

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE UM ROBÔ PARA COMPETIÇÃO MODALIDADE SUMÔ 3KG AUTÔNOMO

CORDEIRO, J. O. *

RODOWANSKI, I. J. †

Revista Eletrônica de Ciências Exatas e Tecnológicas

JUL-2021, 2ª Edição, Volume 1.

Submitted: 26 mai.2021. Approved: 01 jul.2021.

RESUMO

Com o avanço da robótica nas últimas décadas, tornaram-se populares as competições entre robôs, que surgiram com o intuito de incentivar o estudo e desenvolvimento tecnológico no meio acadêmico, bem como formação de recursos humanos para atuarem na robótica. Dentre as várias modalidades de competições de robôs, esta a conhecida como sumô de robôs, que assim como no sumô humano, o objetivo é conseguir empurrar o oponente para fora do dojô, local onde acontece a luta. Visando analisar o desempenho de um robô dessa categoria, foi construído um robô, o qual foi objeto desse estudo, e colocado a participar de uma série de competições. As lutas desse robô foram gravadas em vídeo e nelas foi desenvolvido um método de análise, aplicado neste estudo, de forma a extrair dados como quais é possível determinar quais competências o robô em estudo precisa ser melhorado e em quais situações as falhas foram frequentes. Também foi analisado quais fatores contribuíram para sua vitória, observou-se que certas características são muito particulares e variam de acordo com os componentes e materiais utilizados na construção. Foi concluído, com esses resultados, que melhorias na parte estrutural e sensorial precisam ser realizadas e que o robô precisará melhorar seu desempenho de velocidade, e para isso seria necessário a troca dos motores, ou reconfiguração dos estágios de redução deste.

Palavras-chave: Robótica; Sumô de robô; Competição.

ABSTRACT

The more advanced robotic has been rising for the last decades, the more popular the robot competitions are becoming, which have improving as the studies in the area and the technological development in the academic field

as the formation of human resources to deal with robotics. Among the different kinds of robot competition category, the one known as sumo like the human contest, the objective is pushing the opponent out of the dojo, where the fight happens. To analyze the performance of the sumo robot that was build it under this investigation and it was put to take part of a series of competitions. The combats of this robot were recorded and monitored to develop a method of examination, which was evaluated in this research and the data that showed the built robot emerging skills out needed to be improved and under what circumstances the failures were common. It was also analyzed the peculiar reasons and characteristics of some equipment added in the robot that promote its victory. The results of the study reveal that the structure and the sensor require enhancement and speed boost, so it will be necessary to change the robot engines or reconfigure their stages and the reduction of them.

Keywords: Robotic; Robot Sumo; Competition

Sumário

Sumário	1
Introdução	2
Construção do Robô e Materiais Utilizados	4
Mecânica do Robô	4
Estrutura do Robô	4
Sistema de Locomoção	4
Motores e Transmissão	5
Eletrônica	5

* Jade Oliveira Cordeiro. Bacharela (UFRB) em Ciências Exatas e Tecnológicas e graduanda (UFRB) de Engenharia Elétrica, com foco em Robótica. Atual presidente do capítulo estudantil IEEE RAS UFRB (Lattes). E-mail: jade.cordeiro@yahoo.com.br

† Ivanóé João Rodowanski. Possui graduação (FTC), mestrado e doutorado (UFBA) em Mecatrônica, com experiência na área de modelagem 3D, impressão 3D, automação, robótica e instrumentação. Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) lotado no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC) como membro da área de conhecimento de sistemas mecânicos (Lattes). E-mail: ivanoe@ufrb.edu.br

Sensoriamento e controlador	5
Bateria	7
Programação	7
Método de Análise	8
Resultados	8
Análise de desempenho do robô em com- petições	8
Análise dos Rounds perdidos nas compe- tições	10
Análise dos Rounds Vencidos nas Com- petições	11
Análise do robô contra adversários mais frequentemente	12
Conclusões	13
Referências	14

INTRODUÇÃO

A robótica vem crescendo e se mostrando cada vez mais indispensável no cenário tecnológico mundial. Tendo em vista que os robôs autônomos podem substituir o trabalho humano em atividades exaustivas ou de risco, motivo que provocou o aumento de investimento na formação de profissionais especializados na área de automação (NIEDERAUER; CIPRIANI, 2017).

Segundo Sereno et al. (2014) “a robótica alcançou novos níveis e hoje, além de aplicada comercialmente, também figura como importante ferramenta de aprendizagem”. Presentemente já se vê a robótica sendo aplicada como uma ferramenta de ensino em diversos níveis da formação, onde os alunos conseguem se superar na busca de soluções para problemas que lhes são dados, fazendo com que desenvolvam o pensamento crítico e lógico, a habilidade de trabalhar com outras pessoas e adquirir muito conhecimento prático. Todas essas habilidades conquistadas irá refletir na formação pessoal e profissional dos mesmos.

Visando a disseminação da robótica e com o intuito de incentivar novos estudantes a se interessarem pela área, deu início a competições entre robôs, dispondo de várias modalidades e objetivos distintos. Algumas dessas modalidades são: sumô, robô de resgate, futebol de robôs, corrida de robôs, entre outras (HASHINAGA et al., 2016). Esses eventos são muito estimulantes para os estudantes por

serem momentos onde há troca de conhecimento e emoção, a fim de superarem os desafios de cada categoria (SERENO et al., 2014).

A competição de Sumô de Robôs está diretamente relacionada com a arte marcial milenar japonesa, nos quais os robôs são os personagens principais. Assim como na competição japonesa, no Sumô de Robôs, dois robôs se enfrentam tendo como objetivo levar o oponente para fora da arena tecnicamente chamada de dojô (NIEDERAUER; CIPRIANI, 2017).

Nessas modalidades os robôs podem ser classificados em três categorias: Sumô Rádio Controle, Sumô de kits educacionais e Sumô Autônomo. Todas essas categorias tem limites a serem seguidos, que são exigidos pelos organizadores da competição, sendo eles: peso máximo, dimensão máxima e regras adicionais (SANTOS; SILVA; VELOSO, 2016 apud MATARIC, 2014).

De acordo com a ROBOCORE (2012), essa modalidade tem 6 classes: 3kg Sumô, Mini Sumô, Micro Sumô, Nano Sumô, Lego/Vex Sumô e Humanoide (RoboOne). Cada uma tem suas especificações mais seguem as mesmas regras (com adaptações).

