



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTROLE DE ROBÔ SUMO

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONTROL OF SUMO ROBOT

Lucas Felipe de Almeida¹, Renato Tadeu Pereira²

Submetido: 10/12/2020

Aprovado: 23/01/2021

RESUMO

Atualmente, a inteligência artificial está cada vez mais proeminente em nosso dia a dia, há muitos sistemas inteligentes operando nos mais diversos segmentos de mercados tais como cidades inteligentes, indústrias 4.0, carros inteligentes e na segurança de dados. Esses representam o conjunto de tecnologias que constituem a inteligência artificial. Nesse passo a proposta do presente estudo visa analisar a integração entre Inteligência Artificial e Lógica Fuzzy com um Robô de Sumô. Diante disso o veículo será dotado de uma inteligência que lhe permitirá mudar sua decisão de ataque, de busca e de velocidade, de forma autônoma. Utilizando a biblioteca eFLL (*EmbeddedFuzzyLogic Library*) dentro da programação do micro controlador Arduino, foram definidos dois métodos de aplicação da lógica fuzzy, que definiram os graus de pertinência, sendo a trapezoidal e a triangular. Durante a realização dos testes no protótipo do robô e, após análise dos resultados, concluiu-se que o método triangular não apresentou resultados satisfatórios, sendo facilmente substituída por outra lógica que apresenta resultados semelhantes. Quanto à trapezoidal, essa técnica apresentou resultados mais relevantes e poderia ser aplicada sem problemas. No entanto, é mais cauteloso afirmar que a lógica fuzzy, assim como outras técnicas de controle, apresentam resultados significativos quando aplicada a sistemas que necessitam manter a variável de entrada em um valor pré-determinado, que não é o caso desse projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência artificial. Lógica Fuzzy. Arduino. Robô sumo.

ABSTRACT

*Nowadays, artificial intelligence is increasingly prominent in our daily lives, there are many intelligent systems operating in the most diverse market segments such as smart cities, 4.0 industries, smart cars and data security. These represent the set of technologies that make up artificial intelligence. In this step, the proposal of this study aims to analyze the integration between Artificial Intelligence and Fuzzy Logic with a Sumo Robot. In view of this, the vehicle will be endowed with an intelligence that will allow you to change your decision of attack, search and speed, autonomously. Using the eFLL (*EmbeddedFuzzyLogic Library*) library within the Arduino micro controller programming, two methods of application of fuzzy logic were defined, which defined the degrees of pertinence, trapezoidal and triangular. During the tests on the robot prototype and, after analysis of the results, it was concluded that the triangular method did not present satisfactory results, being easily replaced by another logic that presents similar results. Regarding trapezoidal, this technique presented more relevant results and could be applied without problems. However, it is more cautious to state that fuzzy logic, as well as other control techniques, present significant results when applied to systems that need to keep the input variable at a predetermined value, which is not the case in this project.*

KEYWORDS: Artificial intelligence. Fuzzy logic. Arduino. Robot sumo.

¹Graduação, Universidade do Contestado-Curitiba/SC. Brasil. E-mail: lucas97felipe@gmail.com

²Engenheiro de Controle e Automação. Especialista em Engenharia da Produção. Professor da Universidade do Contestado Campus Curitiba/SC. E-mail: renato.tadeu.pereira@gmail.com



1 INTRODUÇÃO

A inteligência artificial apresenta-se inserida em nosso cotidiano onde sua aplicação vem se denotando nos mais diversos ramos. Em razão disso vem ganhando uma funcionalidade cada vez mais indispensável, dada sua eficácia já se verifica sua utilização em aplicativos de navegação, nas indústrias 4.0, nas agriculturas, em veículos, bem como no segmento da saúde, segurança de dados e prevenção de fraudes.

Segundo aponta os autores Bispo et al. (2019) em sua obra intitulada Inteligência Artificial.

A inteligência artificial aplicada às mais diferentes atividades humanas proporciona o desenvolvimento de sistemas com capacidade de planejar, compreender a linguagem, reconhecer sons e objetos, aprender a resolver problemas. É um processo de aprendizagem de máquina em que um algoritmo é executado várias vezes com grandes quantidades de dados para que o sistema se ajuste e se aprimore continuamente. A aprendizagem da máquina possui diferentes abordagens, como redes neurais, aprendizado profundo (*deeplearning*), árvores de decisão, programação de lógica indutiva, agrupamento, aprendizagem de reforço e redes bayesianas.

Com o mesmo intuito da inteligência artificial, a robótica se faz presente em nossa rotina, vindo a desenvolver-se de uma forma cada vez mais avançada. Presente nos variados segmentos de nossa sociedade, a inteligência artificial através da utilização de robôs se vem realizando tarefas, desde as atividades relativamente simples como aspirar pó por exemplo, bem como em veículos autônomos e cirurgias médicas. Os robôs apresentam-se de uma forma mais assídua em indústrias constituindo parte nos setores de serviços e consumos.

Conforme Junior, Puhl, Flávio L. Na obra Robótica.

Na indústria, os robôs são utilizados em razão das avançadas capacidades de montagem, solda, mistura, embalagem de produtos, inspeção e engarrafamento. Já na área de serviços atuam embalagem, inspeção de tubulações, produção agrícola e segurança. A expectativa é do IDC (instituto internacional de *data corporation*) é que o nosso continente os robôs vêm a desempenhar um papel relevante na colheita de frutas e verduras e na modernização da infraestrutura dos países

Os robôs são controlados remotamente por um ser humano ou pré-programados. Quando um robô é pré-programado não existe evolução, pois todas as suas funcionalidades já foram anteriormente delimitadas.

Programá-los com uma certa inteligência, e que essa inteligência possa tomar decisões independentes através das informações recebidas por meio de sensores e processá-las. Permitido assim, a tomada de decisões para recálculos das suas funções e dar sequência aos seus objetivos.

Neste contexto, o trabalho seguirá a trilha de investigação da integralização da Inteligência Artificial, a Lógica Fuzzy, com um Robô de Sumô, afim de transformá-lo de um veículo pré-programado para um veículo dotado de uma inteligência que lhe permitirá perceber, interagir e modificar sua interação com o meio em que está inserido. Também montar um protótipo de robô



sumo e ver a viabilidade e comparar qual modalidade de grau de pertinência se encaixara no projeto do robô. Fazendo testes com gráficos e testes práticos com o protótipo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Nos últimos anos, o campo da inteligência artificial se consolidou em vários aspectos. Obviamente, o uso de computadores, micro controladores e processadores de sinais digitais, juntamente com a aplicação de tecnologia de controle, permite que campos férteis implementem algoritmos complexos em aplicações industriais, geração e transporte de energia, entretenimento e aplicações domésticas. Além da tecnologia, os países também prestam atenção ao desenvolvimento sustentável. Desta forma, a aplicação de inteligência artificial, especialmente a inteligência artificial de modelagem e controle fuzzy, encontrou um campo fértil na aplicação de sistemas de geração de energia renovável. (SIMÕES; SHAW, 2007).

