



## **EQUIPE MEGABOTS: UM TIME PARA A CATEGORIA SUMÔ 3 KG AUTÔNOMO** **Carlos Erlan Olival Lima<sup>1</sup>, Aurélio Agostinho Adão<sup>2</sup>, Francisco Marcelino Almeida<sup>3</sup>, Mário Bibiano da Silva Júnior**

<sup>1</sup>Aluno de Graduação em Engenharia Mecânica – IFPI. e-mail: <mailto:erlanolival@gmail.com>

<sup>2</sup>Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - IFPI. e-mail: <mailto:aaadão@uol.com.br>

<sup>3</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Nanotecnologia – IFPI. e-mail: <mailto:franciscomarcelinoalmeida@gmail.com>

<sup>1</sup>Aluno de Graduação em Engenharia Mecânica – IFPI. e-mail: [mailto:mario\\_bibiano@hotmail.com](mailto:mario_bibiano@hotmail.com)

**Resumo:** Este trabalho tem por objetivo a apresentação do robô intitulado Fable, o qual participou da competição de guerra de robôs denominada Winter Challenge, realizada em Jaguariúna, no estado de São Paulo, no ano de 2012. Neste artigo será apresentado o método para a construção deste robô móvel com a finalidade de transformar este material em um guia prático para iniciantes no estudo de robótica móvel. O projeto é dividido em camadas de forma que se possam definir os tópicos relacionados às áreas de conhecimento que serão utilizadas na realização do projeto, sendo que estas áreas são a mecânica, eletrônica e sistema de computação. O robô móvel Fable, desenvolvido neste método, é composto por duas rodas ativas, cada uma acionada por um motor dc de elevado torque com um sistema de transmissão constituído por duas engrenagens de dentes retos, possui três sonares para detecção do oponente e dois sensores infravermelhos para detectar a linha e um microcontrolador PIC16F628A da Microchip, utilizado para comandar todas as ações do robô. A partir dos testes realizados constatou-se que o robô possui um torque de 5.95 N.m, uma velocidade linear de 54 cm/s e uma aceleração de 2 m/s<sup>2</sup>, e é necessária uma corrente de 7 A para alimentar cada um dos motores.

**Palavras-chave:** Abordagem em camadas, autônomo, sistemas microcontrolados

## **1. INTRODUÇÃO**

A robótica móvel segue três ramos: terrestre, aérea e subaquática, porém o princípio de construção do robô é o mesmo para as três ramificações.

Um dos métodos aplicados no desenvolvimento de robôs móveis é o de distribuição em camadas. Este método consiste na organização do robô em camadas, que são: a camada mecânica, que engloba os atuadores e a estrutura do robô, a camada eletrônica, onde está incluído todo o circuito, sensoramento e comunicação do robô, a camada de computação, esta responsável pelo controle autônomo ou guiado do robô, através de sua programação e por último a camada de integração, onde as três camadas são unificadas (PEREIRA,2010).

Este método foi utilizado para a construção de um robô autônomo, com objetivo de participar da competição de guerra de robôs, sendo escolhida a categoria sumo, onde se deve empurrar o oponente para fora da arena para que se conquiste a vitória, portanto foi necessário o desenvolvimento de uma tração diferencial das rodas além de procurar meios de elevar o torque do robô para que o mesmo tivesse força suficiente para empurrar o oponente para fora da arena, mas procurou-se desenvolver este método utilizando materiais de baixo custo devido ao orçamento limitado do projeto.

O objetivo principal desse trabalho é a construção de um robô móvel, capaz de explorar ambientes sem a intervenção humana, sendo que o autônomo terá a capacidade de detectar obstáculos, deve ser flexível tanto em sua estrutura mecânica, quanto eletrônica, apresentar resultados confiáveis, com qualidade e baixo custo.

Quanto às metas temos a participação nas competições de sumo, denominadas Winter Challenge, Summer Challenge e ENEECA (Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia de Controle e Automação) e participação em congressos e feiras científicas.

## **2. DEFINIÇÃO DO PROJETO**

### **2.1 Iniciando o Projeto**

O primeiro passo que deve ser seguido na construção de um robô móvel, ou de qualquer projeto que se deseja realizar, é a determinação da sua utilização, que no caso desse projeto é obter um robô móvel com as dimensões e peso máximo estabelecido pelas regras da competição que tenha um elevado torque e seja capaz de detectar o oponente.