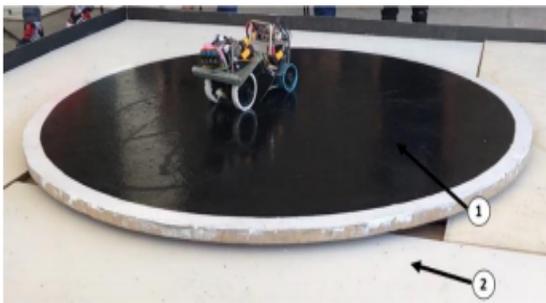
Esse trabalho delimita-se ao estudo do Sumô 3kg Autônomo, que é capaz de realizar a luta sem nenhum comando externo, sendo preparado para perceber o que acontece ao seu redor e executar ações. Para isso é necessário a utilização de sensores a fim de detectar seu oponente e os limites da arena.

A partida é composta por três rounds, cada round pode ter até um minuto totalizando três minutos para cada partida, esse tempo pode ser estendido caso seja determinado pelo juiz. Ganha a partida aquele que vencer dois rounds primeiro (RODOWANSKI, 2017).

As regras desta modalidade são: largura e comprimento máximo de 20cm e a massa limitada a 3kg. Bem como a estrutura do robô, o dojô também tem suas especificações que são: 154cm de diâmetro e 5cm a linha da borda. O dojô é uma superfície

circular preta com uma faixa branca na borda, o material da superfície deve ser em madeira revestida com borracha ou aço com revestimento em poliuretano, onde delimita a extremidade do dojô limitando até onde o robô pode ir. Uma foto do dojô por ser visualizado na [Figura 1](#) ([ROBOCORE, 2012](#)).

Figura 1 – Dois robôs competindo na modalidade sumô 3kg autônomo durante o Recôncavo Robot. Challenge 2019, onde é mostrado: o Dojô (1) e a “Área do Dojô” (2).



Fonte – Autoria própria.

De acordo com as regras da [ROBOCORE \(2012\)](#), é necessário que haja um espaço onde irá ficar o dojô com dimensões adequado para cada classe, é chamada de “área do Dojô”. Essa área pode ser de qualquer cor, material ou formato, desde que seu tamanho seja suficiente para manter as pessoas a uma distância, considerada segura, do dojô durante a luta, o item 2 da [Figura 1](#) mostra um exemplo dessa “área do Dojô”.

Como esse trabalho aborda o robô de sumô autônomo, existem algumas outras especificações necessárias para essa categoria, por exemplo, quando o juiz inicia a partida, e o robô é acionado, ele deve permanecer imóvel durante cinco segundos antes de começar a se movimentar. Caso isso não aconteça, ele será punido, essa punição é um dos critérios utilizados para desempatar a batalha e quando acontece por duas vezes é convertida em um ponto de Yukô para o adversário.

O sumô de robôs é uma etapa significativa no processo da construção do conhecimento no âmbito da automação, pelo fato de que qualquer robô autônomo requer a inserção da mecânica, eletrônica e computação (software) ([JESUS; MARTINS;](#)

[CAL, 2008](#)). A parte mecânica é composta pelos atuadores e pela estrutura do robô, a eletrônica pelo circuito, sensores e a comunicação com o robô e a computação é o local encarregado pelo controle autônomo ou guiado pelo robô, por meio da sua programação ([FILHO et al., 2012](#) apud [PEREIRA; SOBRINHO; CHASE, 2010](#)).

O objetivo do trabalho é apresentar, sucintamente, a construção de um robô que será usado para realizar as análises, desenvolver um método de avaliação do desempenho do mesmo durante as competições e aplicar essa metodologia no robô.

Justifica-se a realização desse trabalho pelo fato desta modalidade vir contribuindo muito para a formação dos estudantes nas áreas de robótica e automação, e encontram-se disponíveis poucas publicações científicas que tratam desse assunto. Assim, pretende-se contribuir para a documentação das atividades desenvolvidas na área da robótica.

Construção do Robô e Materiais Utilizados

Tabela 1 – Lista de Materiais

Material	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Chapa de aço galvanizado 200x300 mm	1	Doação	0,00
Arduino Nano	1	20,00	20,00
Sensor infravermelho e18-d80	5	30,00	150,00
Sensor infravermelho Lm 393	2	8,00	16,00
Motor Bosch de vidro elétrico (12V)	2	Doação	0,00
Botão chave liga/desliga	2	0,40	0,80
Led	2	0,20	0,40
Placa de circuito impresso	1	Doação	0,00
Ponte H de relés	1	Doação	0,00
Bateria de Lítio	1	Doação	0,00
Total	-	-	187,20

Fonte – Elaborada pelo autor.

Para realizar a construção do robô para a luta de sumô faz-se necessário a determinação de quais funções ele irá realizar, com o objetivo de definir quais componentes mecânicos, elétricos e a programação que serão empregados no projeto.

Levando em consideração as regras do Sumô de robôs *3kg* e visando o melhor desempenho, foi determinado quais materiais e sistemas seriam implementados, como: qual tipo de locomoção, a sua estrutura e o sensoriamento.

Na [Tabela 1](#) são apresentados os principais componentes para a construção do robô. Alguns componentes foram comprados, outros adquiridos em sucatas ou confeccionados em laboratório.

Nas próximas seções é descrito o projeto do robô e as funções de alguns componentes principais.

Mecânica do Robô

É formado pela parte estrutural e do conjunto de movimento do robô, isto é, através da mecânica é possível ter a estrutura do robô e fazer com que ele se movimente.

Estrutura do Robô

O chassi foi confeccionado a partir de uma chapa de aço galvanizado, por se tratar de um material relativamente fácil de moldar, com rigidez mecânica e peso apropriado. Foi construído um modelo de teste para determinar as dimensões e o posicionamento de cada componente, como mostra a [Figura 2](#).

Figura 2 – Estrutura teste para a construção do robô.



Fonte – Autoria própria.

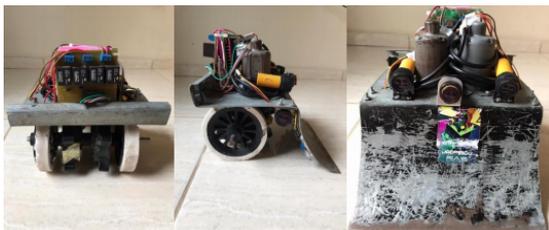
O chassi é composto pela parte superior, onde encontra-se os circuitos de controle, local em que está acoplado os motores e os sensores de oponente, integrado com a rampa que foi projetada para ser o mais rente possível do chão, uma característica importante para essa modalidade.