O autor discorre ainda na obra quanto as funções especiais de lógica fuzzy (também chamada de lógica difusa em alguns casos) Por meio da teoria das possibilidades representa uma maneira inovadora de lidar com informações imprecisas de uma forma diferente da teoria da probabilidade.

A teoria fuzzy também pode ser comparada a sistemas de redes neurais, os chamados sistemas Neuro-fuzzy, através da interface com dados numéricos para aumentar a capacidade de aprendizagem. A lógica difusa, incerta, informações qualitativas, comunicação oral, capacidade de aprendizagem e estratégias de tomada de decisão são características humanas. Portanto, como a teoria fuzzy, as redes neurais e neurofuzzy imitam a inteligência, geralmente são chamados de humanos inteligentes. Em aplicações industriais, os sistemas de modelagem e controle baseados em lógica difusa alcançaram sucesso reconhecido em todo o mundo e provaram ser usados como outra ferramenta nas áreas de engenharia de controle industrial, faturas manuais, comunicação homem-máquina e controle industrial (ou tecnologia), no sistema de decisão. (SIMÕES; SHAW, 2007)

Conforme Simões; Shaw, 2007, em sua obra mostra:

Sistemas de controle fornecem resposta à uma determinada entrada de acordo com sua função de transferência. Os assim chamados “sistemas inteligentes” são aqueles que fornecem respostas que solucionam problemas, tais respostas apropriadas às situações específicas destes problemas, mesmo que sejam novas ou inesperadas, fazendo com que tal comportamento seja “único” ou até mesmo considerado “criativo”. A operação de sistemas inteligentes é geralmente associada às analogias com sistemas biológicos: por exemplo, ao se observar uma pessoa cumprindo determinadas tarefas de controle, reconhecendo padrões, ou tomando decisões. Até o presente momento, existe um grande descompasso entre a capacidade criativa dos seres humanos e a possibilidade de solução que as máquinas computacionais proporcionam, devido ao fato de que as pessoas raciocinam de forma incerta, imprecisa, difusa ou nebulosa, enquanto que as máquinas e computadores são movidas por raciocínio preciso e binário. A eliminação de tal restrição faria com que as máquinas fossem inteligentes, isto é, pudessem raciocinar da mesma maneira imprecisa, como os seres humanos. Tal



forma de raciocínio é chamada em inglês por “fuzzy” e será aqui utilizada como sinônimo de incerto, impreciso, difuso ou nebuloso.

2.1 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS

Processadas no sistema fuzzy, as informações devem passar por um processo denominado fuzzificação. O processo envolve a conversão de variáveis precisas em variáveis fuzzy. Isso é feito verificando o grau de correlação entre o valor de entrada e o conjunto fuzzy que representa a variável de entrada. Esses conjuntos são modelados por suas respectivas funções de pertinência. (SIMÕES; SHAW, 2007)

O processamento de dados é realizado por um micro controlador Arduino, que é um conjunto de circuitos integrados programáveis, o qual possui a arquitetura de um microcomputador. O micro controlador tem três características, que o tornam atrativos: tamanho reduzido, menor consumo de energia e preço acessível. Esses instrumentos podem ser utilizados para projetos de equipamentos autônomos ou interativos, recebendo o sinal de sensores e controlando atuadores, LEDs (*Light EmitterDiodes*), Servo motores e relés.

A linguagem de programação se assemelha bastante com a linguagem C++, mas o Arduino segue uma forma mais simplificada.

Nesse projeto foi utilizada a biblioteca eFLL (*EmbeddedFuzzyLogic Library*) é uma biblioteca padrão para Sistemas Embarcados para implementar Sistemas Fuzzy eficientes, que recebe o sinal dos sensores e faz a fuzzificação e envia a resposta para as saídas.

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, automobilísticos, domésticos etc., é preciso determinar as condições (ou variáveis) do sistema. É necessário obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado, e este é o trabalho dos sensores: “O nome de dispositivos sensíveis a alguma energia que pode ser temperatura, pressão, velocidade, corrente aceleração, distancia, luminosa”. (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011)

Nem sempre os sensores têm as características elétricas para serem usados em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes da leitura no sistema de controle. Geralmente é feito com circuito de interface que possa ser lido pelo controlador de acordo com (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011)

Para a aplicação da lógica fuzzy no robô foi utilizado um sensor ultrassônico para a medição da distância do oponente.

Sensores ultrassônicos geralmente são utilizados nas indústrias para medição de distância e detecção de posição, o grande diferencial deste tipo de sensor consiste que ele pode medir variáveis como altura e enchimento sem a real necessidade de contato. (MARINHO, 2017)

Os módulos HC-SR04 com sensores de ultrassom são capazes de gerar sinais de saída conforme seu sinal de ultrassom emitido. [...]. A cada acionamento, o módulo emite uma onda de ultrassom e sua resposta sobe para nível lógico 1. Assim que o módulo recebe o som emitido seu nível lógico de



saída se torna 0, sendo possível extrair o tempo do sinal em nível lógico 1 e conseqüentemente a distância do adversário. (MARINHO, 2017)

Dependendo da distância medida, vai ser a velocidade dos motores que movimentarão o robô conforme descrito abaixo:

- Se a distância for considerada perto então a velocidade deverá ser rápida
- Se a distância for considerada média então a velocidade deverá ser média
- Se a distância for considerada longe então a velocidade deverá ser lenta

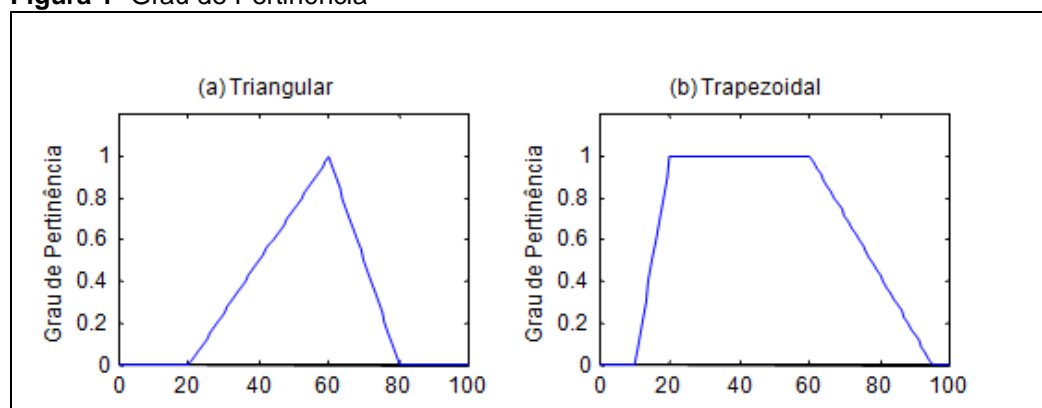
O controle dos motores do robô é feito através de PWM (*Pulse Width Modulation*) por uma ponte H. Utilizando-se da lógica de programação, é possível gerar um sinal de ondas de pulso na carga, conforme a necessidade do programador. PWM é uma tecnologia que permite ao Arduino simular sinais de saída analógicos. É amplamente utilizada para controlar a intensidade de LED's e controlar a rotação de motores DC.