A partir desse pressuposto se estabelece o modo de locomoção mais adequado, o tipo de comunicação que será feito, a forma de aquisição de dados para o posicionamento do robô em relação ao ambiente no qual será inserido e por último deverá ser escolhido o microcontrolador que irá atender as necessidades do projeto (PEREIRA,2010).

## 2.2 A Competição

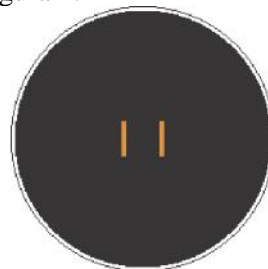
A competição de guerra de robôs ocorre no Brasil desde 2005, contando com cinco categorias de robôs, que são: futebol de robôs, rock, sumô, seguidor de linha e guerra de robôs. Dentre estas categorias há diversas classes que variam de acordo com o peso, a dimensão e a capacidade de ser controlado remotamente ou ser autônomo. Dentre as possíveis categorias, optou-se por competir na categoria sumo, a qual se divide em três classes: autônomo e rádio controlado com limite de peso de até 3 kg e com dimensões máximas de 20 centímetros de largura e 20 centímetros de comprimento e sem limite de altura, e a classe lego, onde se devem utilizar apenas peças referentes à empresa LEGO. Dentre estas classes a equipe Megabots participou na classe 3 kg autônomo.

### 2.2.1 A Partida de Sumô

A partida é disputada por duas equipes, cada uma composta por um ou mais membros. Apenas um membro de cada equipe poderá ficar na área do ringue, enquanto os demais membros deverão assistir a disputa junto com o público. Cada equipe competirá no Dojô (ringue de sumô) com um robô construído de acordo com as especificações relatadas no item anterior.

### 2.2.2 O Dojô

É a superfície onde são realizadas as partidas, circunscrita por uma linha de borda, inclusive. Na classe em disputa, o dojô possui um formato circular com diâmetro 154 centímetros e espessura da linha de borda de 5 centímetros, sendo que o material do dojô é uma placa de aço coberta com poliuretano. O dojô é representado na figura 1.



**Figura 1 – Representação do dojô para a categoria sumô 3 kg, ROBOCORE**

## 2.3 Definições Básicas do Projeto

De acordo com as regras da categoria na qual se participou, foi estabelecido o sistema de locomoção, o sensoriamento e conseqüentemente o microcontrolador a ser utilizado. A partir das definições básicas do robô definem-se as camadas, sendo que a primeira a ser definida é a mecânica, depois se seguem a camada eletrônica, a computacional e por último a de integração (PEREIRA, 2010).

As definições básicas do robô são apresentadas na tabela abaixo, sendo que se trabalhou no desenvolvimento dessas definições para o desenvolvimento do projeto.

**Tabela 1 – Definições Básicas do Robô Móvel Fable**

Items	Definições
<b>Finalidade</b>	Participação na competição de guerra de robô na categoria sumô
<b>Tipo</b>	Terrestre
<b>Locomoção</b>	Duas Rodas Ativas, com tração diferencial
<b>Comunicação</b>	Sem comunicação, autônomo
<b>Ambiente</b>	Arena circular com superfície negra e bordas brancas
<b>Sensoriamento</b>	Sonar e Infravermelho
<b>Microcontrolador</b>	PIC16F628A

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Estrutura do Robô

O chassi do robô autônomo será constituído basicamente pela pá e a base, a qual é constituída pelas laterais e o piso, sendo que todo o chassi será feito de alumínio 6061 – T6. Abaixo temos algumas características do Alumínio 6061-T6:

Alumínio 6061 –T6, é a liga de alumínio de média resistência mais utilizada na prática com utilizações em estruturas, componentes navais e de caminhões, é o tipo de metal mais utilizado nos robôs (MEGGIOLARO,2006).

Abaixo temos a representação do Chassi deste robô:

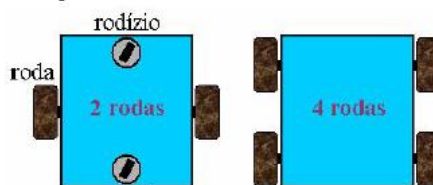


**Figura 2 – Chassi do Robô Sumô: 1 – Alumínio 6061 – T6**

#### 3.2 Sistema de Locomoção

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, para isso foi estudado, pesquisado e escolhido de acordo com o consenso de todos os tipos que se adequasse a nossa realidade e a nossa viabilidade. Tinha-se outras opções como, por exemplo, esteiras, porém foram escolhidas rodas sólidas.