Sistema de Locomoção

Existem alguns modelos de locomoção para os robôs de sumô *3kg*, os mais comuns são: esteiras, duas ou quatro rodas. “É necessário que se tenha em mente que o sistema de locomoção do robô sumô é de vital importância para o bom funcionamento do mesmo ([FILHO et al., 2012](#)). Com isso foi analisado qual seria o modelo mais adequado para esse robô levando em consideração como seria sua estrutura e quais motores seriam utilizados, por tais motivos foram escolhidas a arquitetura de duas rodas ativas, como mostra a [Figura 3](#).

Com essa arquitetura se faz voltas muito mais rápidas e gastando menos energia. No entanto esse modelo requer um 3º ponto de apoio, neste projeto o apoio é a própria rampa junto com a posição do motor que foi colocado de forma que tivesse um equilíbrio e ele não tombasse ao se deslocar.

Figura 3 – Fotos do robô em estudo, ilustrando o formato das rodas e o seu 3º apoio que é a rampa. Vista posterior, lateral direita e frontal, respectivamente.



Fonte – Autoria própria.

Motores e Transmissão

Motor é um equipamento que converte energia em movimento, no nesse projeto ele irá transformar a energia provendo da bateria para energia mecânica que resultará no movimento do robô. Devido ao fato de que os robôs são autônomos, sua alimentação é realizada através de baterias de corrente contínua, em razão disso é utilizado motores de corrente contínua.

Um das partes mais essenciais para o bom funcionamento do robô é a escolha do motor. Existem vários tipos e modelos, o mais utilizado é o de corrente contínua (DC), pois estes atingem elevados torques, são acionados facilmente por baterias, tendo um controle de velocidade simples (CARROL; MILES, 2002 apud FILHO et al., 2012).

O motor utilizado neste projeto, é mostrado na Figura 4, é automotivo utilizado geralmente no elevador de vidros elétricos, comumente utilizado nesta categoria por ser de baixo custo, possuir torque suficiente e já possui caixa de redução integrada, o ponto negativo dele é possuir baixa velocidade angular e demasiado peso (relação peso/potência desfavorável).

Figura 4 – Motores de vidro elétrico automotivo.



Fonte – Autoria própria.

Eletrônica

Para que o robô, da modalidade sumô, opere de forma autônoma é necessário componentes que avaliem a situação ao seu redor para a partir daí realizar a tomada de decisão. Com essa finalidade é necessário o uso de controlador, detector de oponente e de borda.

Sensoriamento e Controlador

Os sensores são responsáveis por transformar todas as informações no ambiente ao redor do robô em informações digitais que serão processadas pelo microcontrolador que avaliará o determinado sinal está informando e enviará comandos para os atuadores.

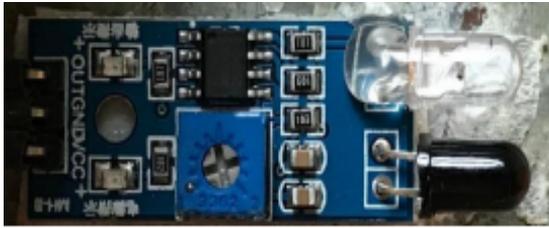
Nesse projeto foi utilizado sensores infravermelho que “operam com o princípio de emissão e recepção de luz, ou seja, o emissor (diodo de luz infravermelha) emite luz que, ao ser refletida por objetos, é captada pelo receptor” (PINTO; MAZZOCANTE; SILVA, 2015).

- Sensor de Borda (infravermelho LM393)

O Sensor de Borda, assim como o nome já sugere, é responsável por identificar a borda do dojô, que é branca, evitando que o robô saia do ringue, isso é possível pois é enviando um sinal para o microcontrolador que irá executar uma ação para retornar a parte interna (superfície preta) do dojô. Isso é factível pois a luz é refletida em superfícies claras e é absorvida em superfícies escuras, assim sendo possível diferenciar o preto e branco do dojô (MELO et al., 2016). Para o robô desenvolvido foi utilizado

dois sensores infravermelho do modelo LM393, representado na [Figura 5](#), na parte frontal, embaixo da rampa um em cada extremidade.

Figura 5 – Sensor infravermelho LM393.



Fonte – Autoria própria.

- Sensor de oponente (infravermelho e18-d80)

O Sensor de Oponente tem a função de identificar se tem algum objeto na sua direção (campo de visão), caso identifique envia um sinal ao microcontrolador que irá executar uma ação para ir em direção do objeto (que nesse caso é o oponente). Neste caso, foi escolhido o sensor infravermelho difuso e18-d80, mostrado na [Figura 6](#), é um módulo eletrônico capaz de identificar a presença de obstáculos. Inicialmente foi implementado 4 sensores, 2 na frente e um em cada lateral, posteriormente acrescentou mais um na parte frontal do robô com o intuito de diminuir o “ponto cego” que existia entre os sensores, seu posicionamento e ângulo de alcance de cada sensor esta representado na [Figura 7](#).

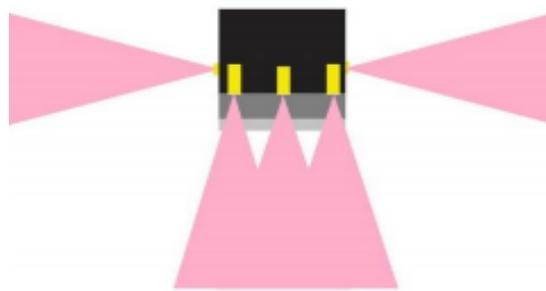
Ele é composto por um transmissor e um receptor infravermelho responsável por perceber a presença de determinado objeto. Uma vantagem de utiliza-lo é por possui um formato cilíndrico que pode ser encaixado facilmente em protótipos por meio de perfuração, contando ainda com 2 anéis para fixação, um na parte interna e outro na parte externa do protótipo. Ele detecta a uma distância de 3 e 80cm, essa distância de detecção pode ser ajustada por meio de um potenciômetro localizado na parte inferior do sensor ([USINAINFO, 2020](#)).

Figura 6 – Sensor infravermelho e18-d80.



Fonte – Autoria própria.

Figura 7 – Vista superior do posicionamento e alcance dos sensores de oponentes.



Fonte – Autoria própria.