Os pinos digitais do Arduino fornecem uma tensão de nível alto de 5 V (volts) e nível baixo de 0 V. Mudando o tempo entre os níveis, será mudada a velocidade do motor. (ROSSI, 2011)

O ciclo de trabalho da comunicação PWM é definido pela porcentagem de tempo em que o sinal está em nível alto, ou seja, para um ciclo de trabalho de 50%, o sinal de saída ficará em nível alto por metade do tempo e em nível baixo pela outra metade, o que altera proporcionalmente a velocidade dos motores.

No microcontrolador serão testados dois graus de pertinência de fuzzyficação: tipo trapezoidal e tipo triangular, conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1- Grau de Pertinência



Fonte: SANTOS, p.20. 2013

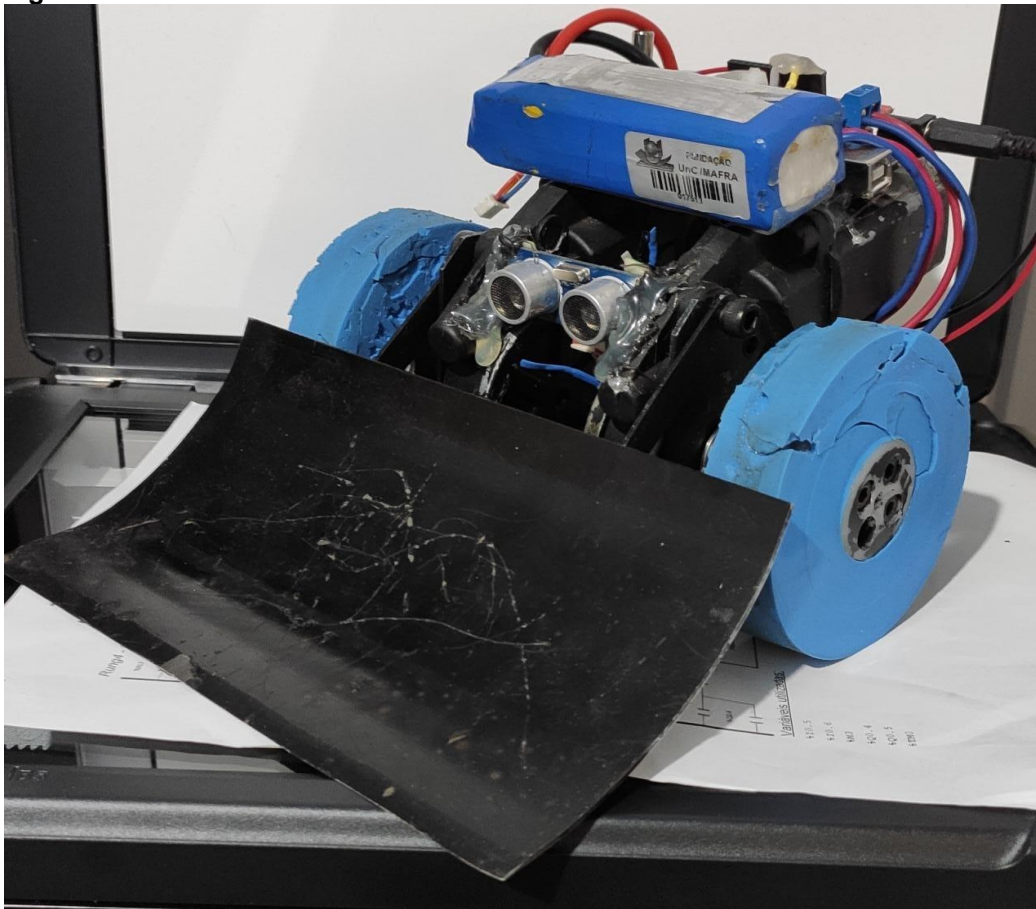
As funções de pertinência fuzzy são funções matemáticas que atribuem valores de pertinência para os termos de uma variável linguística em seu universo de discurso, o qual representa os valores numéricos que uma variável específica pode assumir. (SANTOS, 2013)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a movimentação do robô foram utilizados motores de 12V de tensão, corrente nominal de 7,5A (Ampères) e velocidade sem carga de 80 rpm (rotações por minutos); devido a sua facilidade de adaptação ao robô. Foram usinadas duas rodas feitas em material de poliacetal que é um plástico muito usado para fabricação de peças industriais precisas e resistentes, e foi revestido com borracha de silicone, vulcanizável à temperatura ambiente e que após a adição de catalisador, resultou em um produto elástico e resistente apresentando uma alta aderência ao chão.

O chassi do robô tem o tamanho de 160 mm (milímetros) de comprimento e 175 mm de largura confeccionado em material de aço de 1mm de espessura devido a resistência e peso. A figura 2 ilustra o protótipo do robô que será utilizado nos testes.

Figura 2- Robô Sumô



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

3.1 MÉTODO TRAPEZOIDAL



Esses foram os valores delimitados de acordo os parâmetros de fuzzyficação e do grau de pertinência para à distância, dependendo do valor obtido pelo sensor ultrassônico será definida a velocidade, de acordo com PWM definido para a desfuzzyficação, para ataque.

No grau de pertinência trapezoidal, se o robô oponente estiver entre 10 cm e 20 cm de distância, será considerado pelo programa que está perto porque o grau de pertinência é 1 ou 100%.

Entre 0cm e 10cm ele poderá ser perto ou não. Porém, como o grau de pertinência para as distâncias meio e longe são ambas 0 ou 0%, então o programa determina que é perto.

Entre 20cm e 30cm, poderá ser perto ou poderá ser meio. Nesse caso pode-se afirmar que ele não é longe. Então se tem aqui, uma lógica difusa que deverá ser processada pelo programa.