Existem dois tipos específicos de colocação de rodas ativas: O Robô com apenas duas rodas ativas e o robô com quatro rodas ativas como é apresentado na figura 3:



**Figura 3 – Tipos de Locomoção (rodas)**

No caso foram escolhidas para o nosso projeto, o robô com duas rodas ativas, pois com esse tipo de rodas se faz voltas muito mais rápidas e com menos gasto de energia. Quando se opta por esse tipo de rodas é necessário que se tenha em mente a necessidade de se colocar apoios, no nosso caso, foram colocados dois apoios, que terão rodízios, pois permitirão curvas mais rápidas. As rodas foram feitas a partir de tarugos de aço 1020 com diâmetro de 3”(76 mm), a escolha desse diâmetro se deve a necessidade de gerar um elevado torque, já que o objetivo da competição é empurrar o oponente para fora do ringue, sendo que o torque gerado pelo robô Fable será 3 N.m, o que corresponde a aproximadamente três vezes e meio o peso do robô.

#### 3.3 Motores e Transmissão

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 (TOM CARROL, 2002).

O sistema de transmissão será composto por duas engrenagens conectadas a cada motor dc para transmitir a potência necessária para o funcionamento e deslocamento do robô. As engrenagens foram dispostas paralelamente, pois desta forma tem-se um rendimento de 90%.

As engrenagens foram preparadas a partir do aço 1045, pois é um aço de baixo teor de carbono, usado quando maiores resistências e dureza forem desejadas, a desvantagem deste tipo de aço, é que a peça precisa sofrer um tratamento térmico após ser usinada.

O protótipo utiliza motores DC, o que garante um elevado torque e também uma excelente velocidade e aceleração. O motor escolhido foi o Pittman, este motor tem um torque máximo de 1,5 N.m, sendo que com uma redução na proporção de 1.6:1 ele terá um torque final de 3 N.m e a velocidade adquirida pelo robô será de 54 cm/s, com uma aceleração de  $2 \text{ m/s}^2$ .



**Figura 4 – Motor Pittman**

### 3.4 Eletrônica

O acionamento de um robô exige um grande de componentes, dentre eles: controladores de velocidade, detector de borda e sensores infravermelhos.

#### 3.4.1 Baterias

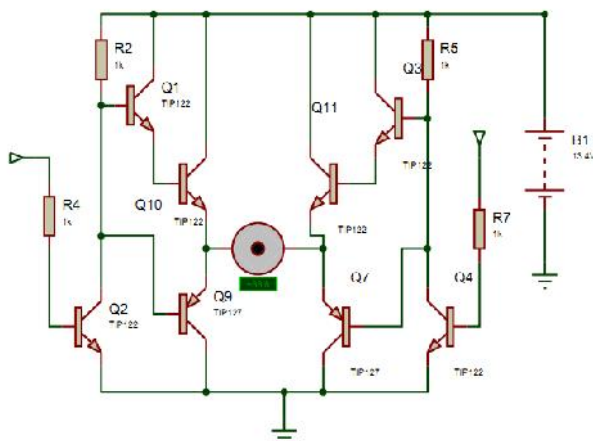
Baterias são componentes que limitam muito a autonomia de um robô móvel, além de constituírem uma parte significativa de seu peso. Na maioria dos casos a bateria são seu maior componente.

Os tipos de baterias são: chumbo-ácido, níquel cádmio, níquel – hidreto metálico, alcalina e lítio. Optou-se pela de lítio-íon, por ter uma elevada capacidade nominal, cujo valor é de 2300 mAh, por conseguir manter a carga por até 15min, quando em condições extremas de operação, que garante tranquilidade durante as batalhas, já que cada round dura no máximo 3min, e são três rounds por combate.

#### 3.4.2 Controladores e Sensoriamento

Para se fazer a reversão do sentido de rotação do motor, foi utilizada uma ponte h, construída com transistores do tipo MOSFET, com uma configuração Darlington, para que fosse possível gerar correntes mais elevadas para os motores. Os transistores utilizados foram os TIP122 e o TIP127, os quais suportam até 8 A de corrente.