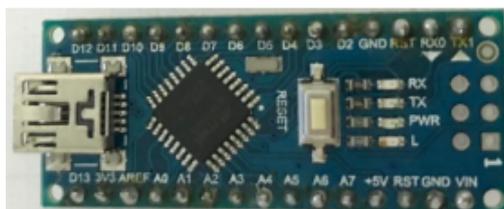
- Sistema microcontrolado

O microcontrolador é o responsável pelo “pensamento” do robô, para a execução deste trabalho, escolhemos uma placa de desenvolvimento Arduino equipada com um microcontrolador Atmega 128 que é um dispositivo capaz de ler entradas e de acordo com o programado mudar os estados das saídas. É possível informar a placa o que necessita ser feito enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador localizado nela. A programação do microcontrolador é desenvolvida na linguagem de programação Arduino (baseada em Wiring) no Software Arduino (IDE) ([CARLOS, 2016](#)).

Os sinais de entrada, oriundos de sensores, são verificados e os sinais de saída são enviados para os atuadores, que neste caso são as Pontes H que acionam os motores e leds. Tendo em vista o pouco espaço, utilizou-se o Arduino nano por ter um tamanho reduzido e apresentar pinagens (I/Os) suficientes para o projeto. Na [Figura 8](#) é mostrada a placa Arduino utilizada.



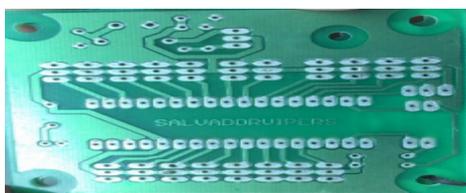
Figura 8 – Arduino nano.



Fonte – Autoria própria.

Na Figura 9 é apresentado uma placa de circuito impresso que tem a função de expandir os contatos elétricos de alimentação e conexão com as entradas e saídas do microcontrolador. Essa placa foi utilizada para facilitar a conexão do microcontrolador com os sensores e ponte H.

Figura 9 – Placa de circuito impresso.



Fonte – Autoria própria.

- Ponte H

Ponte H é um tipo de circuito eletrônico utilizado para comandar um motor elétrico de corrente contínua, isso ocorre por meio de componentes capazes de conduzir certa quantidade de corrente, isto acontece com pulsos externos que, normalmente, são provenientes do microcontrolador. Por meio de suas portas de controle é possível ligar e desligar o motor, além de poder inverter o sentido de rotação pela inversão da polaridade nos terminais do motor.

A ponte H é necessária pelo fato de que o micro controlador não tem a capacidade de energia necessária para alimentar a carga dos motores utilizados neste trabalho (MARINHO, 2017). Pelo fato de que uma ponte H, que suporte um suporte um valor de corrente maior, tem um custo mais elevado, optou-se por montar uma ponte H com relé. Para o acionamento de um motor com possibilidade de comutação do sentido de rotação, é necessário dois relés, como no projeto utilizamos 2 motores, na

construção das pontes Hs foi utilizado 4 relés, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Circuito da ponte H.



Fonte – Autoria própria.

Bateria

A bateria é uma fonte de energia móvel, empregada em diversos dispositivos e equipamentos, devido a seu custo-benefício e praticidade. Porém a mesma limita a autonomia do robô, devido a sua capacidade de carga, tamanho e peso. As principais baterias empregadas na área de robótica são as eletroquímicas, que podem ser constituídas de diferentes componentes, como é o caso da empregada nesse sistema, em que utiliza a bateria de lítio/íon.

O lítio é o material utilizado em baterias que é considerado o mais leve entre todos os metais que são empregados nesses dispositivos, apresentando o maior potencial eletroquímico e fornece a maior densidade de energia por peso. Atualmente, as baterias de Li-Ion que mais vem crescendo e é a química de bateria mais promissora (STA, 2020).

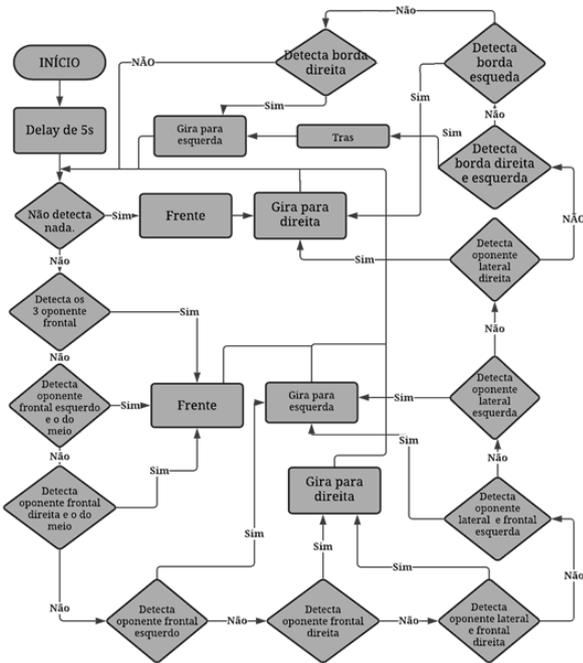
A função da bateria é alimentar todo o sistema do robô móvel, tanto seus circuitos, quanto seus motores e portanto, é um elemento indispensável na concepção do robô autônomo. Para este projeto foram utilizadas baterias de Íons de lítio em células cilíndricas típicas de notebooks 11,1V, sendo compostas por 2 grupos em paralelo e cada grupo é formado por 4 baterias em série.

Programação

Para realizar as tarefas e funções necessárias, é preciso programar o dispositivo de forma desejada. Para isso, é utilizado o Software Arduino IDE, que transcreve a programação para o micro-

controlador. O algoritmo utilizado é mostrado na [Figura 11](#).

Figura 11 – Fluxograma da programação do robô em estudo.



Fonte – Autoria própria. Feito em: lucid.app/

Método de Análise do Desempenho

Uma vez montado o robô, este foi submetido a testes e teve a oportunidade de participar de competições de robótica durante o ano de 2019.

Para analisar o desempenho do robô em competições é necessário utilizar um método científico que mantenha a a padronização e garanta que os resultados obtidos sejam satisfatórios. Porém, não foi encontrado na literatura nenhum método conhecido, portanto, se fez necessário criar um método. Esse método é descrito nas etapas abaixo:

1. Gravação em vídeo das lutas do robô;
2. Segregação dos vídeos em diferentes conjuntos por competição participada;
 - a) Rounds vencidos;
 - b) Rounds perdidos;
 - c) Rounds empatados;

3. Determinar os fatores que levaram à aquele resultado para cada disputa;

- a) Para rounds vencidos:
 - i. Detecção do oponente;
 - ii. Rampa;
 - iii. Adversário se suicidou;
 - iv. Força;
- b) Para rounds perdidos:
 - i. Velocidade;
 - ii. Giro;
 - iii. Rotina;
 - iv. Rampa;
 - v. Sensores;
 - vi. Suicídio;
 - vii. Não andou;
 - viii. Saiu antes dos 5 segundos;
 - ix. Não detecta o oponente.