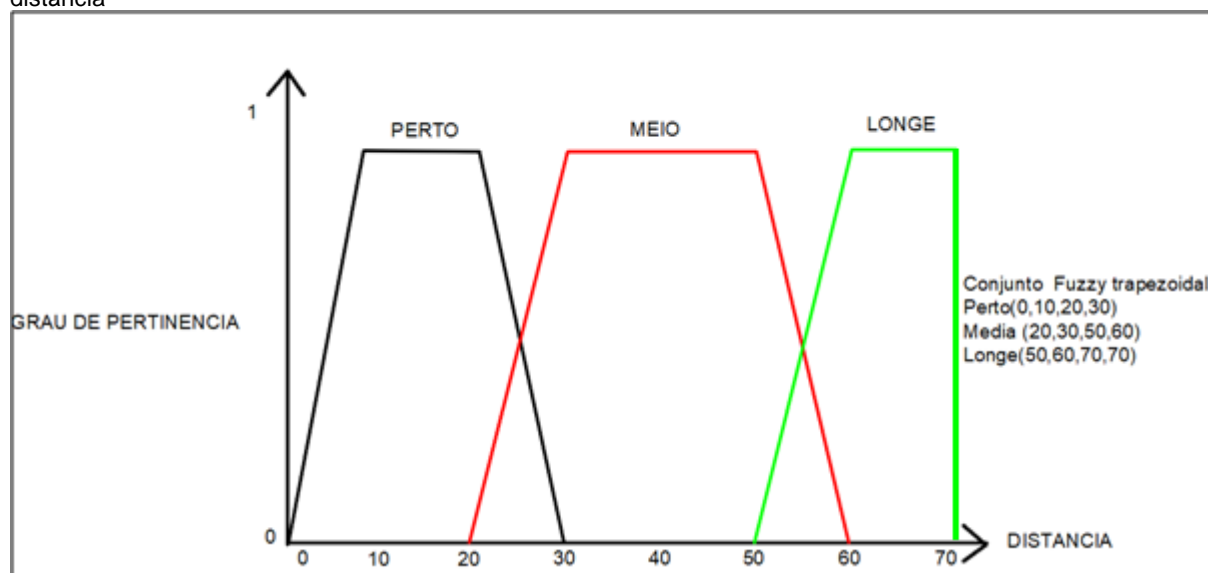
Entre 30cm e 50cm a distância é, com certeza, considerada meio porque o grau de pertinência é 1 ou 100%

Entre 50cm e 60cm, poderá ser meio ou ser longe. Nesse caso pode-se afirmar que ele não é perto. Então se tem aqui, mais uma lógica difusa que deverá ser processada pelo programa.

Entre 60cm e 70cm será considerado pelo programa que está longe porque o grau de pertinência é 1 ou 100%.

Acima de 70cm o programa ignora a lógica fuzzy mantendo a velocidade registrada no momento imediatamente anterior.

Gráfico 1- Grau de pertinência Trapezoidal para a distância



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

De acordo com o gráfico 1, serão esses valores de entrada da programação do Arduino para a fuzzyficação de pertinência trapezoidal.



Esses foram os valores delimitados de acordo os parâmetros de fuzzyficação e do grau de pertinência para a velocidade, dependendo do valor obtido pelo sensor ultrassônico será definido velocidade.

A saída analógica do Arduino pode ser variada entre os valores de 0 a 255, fazendo a modulação da largura do pulso entre 0 e 100% do período de tempo, variando a velocidade dos motores.

Os valores do PWM entre 70 e 80 representa que a velocidade dos motores poderá ser lenta ou não. Porém, como o grau de pertinência para as demais velocidades é 0, então o programa determina que é lento.

Entre 80 e 120 é certamente lenta por conta do grau de pertinência 1.

Entre 120 e 130 poderá ser lenta ou poderá ser média. Então se tem aqui, uma lógica difusa que deverá ser processada pelo programa.

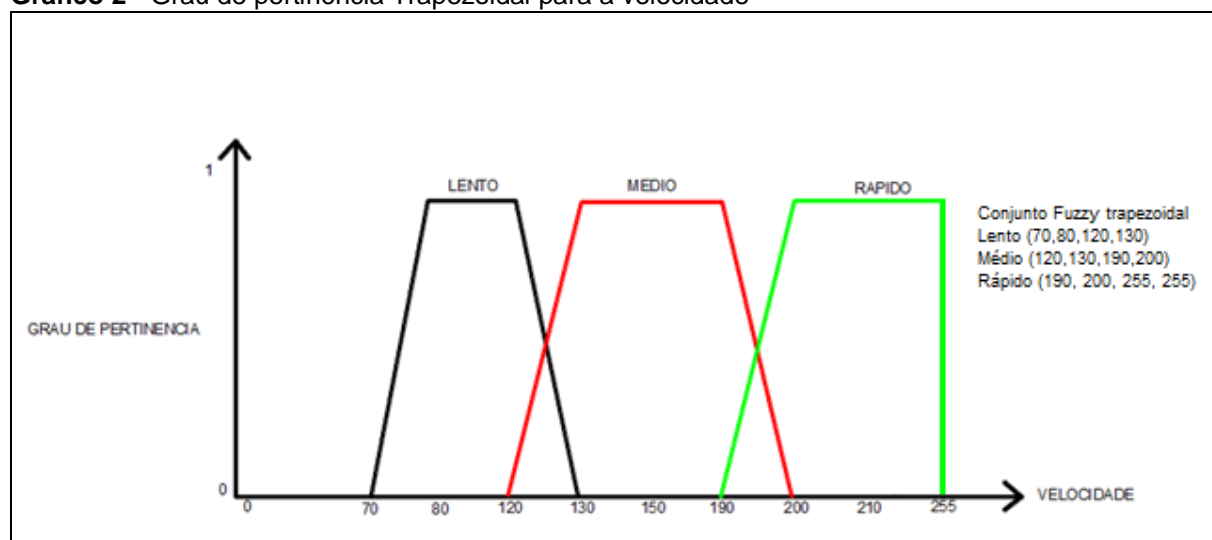
Entre 130 e 190 a velocidade é, com certeza, considerada média por conta do grau de pertinência 1.

Entre 190 e 200 poderá ser média ou rápida. Nesse caso aparece mais uma lógica difusa que deverá ser processada pelo programa.

Entre 200 e 255 será considerado pelo programa velocidade rápida porque o grau de pertinência é 1.

Acima de 255 é uma situação inexistente, pois o programa não gera tais valores.