Na figura 5 temos o esquema da ponte h simulada pelo software Proteus, sendo que este esquema será utilizado para controlar os motores dc.



**Figura 5 – Ponte h com Configuração Darlington**

Com relação ao detector de bordas, temos que este corresponde à menor capacidade que este robô deve ter, pois o detector de bordas evita que o robô saia do ringue por ele mesmo.

O método utilizado neste protótipo consiste no emprego de um fototransistor infravermelho e um diodo emissor de luz (LED). Como o ringue é preto e a borda do ringue é branca, o par detector pode ser utilizado para verificar a mudança de cor. A placa utilizada para detectar a borda é apresentada na figura 6. Nesta placa, é colocado em série um resistor de 10k para limitar a corrente que chega ao LED, e um capacitor de 10 nF é colocado na saída do fototransistor, para permitir que o sinal só passe para o microcontrolador após o capacitor ter sido carregado, sendo que quanto mais rápido ocorrer a descarga, mais reflexiva é a superfície. Neste protótipo foram utilizados dois sensores de linha, cada um localizado em um dos lados do robô.



**Figura 6 – Esquema do Detector de Bordas**

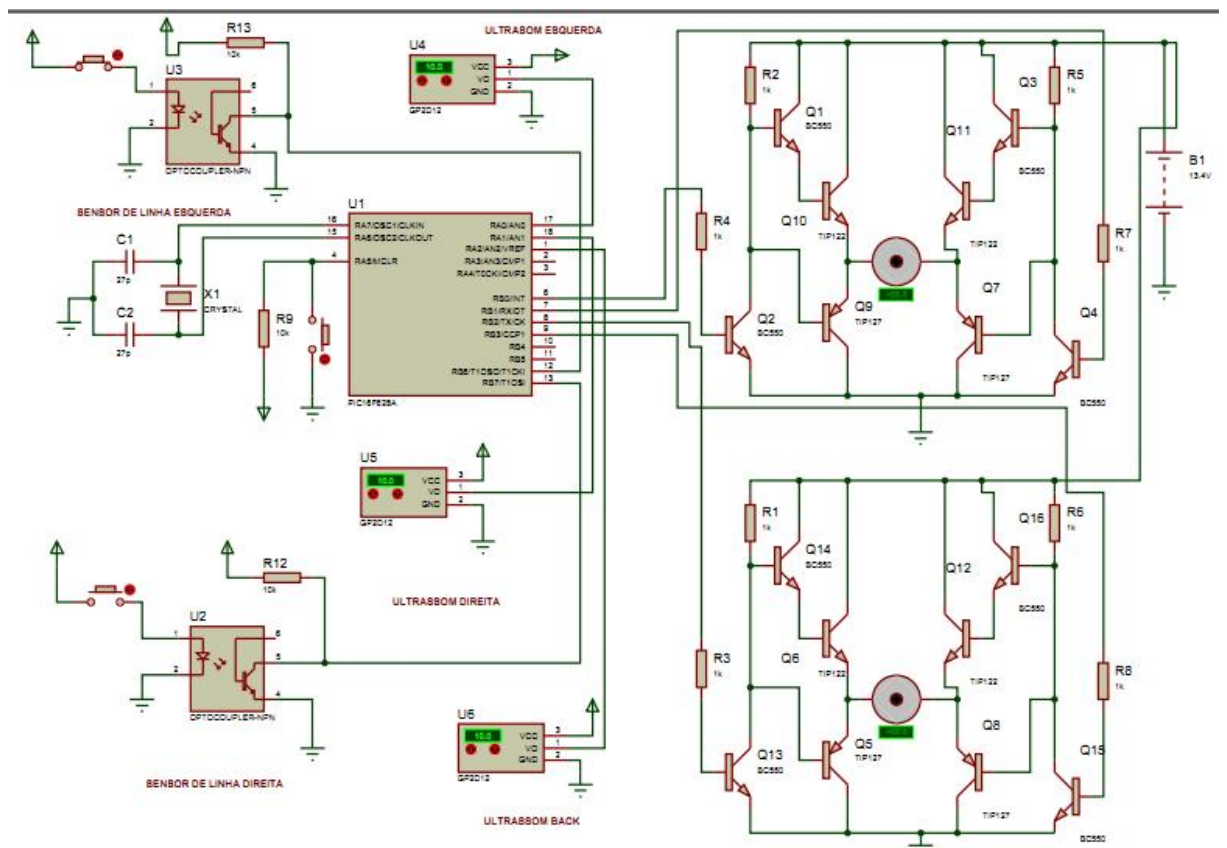
Para detectar o oponente foram utilizados três sensores ultrassom localizados nas laterais e na parte de trás do robô, sendo que o sensor utilizado foi o HY-SRF04, o qual possui um pino que deve ser utilizado como entrada e outro como saída, sendo que o primeiro é responsável por receber o sinal, sendo denominado como pino **echo** e o outro é responsável por enviar o sinal, sendo denominado de **trigger**.