4. Analisar a ocorrência desses fatores;
5. Repetir o processo para todas as disputas;
6. Analisar a ocorrência dos fatores, levando em conta os adversários mais recorrentes;
7. Para a análise das disputas perdidas, avalia-se os fatores combinados;

Resultados

Análise de desempenho do robô em competições

Iniciou o método desenvolvido com a separação dos vídeos por competição, para posteriormente serem separados em vitórias, derrotas e empates, e examinados. O robô em estudo participou de 6 competições, ocorridas entre os meses de maio a novembro de 2019, são elas: ERBASE, Robodori, Cyber Fight, RRC, ENCIF e The Challenge.

A análise das lutas foram realizadas em ordem cronológica das competições, sendo separadas em rounds vencidos, perdidos e empatados. Com isso, obteve-se a quantidade de vezes que esses resultados aconteceram, como mostra a [Tabela 2](#). Nela também é apresentado quantas partidas e rounds aconteceram em cada competição, a data que aconteceu e a posição que ficou.

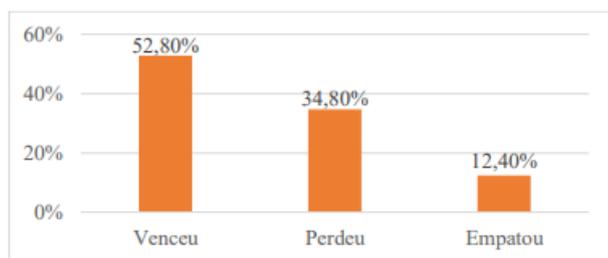
Tabela 2 – Dados de todas as competições que o robô em estudo participou.

competição	Partidas	Rounds	Venceu	Perdeu	Empatou	Posição	Data (2019)
ERBASE	10	24	14	9	1	2º	08/05
Robodori	5	13	4	7	2	7º	01/09
Cyber Fight	4	10	6	2	2	3º	19/10
RRC	6	12	8	4	0	4º	26/10
ENCIF	6	18	10	5	3	2º	12/11
The Chal- lenge	4	12	5	4	3	4º	22/11
Total	35	89	47	31	11	-	

Fonte – Elaborada pelo autor.

Como é apresentado no gráfico da [Figura 12](#), o robô em estudo obteve mais rounds vencidos, porém isso não foi suficiente para que ele estivesse entre os três melhores em todas as competições. Foi realizado uma análise com os dados para que se obtivesse uma resposta para esse ocorrido e para identificar quais fatores que influenciaram para sua vitória ou sua derrota.

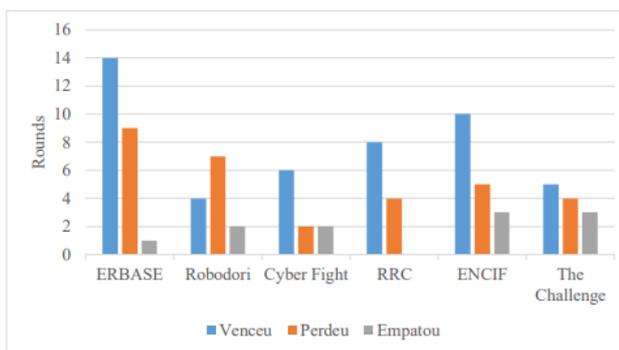
Figura 12 – Total de rounds vencidos, perdidos e empatados em todas as competições representado em porcentagem.



Fonte – Autoria própria.

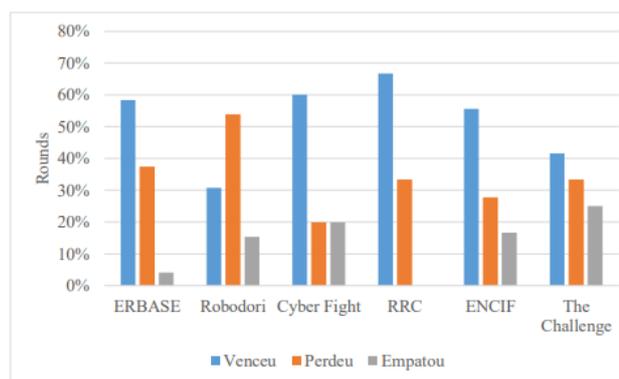
No gráfico da [Figura 13](#) apresentam-se os rounds que o robô venceu, perdeu e empatou, em cada competição, e no gráfico da [Figura 14](#), expõem-se esses valores em porcentagem, tornando mais fácil a comparação entre as competições e a verificação se houve alguma evolução de uma competição para outra.

Figura 13 – Rounds vencidos, perdidos e empatados por competição.



Fonte – Autoria própria.

Figura 14 – Porcentagens de rounds vencidos, perdidos e empatados por competição.



Fonte – Autoria própria.

O fator mais evidente que podemos perceber foi na competição Robodori, a única em que obteve mais derrotas do que vitórias. Antes de realizar a investigação das lutas, uma razão provável para isso ter acontecido é que, foi a única competição que não foi o “piloto do robô”, pessoa responsável por posicionar o robô no dojô no início da luta, que estava manuseando-o, então pode-se prever que quem manejou o robô não tinha tanta experiência na área ou conhecimento do funcionamento do mesmo.

Outra informação que podemos tirar deles é que, fora a Robodori, na ERBASE foi onde obteve o maior percentual de derrotas, devido ao fato de ter sido a primeira competição que participou, onde foi possível ver os primeiros erros e quais pontos pre-

cisaria melhorar. E foi o que realmente aconteceu, esse foi o período em que mais houve mudança na sua programação com o intuito de ajustar problemas encontrados.

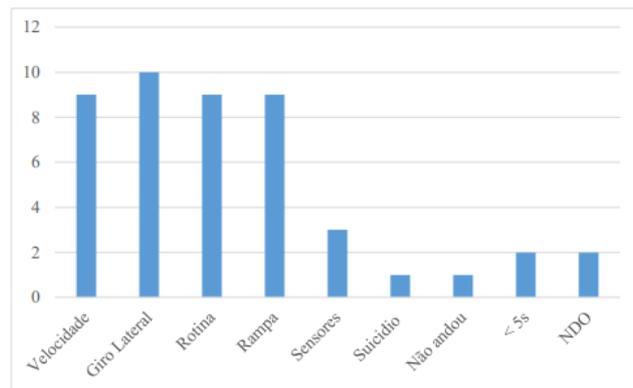
Pode-se observar também que de 6 competições ele obteve mais de 50% de vitórias nos rounds em 4 competições e dessas 4 obteve pódio em 3 delas. Outro quesito que chamou atenção foi no evento da RRC em que alcançou 60% de vitórias nos rounds e finalizou em 4º lugar por isso conclui-se que não é só o número de rounds vencidos que influência na sua colocação.