Gráfico 2 - Grau de pertinência Trapezoidal para a velocidade



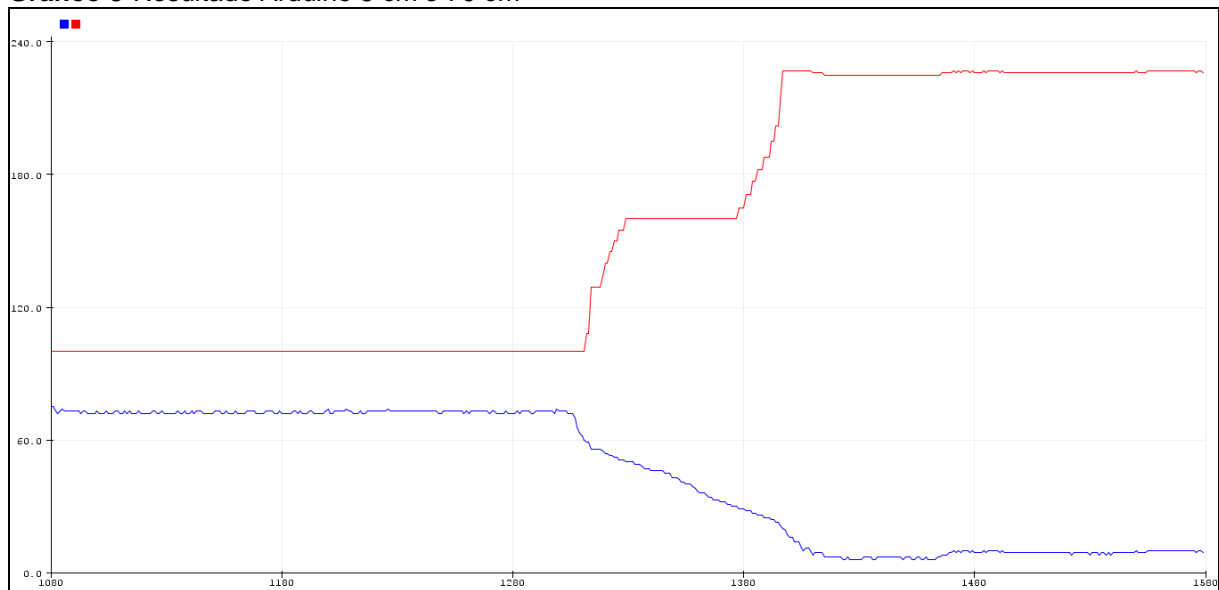
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Após esses valores serem coletados através do sensor ultrassônico vai ser processado pelo sistema fuzzy que está inserido no código no programa do Arduino, e de acordo com a distância do outro robô a lógica fuzzy vai determinar a velocidade de procura e ataque.



No gráfico 3 mostra o teste de 5 cm e 70 cm de distância do obstáculo, a linha na cor azul e a distância e a linha de cor vermelha e a velocidade pode se observar que no momento em que a distância muda a velocidade altera também drasticamente.

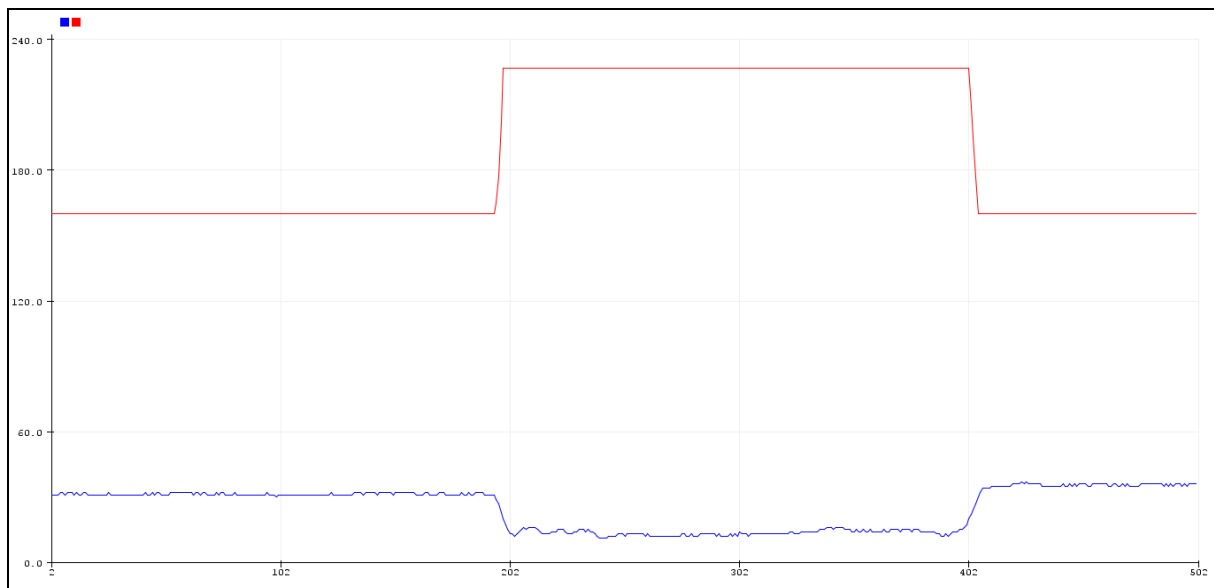
Gráfico 3-Resultado Arduino 5 cm e 70 cm



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

No gráfico 4 está correspondendo aos valores de 5 cm e 30cm a velocidade aumenta quando a distância diminui. Sendo que linha vermelha corresponde a velocidade e a linha azul a corresponde a distância, notasse em que distância varia um pouco, mas a velocidade não, pois não ultrapassa o valor setado.

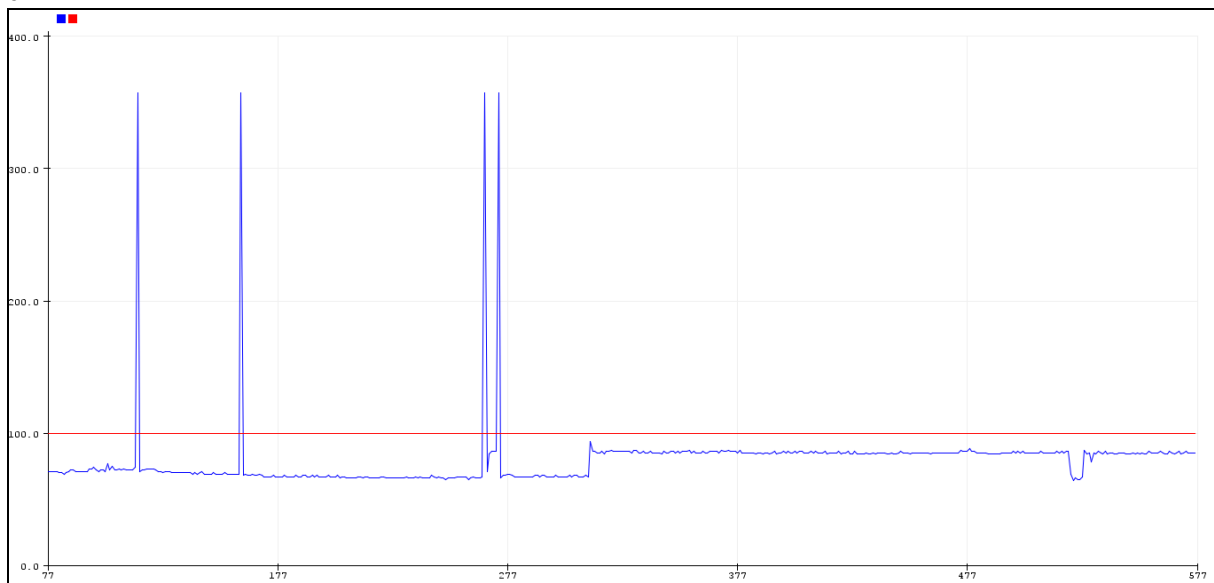
Gráfico 4 -Resultado Arduino 5 cm e 30 cm



