função *pararMotores()* desativa todos os sinais enviados aos motores, fazendo o robô parar completamente.

Na linha 15 encontra-se a função *girar(int angulo)*, projetada para fazer o robô girar no próprio eixo, controlando o sentido e a duração do giro para alcançar um determinado ângulo. Por fim, a função *int medirDistancia()* é crucial para o sensor ultrassônico HC-SR04. Ela mede a duração do pulso *HIGH* no pino *Echo* do sensor, que corresponde ao

tempo que o som leva para ir e voltar. Considerando a velocidade do som no ar (aproximadamente 0,0343 cm/microsegundo), a distância é calculada pela fórmula (velocidade \* tempo) / 2, e a função retorna esse valor em centímetros, sendo vital para a detecção de obstáculos e do oponente.

A Figura 04 descreve a lógica condicional que define os comportamentos do robô no ringue, baseando-se nas leituras dos sensores. A função *controleAutonomo()* na linha 27 é a que orquestra a inteligência do robô, decidindo qual ação tomar com base nas entradas dos sensores e sendo chamada repetidamente no *loop* principal.

```
26 // Função com os 3 comportamentos do robô, que são: recuo, ataque e busca
27 void controleAutonomo() {
28     // MODO RECUO. O sensor de infravermelho localizou a borda da arena.
29     if ( SENSOR_INFRA == BORDA_BRANCA ) {
30         moverParaTras(); // Mover para trás
31         pararMotores(); // Parar
32         girar(180); // Girar 180° para voltar à arena
33         pararMotores(); // Parar
34     }
35     else { // O robô encontra-se dentro da arena
36         int distanciaInimigo = medirDistancia();
37         if (distanciaInimigo < LIMITE_ARENA) { // MODO ATAQUE. Localizou o inimigo
38             moverParaFrente(); // Avançar em velocidade máxima para frente
39         }
40         else { // MODO BUSCA.
41             girar(); // Girar sobre seu eixo para localizar adversário
42         }
43     }
44 }
45
46 void loop() {
47     controleAutonomo(); // Chama a função principal de controle continuamente
48 }
49
```

**Figura 04 - Segunda parte do Pseudocódigo de controle do sistema.**

A lógica principal começa com uma verificação da borda do ringue. Se o sensor infravermelho detectar a borda branca (indicado pela pseudo condição da linha 29), o robô entra no "MODO RECUO". Nesse modo, ele primeiro executa a ação de *moverParaTras()* por um tempo pré-determinado, para garantir que se afaste da borda, e em seguida, executa a função *pararMotores()* para estabilização. Após isso, o robô executa a função *girar(180)* para se reorientar para o centro da arena e, novamente, executa a função *pararMotores()*.

Caso a borda não seja detectada (*else* da linha 35), o robô procede para a detecção do inimigo. A distância até o oponente é medida pela função *medirDistancia()* e o valor é armazenado na variável *int distanciaInimigo*. Se o valor em *distanciaInimigo* for menor que um *LIMITE\_ARENA* (uma constante pré-definida para indicar proximidade do oponente), o robô entra no "MODO ATAQUE". Nesse estado, ele simplesmente *moverParaFrente()* em velocidade máxima, buscando empurrar o adversário para fora do ringue.

No entanto, se nem a borda for detectada, nem um inimigo próximo for encontrado (*else* da linha 40), o robô entra no "MODO BUSCA". Neste cenário, ele executa a função *girar()*, realizando um giro contínuo sobre seu próprio eixo para varrer o ambiente e localizar o adversário.



Finalmente, a função `void loop()` é a função principal do programa Arduino, que é executada repetidamente após a `setup()` ter sido concluída. Dentro do `loop`, a função `controleAutonomo()` é chamada incessantemente, garantindo que o robô esteja sempre verificando seu ambiente e tomando decisões de forma autônoma. O pseudocódigo representa um sistema de controle reativo simples, onde o robô responde a estímulos do ambiente (borda e inimigo) em uma hierarquia de prioridades: primeiro evita a borda, depois ataca o inimigo, e por fim, o procura.

#### **4. Discussões e Resultados**

A implementação do robô mini-sumo seguiu uma lógica embarcada baseada na leitura dos sensores TCRT5000 e HC-SR04, permitindo a detecção da borda da arena e do adversário com precisão. Durante os testes, verificou-se que a estratégia de movimentação em giro contínuo até a localização do oponente proporcionou uma boa cobertura da arena, aumentando as chances de encontro.

A rápida resposta dos motores CC, controlados pelo arduino contribuiu para ataques ágeis e impactos eficazes. Os resultados mostraram que operar os motores em velocidade máxima aumentou a força dos impactos, favorecendo a expulsão do adversário da arena. No entanto, a calibração dos sensores infravermelhos foi essencial para evitar falsos positivos na detecção da borda, especialmente em ambientes com variação de iluminação.