Análise dos Rounds perdidos nas competições

Outra parte do estudo, constituiu na verificação dos vídeos pelos rounds perdidos, pois estes são mais relevantes na análise, pois onde é necessário aprimoramento. Os critérios que foram definidos como o motivo da sua derrota foram denominados de: velocidade, giro lateral, rotina, rampa, sensores, suicídio, não andou, saiu antes dos 5 segundos (<5) e não detectou o oponente (NDO).

- Velocidade: quando sua movimentação sobre o dojô foi considerado lento em relação ao seu oponente.
- Giro Lateral: a quantidade de giro em seu eixo não foi suficiente para a forma que foi atacado.
- Rotina: a forma em que foi programado.
- Rampa: subiu no outro robô, pelo fato da chapa da rampa não ser tão rente ao chão como a do adversário.
- Sensores: quando é identificado algum problema nos sensores que afetou na programação não executar adequadamente.
- Suicídio: quando robô em estudo saiu do dojô sozinho.
- Não andou: ao ser acionado permaneceu imóvel mesmo após os 5 segundos.
- <5 (Saiu antes dos 5 segundos): entrou em movimento antes dos 5s iniciais obrigatórios.
- NDO (Não detectou o oponente): passou pelo oponente mais não o identificou.

Figura 15 – Motivos que levaram a perder os rounds.



Fonte – Autoria própria.

Como pode ser visto no gráfico da [Figura 15](#), dentre os rounds perdidos analisados, o que mais aconteceu foi o giro lateral, ocasionado quando o robô sobe na rampa do oponente ficando com parte da sua estrutura sobre ele e tenta sair mas a rotina que é executada não é suficiente para que consiga desviar. Tendo em vista este problema terá que ser estudado outras maneiras de identificar quando o robô entra nesta circunstância e realizar outra rotina mais eficaz, como por exemplo, girar em sentido contrário ao que estava indo, mesmo que o sensor de oponente esteja detectando.

Ainda analisando o gráfico na [Figura 15](#), outro motivo que o levou a derrota que mais acontece são: velocidade, fato já previsto quando foi realizada a escolha do motor; rotina, vem tendo melhorias desde a primeira competição mas ainda não encontrou a sequência que seja adequada o suficiente para suprir a baixa velocidade; e rampa, ela apresenta pequenos desníveis (irregularidades) que não permitem que ela fique totalmente rente na superfície do dojô, mesmo já passando por alguns ajustes.

Podemos extrair da [Tabela 3](#) que o suicídio, não andou e saiu antes dos 5s aconteceram apenas na primeira competição, tanto do robô em estudo como do “piloto do robô”, em que participou, mostrando que a experiência conta para um bom resultado. Mas outros fatores precisam ser levados em consideração, como situações que aconteceram no dia do evento, quando ocorreu de sair antes dos 5s

o juiz acabou anunciando a luta com um pequeno *delay* no momento da contagem fazendo com que o “piloto do robô” ligasse o robô antes do tempo. Já quando ele não andou ocorreu algum problema na conexão, pelo fato de que entre uma luta e outra a bateria é colocada para carregar e por esse motivo pode ter ocorrido o encaixe incorreto do conector da bateria no robô. E por fim, ele se suicidou por alguma falha (reset) do microcontrolador, mas já foi resolvido com troca do mesmo.

Tabela 3 – Motivos que levaram a perder os rounds, em cada competição.

	Erbase	Robodori	Cyber Fight	RRC	ENCIF	The Challenge
Velocidade	1	1	0	1	2	4
Giro Lateral	2	3	0	1	2	2
Rotina	4	2	1	0	2	0
Rampa	0	2	1	2	3	1
Sensores	1	2	0	0	0	0
Suicídio	1	0	0	0	0	0
Não andou	1	0	0	0	0	0
<5s	2	0	0	0	0	0
NDO	1	1	0	0	0	0

Fonte – Elaborada pelo autor.

Ainda com esses dados temos que não detecta o oponente (NDO) aconteceu duas vezes em competições diferentes mas para o mesmo adversário, e foi possível identificar que pelo fato dele ser bem rápido, pode ser entendido que, não dava tempo do sensor de oponente identificá-lo (tempo de resposta do sensor).

Verificou-se, muitas vezes, que não havia apenas um motivo isolado levando o robô a perder determinado round, mas sim, a combinação de 2 ou 3 motivos. Por isso foi analisado quantas vezes e quais combinações de causas ocorreram simultaneamente. Com isso foi gerado o gráfico da Figura 16, que mostra a quantidade de vezes que ocorreram motivos isolados e combinados. Afirmando, assim, que a maioria das ocorrências realmente tinham mais de um motivo, pode-se perceber que se faz necessário a melhoria em um conjunto de fatores,

não adianta alterar apenas uma parte, sendo que outros fatores ainda o tornam vulnerável.

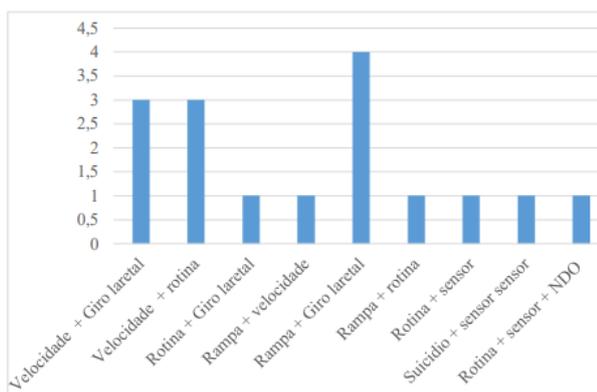
Figura 16 – Ocorrência de motivos isolados e combinados que levaram o robô a perder o round.



Fonte – Autoria própria.

Assim como foi discutido anteriormente, o gráfico na Figura 17 reafirma que o giro lateral e a rampa acontecem muitas vezes de forma combinadas, sendo o que mais acontece simultaneamente. Logo em seguida, vem a velocidade combinada com giro lateral e a velocidade combinada com a rotina, mostrando que a velocidade é um fator que influencia bastante no desempenho do robô.

Figura 17 – Eventos combinados que levaram o robô a perder o round.



Fonte – Autoria própria.