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

No gráfico 5 gerado, está acima de 70 cm pode se observar que a distância varia muito, chegando a passar de 3000 cm, mas a velocidade fica continua no mesmo valor, foi programado para que a velocidade iria alterar somente entre 0 cm e 70 cm, acima não iria mudar a velocidade.

Gráfico 5-Resultado Arduino acima de 70 cm



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

3.2 MÉTODO TRIANGULAR



Após termino dos testes, com modelo de grau de pertinência trapezoidal foi feito mais um modelo de teste no grau de pertinência triangular.

Os valores delimitados de acordo os parâmetros de fuzzyficação e do grau de pertinência para a distância, no gráfico 6 dependendo do valor obtido pelo sensor ultrassônico será definido velocidade, de acordo com PWM definido para a desfuzzyficação.

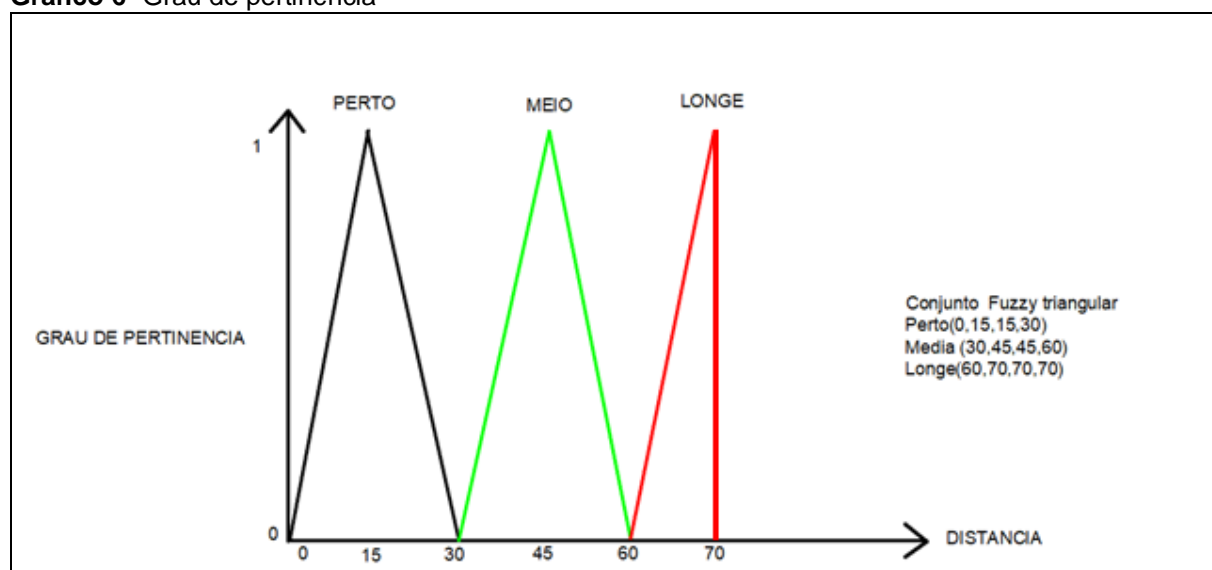
No grau de pertinência triangular, se o robô oponente estiver entre 0 cm e 30 cm de distância, o programa afirma que está perto, mesmo que o grau de pertinência seja 1 somente em 15cm pois para distancia meio e longe o grau de pertinência é 0.

Pelo mesmo motivo, o programa afirma que é meio entre 30 cm e 60 cm, já que com certeza não é longe nem perto.

Entre 60 cm e 70 cm, só poderá ser longe, na medida em que não é perto nem meio, mesmo que o grau de pertinência seja 1 somente quando a distância é acima de 60cm

Acima de 70 cm o programa ignora a lógica fuzzy, mantendo a velocidade imediatamente anterior. Naturalmente será mantida a velocidade mais baixa, que representa a velocidade registrada mais recentemente antes de ultrapassar 70 cm.

Gráfico 6- Grau de pertinência



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Esses foram os valores delimitados de acordo os parâmetros de fuzzyficação e do grau de pertinência para a velocidade no gráfico 7, dependendo do valor obtido pelo sensor ultrassônico será definido velocidade.

Entre 70 e 130, o programa afirma que está perto, mesmo que o grau de pertinência seja 1 somente em 100 pois para as demais velocidades o grau de pertinência é 0.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

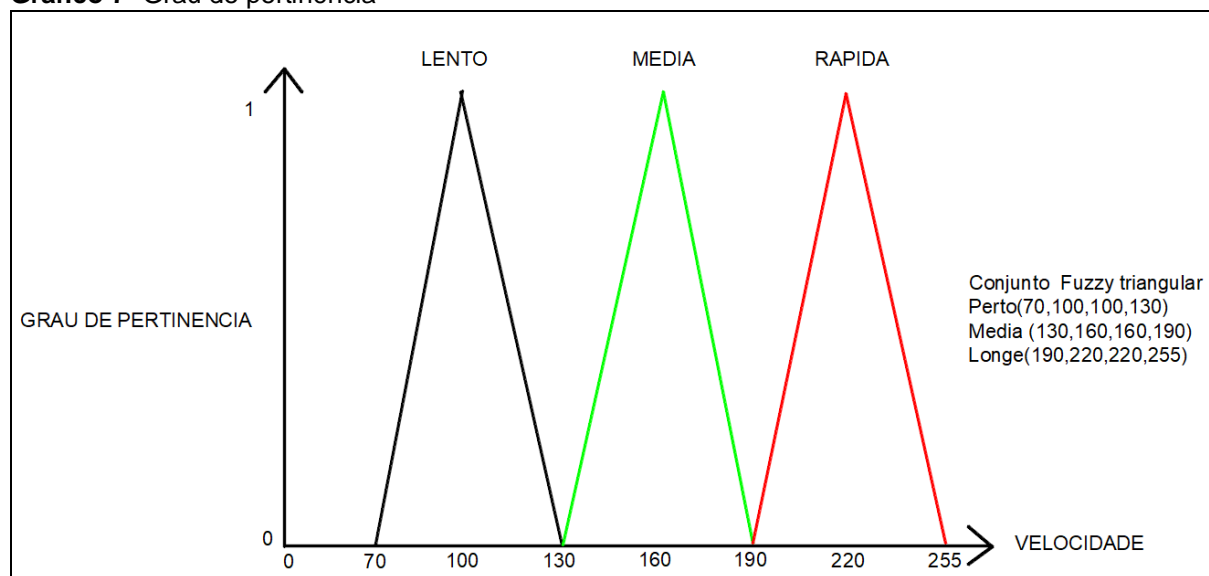
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTROLE DE ROBÔ SUMO
Lucas Felipe de Almeida, Renato Tadeu Pereira