Além disso, o uso de baterias 18350 garantiu um fornecimento estável de energia, permitindo que o robô operasse com desempenho consistente ao longo das partidas, sem comprometer sua autonomia. Além disso, para proteger o sistema do robô, utilizamos um chassi resistente e cuidadosamente projetado para o contexto da competição, conferindo ao nosso carro maior robustez e estabilidade, permitindo ataques mais eficazes e melhor absorção dos impactos durante a luta. Além disso, com um chassi mais adequado, conseguimos garantir que os componentes internos ficassem ainda mais protegidos e firmemente fixos, reduzindo consideravelmente as chances de qualquer peça se desconectar do sistema durante a luta.

#### **5. Conclusão**

O desenvolvimento e a implementação do projeto do robô mini-sumô demonstram o potencial da robótica, tanto como uma valiosa ferramenta educacional quanto em contextos de competição tecnológica. A participação do robô em eventos científicos não apenas validou sua funcionalidade, mas também despertou um notável interesse em diversos estudantes, reforçando o seu significativo potencial pedagógico na promoção do aprendizado prático e interdisciplinar.

A escolha do Arduino Nano como plataforma de controle revelou-se estratégica. Sua vasta documentação e o robusto suporte da comunidade facilitaram sobremaneira o desenvolvimento e a otimização do código. A implementação de um sistema de controle baseado em lógica condicional mostrou-se altamente eficaz, capacitando o robô a tomar decisões rápidas e precisas durante os combates no *ringue*. Os testes experimentais conduzidos validaram a estratégia adotada, confirmando a eficiência da abordagem desenvolvida para o desempenho do protótipo.

Como aprimoramento futuro, pretende-se otimizar ainda mais a movimentação do robô e explorar a incorporação de algoritmos mais avançados de inteligência artificial para refinar sua capacidade de tomada de decisão em cenários dinâmicos. Dessa forma, este projeto não só reforça a relevância do ensino de robótica, mas também promove ativamente

o aprendizado prático em áreas cruciais como eletrônica, programação e sistemas embarcados, preparando os estudantes para os desafios tecnológicos do futuro.

## 6. Referências

- Arduino (2025). “Uno R3”. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>. Acesso em: 21 mar. 2025.
- Blog Da Robótica (2023). “Como controlar o motor DC utilizando o driver Ponte H L298N” Disponível em: <https://www.blogdarobotica.com/2023/05/15/como-controlar-motor-dc-utilizando-o-driver-ponte-h-l298n/>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- Carvalho et al. (2016). “Pesquisa e construção de protótipo para competição sumô de robôs”. In: Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, 20., 2016.
- Datasheet *Tcrt5000* (s.d.). “TCRT5000IR Sensor Pinout, Equivalent, Circuit & Datasheet”. Disponível em: <https://components101.com/sensors/tcrt5000-ir-sensor-pinout-datasheet>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- Fresnillo, P. et al. (2023). “A method for understanding and digitizing manipulation activities using programming by demonstration in robotic applications”. *Robotics and Autonomous Systems*, Volume 170.
- Microberts, M. (2025) “Arduino básico: tudo sobre o popular microcontrolador Arduino”. ed. São Paulo: Novatec, 2015. 512 p. ISBN 9788575224045.
- Reda, M. et. al. (2024). “Path planning algorithms in the autonomous driving system: A comprehensive review”. *Robotics and Autonomous Systems*, Volume 174.
- Redway Battery (2024). “How many volts is a 18350 battery?” Disponível em: <https://www.redwaybattery.com/pt/how-many-volts-is-a-18350-battery/>. Acesso em: 21 mar. 2025.
- Silva, M. P.; Barbosa, F. C. (2021). “Matemática e Física em experiências de Robótica Livre: explorando o sensor ultrassônico”. *Texto Livre*, v. 14, n. 3, p. e29629, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tl/a/6kcn8mRzBtrpVM5F78kx6mD/?format=pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.
- Gallina, A. (2019). “Desenvolvimento de um robô de mini sumô autônomo destinado a competições de robótica”. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, 2019.
- Sparkfun (s.d.). “Ultrasonic Ranging Module HC-SR04”. Disponível em: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- Tirian et. al. (2015). “The Design and Construction of an Autonomous Mobile Mini-Sumo Robot”. *Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering*, v. 8, n. 3, p. 151-154. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281748309>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- Tronto, M. et al. (2024). “Desenvolvimento de um robô móvel controlado por Arduino na cultura maker”. *Ciência & Tecnologia: FATEC-JB*, Jaboticabal, v. 16, n. 1, e16117, 2024. DOI: 10.52138/citec.v16i1.406.
- Usinainfo (2025). “Motor DC 3-6V 200RPM com Caixa de Redução e Eixo Duplo” Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/motor-dc/motor-dc-3-6v-200rpm-com-caixa-de-reducao-e-eixo-duplo-481--3161.html>. Acesso em: 21 mar. 2025