Análise dos Rounds Vencidos nas Competições

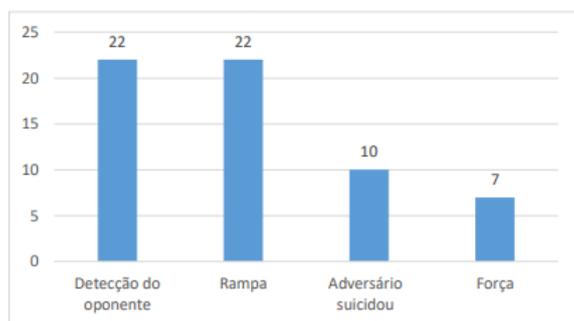
Depois de ter extraído as informações necessárias das lutas perdidas, foi analisado as lutas que robô venceu. Foi realizado o mesmo processo, que na análise anterior, observando qual fator levou aquele resultado, e os critérios encontrados foram:

“detecção de oponente”, “rampa”, “adversário suicidou” e “força”.

- Detecção de oponente: quando o robô consegue identificar e ir atrás do oponente.
- Rampa: quando consegue encaixar embaixo do oponente.
- Adversário suicidou: oponente sai do dojô sozinho.
- Força: quando consegue empurrar o adversário mesmo quando ele está realizando uma força contrária a sua (do robô).

No gráfico da [Figura 18](#) é mostrado quantas vezes cada uma dessas circunstâncias aconteceram.

Figura 18 – Motivos que levaram a vitória dos rounds.



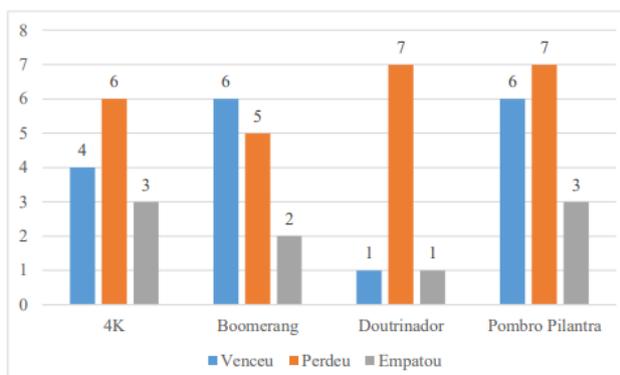
Fonte – Autoria própria.

Com esses dados, foi possível perceber que o fator mais influenciou nas vitórias foi a “detecção do oponente”, podemos assim afirmar que os sensores de oponente tem um papel fundamental para o bom desempenho do robô, pois é desta maneira que ele consegue encontrar seu adversário e quando executada uma rotina adequada combinada a uma rampa eficiente, podemos perceber pelos valores encontrados, obtém-se o resultado favorável. Outra informação relevante é quando o evento “adversário suicidou” pois nessa condição o robô em estudo não tem mérito nenhum neste quesito, mas esse critério aconteceu 21,3% das vezes, uma baixa frequência, não sendo suficiente para afetar o estudo do robô.

Um dado que tem muita relevância é o da ocorrência do evento “rampa”, por ser um critério que também influenciou na derrota de alguns rounds, no entanto, fazendo essa comparação tiveram mais rounds vencidos por esse motivo do que os rounds perdidos. Concluindo assim que, mesmo com algumas falhas no seu nivelamento com a superfície, a rampa do robô em estudo obteve êxito.

Análise do robô contra adversários mais frequentes

Ao longo das análises, percebeu que haviam alguns robôs adversários que foram enfrentados repetidas vezes, mesmo em competições distintas, com isso foi realizado um estudo desses casos para verificar se houve alguma fator em comum entre as lutas, para verificar se ocorriam situações semelhantes e se seria possível extrair algumas informações disso, e quem sabe até criar estratégias em específico para determinado adversário. Dessa maneira foi obtido o gráfico 8, onde é apresentado a quantidade de lutas vencidas, perdidas e empatadas para os robôs adversários mais frequentes. [Figura 19](#) – Rounds com os robôs que mais competiu.



Fonte – Autoria própria.

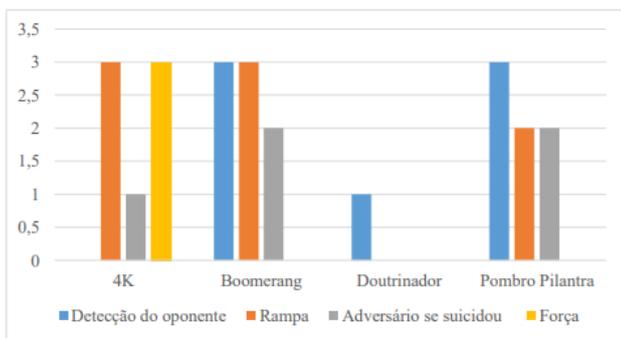
Com a apresentação desses dados, é possível perceber que houve mais derrotas do que vitória com a maioria dos robôs, sendo o adversário “Boomerang” o único que não se encaixa nesta ocorrência, mas com uma pequena diferença entre elas. Indagando esses valores é plausível afirmar que, são robôs com um desempenho melhor que o analisado.

Observando mais as características de cada um, todos eles possuem motor com veloci-

dade de rotação maior, que implica em uma velocidade de resposta e de ação maior, sendo esse um dos quesitos que influenciou na sua derrota em alguns rounds.

Para completar esse estudo, verificou-se quais quesitos levou a vitórias, apresentado no gráfico 9, e as derrotas, apresentado no gráfico 10, contra esses robôs. Para então compreender o que tem influenciado para tais resultados.

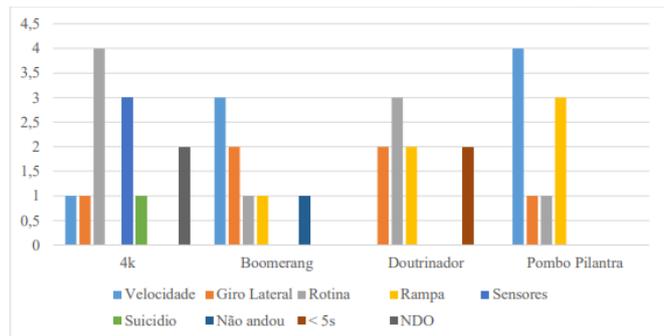
Figura 20 – Motivos que levaram a vitória dos rounds com os robôs que mais competiu.



Fonte – Autoria própria.