Pelo mesmo motivo, o programa afirma que a velocidade é média entre 130 e 190, já que com certeza não pertence à velocidade lenta e à velocidade rápida.

Entre 190 e 255, só poderá ser rápida, na medida em que não é lenta nem média, de acordo com o grau de pertinência 0.

Acima de 255 representa uma situação impossível, já que o programa não gera esse valor da variação PWM no pino de saída analógica.

Gráfico 7- Grau de pertinência

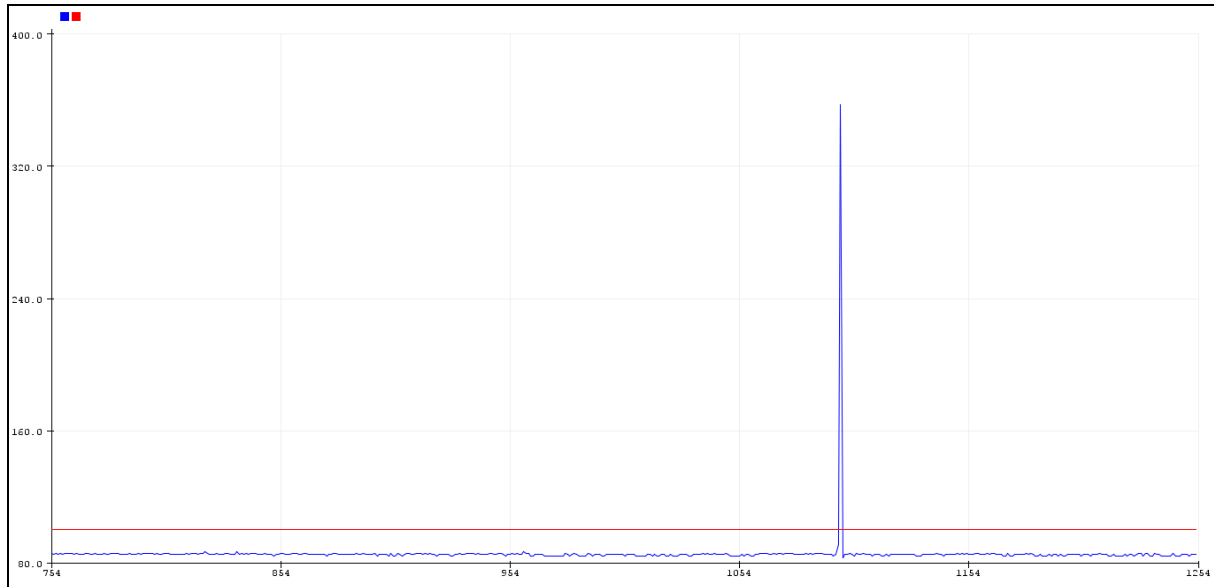


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

No grau de pertinência triangular acima de 70 cm de distância do robô oponente, o valor da velocidade ficou contínuo. Mesmo com a distância variando. Como mostra no gráfico 8, nesse caso pode ser perceber a programação ignorando outros obstáculos, a linha de cor azul mostra variação da distância, e a linha de cor vermelha mostra a variação da velocidade.

**Gráfico8-** Resultado do Arduino acima de 70

cm

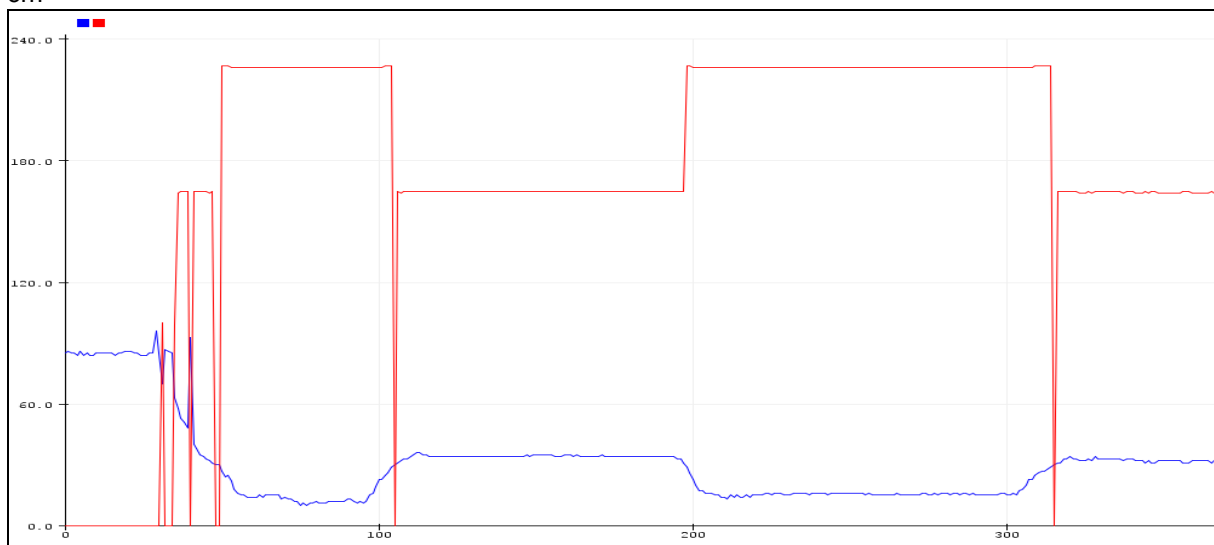


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

No gráfico 9 mostra valores obtidos entre 5 cm e 30 cm do robô oponente, pode se notar que a velocidade varia muito. E a distância varia pouco pelo fato da programação está definido no método triangular. E nesse método a variação ficou praticamente em 3 pontos somente. A linha de cor azul mostra a variação da distância, e a linha de cor vermelha mostra a variação da velocidade.