Observando esses resultados constata-se que, dentre esses, sua “força” foi posta em prova apenas contra o robô adversário “4K”, conseguindo vencê-lo com esse quesito 3 vezes. É possível concluir também que tem que melhorar muito para conseguir chegar ao nível do robô adversário “Doutrinador”, pelo fato de só ter conseguido vencer dele uma única vez. Pode perceber que “Boomerang” e “Pombo Pilantra” tiveram um índice de “suicídio” mais elevado diminuindo assim o mérito do robô em estudo (Jadimboo), ressaltando assim que melhorias precisam ser realizadas, se necessário, até mudanças de componentes, para que seja possível superar o “nível” destes adversários.

Figura 21 – Motivos que levaram a perder os rounds contra os robôs que mais competiu.



Fonte – Autoria própria.

É notória as características do “Pombo Pilantra” que mais se destacam nas batalhas conta o robô de estudo, que são “velocidade” e “rampa” quesitos que Jadimboo apresenta deficit, por isso tornara mais fácil para o adversário. O “Boomerang” depois de algumas lutas recebeu melhorias que o tornou mais rápido, conseguindo assim vencer mais lutas. Mas fazendo uma análise geral compreende que a “rotina” (programação), está carecendo de melhorias por ser a que apresenta mais falhas conta esses robôs e com as maiores repetições.

Um ponto a se destacar é que, estes robôs adversários, na maioria das competições estiveram vencendo ou na frente do pódio em relação ao robô em estudo, um fator que foi decisivo no desempenho do robô em estudo nos campeonatos. A tomar por referência a competição “RRC” onde os adversários “Doutrinador”, “Boomerang” e “Pombo Pilantra” terminaram nas 3 primeiras posições do pódio, respectivamente, e o robô em estudo terminou em 4ª colocação. Se esse estudo tivesse sido realizado antes da “RRC”, e os seus resultados fossem utilizados para traçar estratégias específicas para cada um destes adversários, o resultado final para o robô em estudo poderia ter sido ainda melhor.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi analisado o desempenho do robô Jadimboo da categoria sumô 3k, em seis competições diferentes durante o ano de 2019. Foram avaliados as lutas vencidas e perdidas, onde foi

possível extrair informações a respeito dos motivos que levaram a esses resultados.

Foi avaliados primeiro as lutas perdidas, de onde podemos extrair os critérios que precisam ser melhorado. Pode-se concluir que: “Velocidade”, “Giro Lateral”, “Rampa” e “Rotina” são os fatores que precisam receber melhorias. Como o aumento da velocidade só é possível através da substituição do motor por um de velocidade angular maior, caso isso não seja possível, será preciso encontrar outras maneiras de contornar esse fator, uma maneira é alterando a programação de maneira a torná-lo mais eficiente.

Outro critério avaliado foi a quantidade de lutas vencidas, com o objetivo de reconhecer os pontos positivos para fazer com que ocorram com mais frequência. Foi observado que: “detectou opo- nente” e “rampa” foram os fatores que mais con- tribuíram na vitória do robô. Será necessário, pla- nejar maneiras para que o robô permaneça mais tempo nessas condições. No entanto, deve ser le- vado em consideração que “rampa” também foi mo- tivo de derrotas, então é necessário buscar estrate- gias para utilizá-la de maneira mais efetiva.

Por fim, podemos concluir que, a partir dos número de rounds vencidos comparado com os nú- mero de rounds perdidos - ou empatados, que o robô em estudo obteve um bom resultado, porém necessita de melhorias para melhorar seu desem- penho, nos critérios já relatados.

Referências

- CARLOS, L. H. **Arduino #6: Introdução ao Arduino**. UFRB, 2016. Disponível em: <<https://hardwarelivreusp.org/tutoriais/2016/11/20/arduino-6intro>>. Acesso em: 20.11.20. Citado na página 6.
- CARROL, T.; MILES, P. **Build Your Own Combat Robot**. [S.l.]: McGraw-Hill Education, 2002. ISBN 9780072228441. Citado na página 5.
- FILHO, A. D. R. et al. **Equipe Megabots**: Um time para a categoria sumô 3kg autônomo. OLIMPO, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 3, 4 e 5.
- HASHINAGA, R. et al. **Mini Robô Autônomo para Competição de Sumô**. UNIVAP, 2016. Citado na página 2.
- JESUS, M. A. A.; MARTINS, P. V. R.; CAL, V. C. **Robótica Autônoma** sumô de robôs. UNIFACS, 2008. Citado na página 3.
- MARINHO, D. L. **Aperfeiçoamento de um robô de sumô autônomo**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Citado na página 7.
- MATARIC, M. J. **Introdução à robótica**. [S.l.]: Editora UNESP, 2014. ISBN 9788539304905. Citado na página 2.
- MELO, M. et al. **Desenvolvimento de robô de sumô microcontrolado por MSP430**. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência Universidade do Vale do Paraíba., 2016. Citado na página 5.
- NIEDERAUER, G. N.; CIPRIANI, J. P. S. **Desenvolvimento de um Robô Autônomo para Competições de Sumô Robótico**. XXVIII CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, Unijuí, 2017. Citado na página 2.
- PEREIRA, L. C. A.; SOBRINHO, E. G. A.; CHASE, O. A. **Método de Desenvolvimento de um Robô Móvel Diferencial Didático**. UFPA, 2010. Citado na página 3.
- PINTO, D. S. S.; MAZZOCCANTE, G. S.; SILVA, K. R. G. **Estudo do Sensor de Proximidade Infravermelho para Pequenas Distâncias e Descontinuidades em Superfícies Planas**. UFG, 2015. Citado na página 5.
- ROBOCORE. **Regras Sumô**. 2012. Disponível em: <https://www.robocore.net/upload/attachments/robocore_regras_sumo_167.pdf>. Acesso em: 19.11.20. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 3.
- RODOWANSKI, I. J. **Regras Sumô de Robôs**. UFRB, 2017. Disponível em: <<https://www.encurtador.com.br/fHLY5>>. Acesso em: 19.11.20. Citado na página 2.
- SANTOS, A.; SILVA, D.; VELOSO, F. **Projeto de um Robô para o Campeonato de Sumô**. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência Universidade do Vale do Paraíba., 2016. Citado na página 2.
- SERENO, H. R. S. et al. **Equipe Jaguar de Robótica Aplicada**: uma apresentação dos resultados. XI Simpósio de excelência em gestão e tecnologia, 2014. Citado na página 2.
- STA, s. **A bateria de Li-Ion**. 2020. Disponível em: <<https://www.encurtador.com.br/FKLY1>>. Acesso em: 25.11.20. Citado na página 7.

USINAINFO, s. **Sensor de Proximidade E3F-DS30C4 Infravermelho**. 2020. Disponível em: <<https://www.encurtador.com.br/rBG19>>. Acesso em: 24.11.20. Citado na página 6.