Gráfico9-Resultado Arduino 5 cm e 30

cm

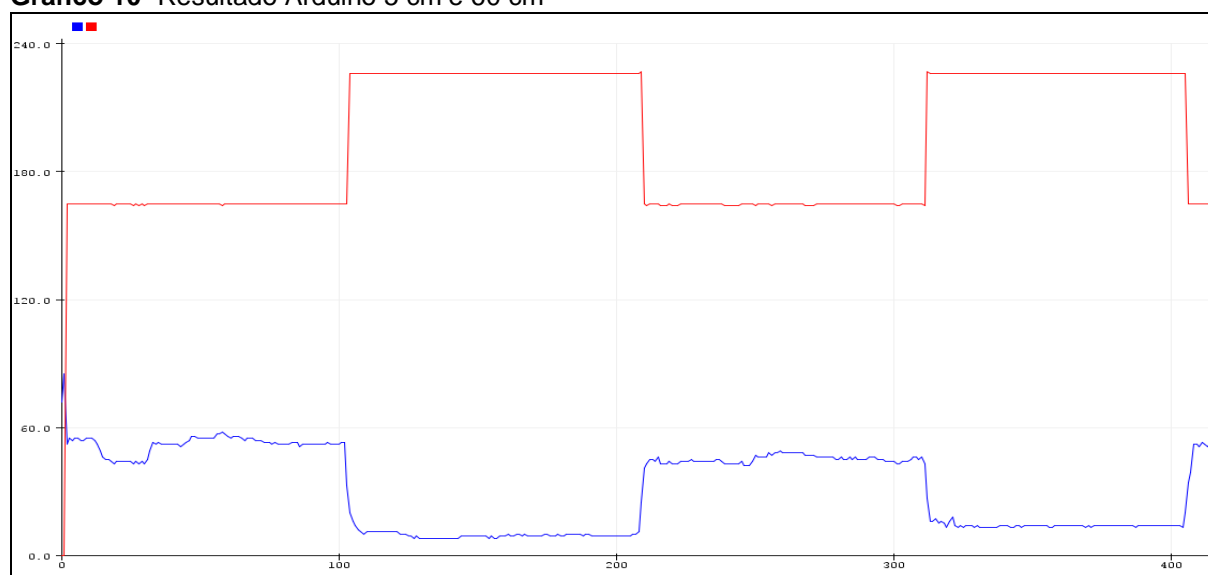




Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Resultado da distância de 5 cm e 60cm no gráfico 10, variando rapidamente a distância logo varia a velocidade. Pelo fato de o grau de pertinência ser triangular e fica com pouca variação somente sendo 3 pontos. A linha azul se refere a variação distância e a linha vermelha se refere a variação da velocidade.

Gráfico 10- Resultado Arduino 5 cm e 60 cm



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4 CONCLUSÃO

A inteligência artificial no robô somente foi aplicada nos sensores de leitura da distância entre os oponentes porque nos sensores de detecção de linha bastava determinar se o robô tocou ou não a linha branca, que representa uma informação bem definida.

No robô em questão existia uma programação em que a velocidade era fixa, independentemente da distância do oponente e do modo de operação do robô (busca ou ataque). A lógica fuzzy foi implementada a fim de variar a velocidade do robô de acordo com a distância do oponente sendo possível transformá-lo de um veículo pré-programado para um veículo dotado de certa inteligência, permitindo perceber, interagir e modificar sua interação com o meio em que está inserido.

Aplicando essa variação, eliminou-se ainda um problema pré-existente em que o robô atingia velocidade muito alta mesmo estando longe do oponente, o que por vezes causava a eliminação do robô da competição por não detectar a linha em tempo devido à rapidez dos motores durante o modo procura.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTROLE DE ROBÔ SUMO
Lucas Felipe de Almeida, Renato Tadeu Pereira

Foi integrada no robô sumo a inteligência artificial, de dois modelos de lógica fuzzy sendo o trapezoidal e triangular. E após os testes feitos através dos dados colhidos na leitura da velocidade, o que mais se encaixou foi o modelo fuzzy de grau de pertinência trapezoidal. Porque modelo triangular não foi possível ter mais que 3 (três) Pontos de variação, somente variando entre perto, meio e longe.

A lógica fuzzy praticamente não fez diferença, pois com outra programação poderia ser definido 3 valores fixos para determinar se a distância é perto, meio e longe e deixando a velocidade setada para cada estado.

No modelo trapezoidal foi possível perceber êxito maior do que no modelo triangular, pois houve variação entre os estados e a ação da lógica fuzzy, determinando a velocidade após a fuzzyficação da distância e velocidade e assim gerando um melhor desempenho nas batalhas.

Futuramente poderia ser tentando juntar os dois modelos de fuzzyficação. Deixando o modelo trapezoidal para tomada de mudança em relação a distância e o modelo triangular para mudança de velocidade, pois no modelo triangular a velocidade da resposta da velocidade pode ser mais ágil, pelo fato que não existe muitos níveis de variação, e obtendo vantagem do seu oponente.

Por fim, vale registrar que essa técnica, assim como as demais técnicas de controle, pode apresentar resultados mais satisfatórios quando aplicada a um processo que necessite manter a variável de entrada o mais próximo possível do valor setado, o que não se apresenta para um robô lutador de sumô.

Em se falando de robôs ou veículos autônomos, a lógica fuzzy provavelmente vai apresentar melhores resultados em um robô seguidor de linha, por exemplo, onde é preciso manter a leitura dos sensores da linha num valor pré-determinado, variando os pinos de saída da velocidade dos motores para compensar o erro.

REFERÊNCIAS

BISPO, S. C. et al. **Inteligência artificial**. São Paulo: Grupo A, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029392/>. Acesso em: 08 nov. 2020.

JUNIOR PUHL, Flávio L. **Robótica**. São Paulo: Grupo A, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029125/>. Acesso em: 05 nov. 2020.

MARINHO, David Lima, **Aperfeiçoamento de um robô sumo autônomo**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia de computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

ROSSI, Cristiano. **Inversor de frequência modulação senoidal PWM unipolar**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

SANTOS, Jessica da Silva. **Modelo de Sistema Fuzzy para o apoio á tomada de decisão em ambientes acadêmicos dinâmicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Sistemas de Informação) - Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana, 2013.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTROLE DE ROBÔ SUMO
Lucas Felipe de Almeida, Renato Tadeu Pereira

SIMÕES, M. G.; SHAW, Ian S. **Controle e modelagem fuzzy**. São Paulo: Editora Blucher, 2007. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215479/>. Acesso em: 01 nov. 2020.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2011.