Para controlar todas as funções do robô foi utilizado o PIC16F628A, o qual é composto por 18 pinos, sendo que dentre esses temos 16 pinos que podem ser configurados como entrada ou saída, e apesar desse microcontrolador só reconhecer sinal digital, conseguia corresponder as necessidades do projeto, pois as respostas fornecidas pelos sensores eram todas digitais, e havia apenas 5 sensores para obter informações totalizando um total de 8 pinos necessários mais os 4 pinos necessários para controlar a ponte h, totalizando um total de 12 pinos necessários, o que correspondia exatamente ao número de pinos disponíveis. Foram utilizados dois cristais de 27 pF para gerar a frequência necessária para acionar o PIC. A figura 7 apresenta o circuito do microcontrolador.

O circuito completo simulado no Proteus é apresentado na figura 8, nesta simulação, os sensores de linha foram representados por optocouplers do tipo NPN, com um botão para interromper a passagem de corrente para o LED, com relação aos sensores ultrassom, estão representados pelos sensores infravermelhos GP2D12, pois não há biblioteca no software Proteus que possa simular os sensores ultrassom, e temos também neste circuito duas pontes h na configuração darlington, sendo que cada uma delas é responsável pela inversão de movimento de um dos motores DC, sendo alimentadas por um Pack de baterias de íon-lítio, enquanto o microcontrolador é alimentado por um Pack de baterias do tipo AA, para evitar uma possível sobrecarga sobre o microcontrolador, devido às baterias utilizadas para alimentar os motores serem de alto desempenho.



**Figura 7 – Placa do Microcontrolador**



**Figura 8 – Representação do Circuito Completo do Robô**

### 3.5 PROGRAMAÇÃO

A programação do robô está demonstrada de uma forma simples no fluxograma abaixo:

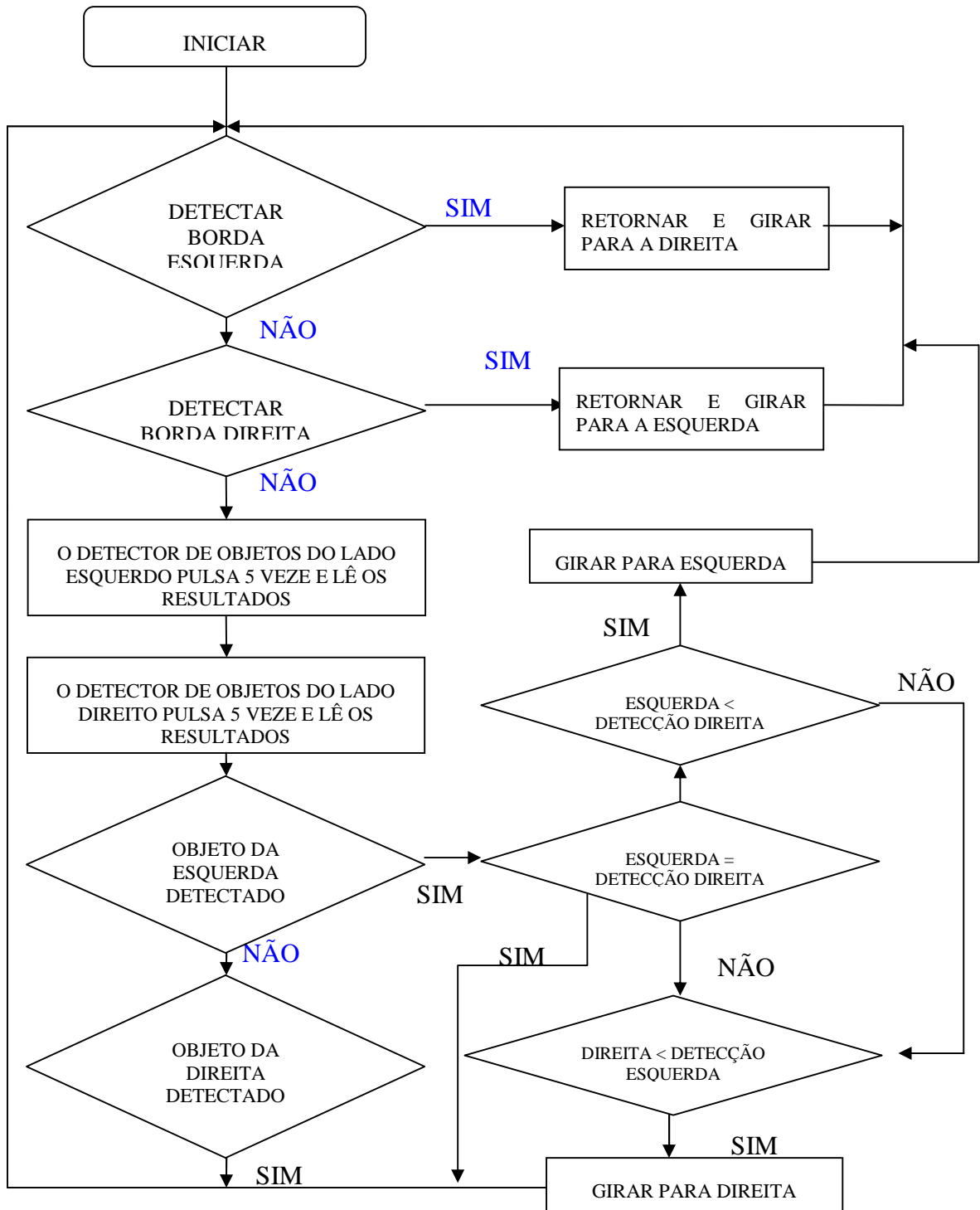


Figura 9 – Fluxograma do Robô Autônomo



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante as simulações feitas no MATLAB e nos testes realizados com o protótipo são apresentados na tabela 2. Nesta tabela é apresentada as dimensões da base do robô, que corresponde a estrutura, onde são inseridos todos os componentes eletrônicos e mecânicos necessários ao funcionamento do robô. Nesta tabela é também apresentado as dimensões das engrenagens e das rodas. Apresenta-se também o torque final obtido e a corrente necessária a ser entregue a cada um dos motores para gerar o torque necessário, sendo que o torque final obtido levou em consideração o peso do próprio robô mais o peso do oponente com o acréscimo de sua força normal, obtendo-se assim para o robô Fable um torque capaz de carregar um corpo com uma massa três vezes maior que a sua.

**Tabela 2 – Apresentação dos dados obtidos durante os testes de operação do robô Fable**

Variáveis	Dados Obtidos
Dimensões da base do robô (cm x cm x cm)	17.5 x 16 x 8
Diâmetro da Engrenagem Motriz (mm)	19,05
Diâmetro da Engrenagem (mm)	30,48
Diâmetro da roda (mm)	76
Relação de Redução	1.6
Torque Nominal do Motor (N.m)	1.5
Torque Final Obtido (N.m)	3
Corrente Máxima (A)	8
Velocidade Linear Máxima do Robô (cm/s)	54
Aceleração Linear do Robô ( $m/s^2$ )	2

Este robô participou da competição de guerra de robôs denominada Winter Challenge, obtendo a sexta colocação na categoria sumô autônomo com o peso de até 3 kg.

#### 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que houve um bom desempenho do protótipo gerado, pois foi obtido um robô com uma elevada velocidade e aceleração, além de um torque aceitável, apesar de que se deve trabalhar em maneiras de elevar a força normal do robô, o que pode ser obtido a partir da implantação de ímãs em sua base, de forma que entrem em contato com a arena, aumentando assim a tração do robô.

Além da participação na competição de guerra de robôs, este projeto reuniu o máximo de informações possíveis, de forma que o estudante de robótica móvel seja capaz de iniciar um pequeno projeto na área de robótica.

Espera-se empregar este método de desenvolvimento no ensino de robótica móvel e levar este conhecimento a alunos da rede pública, de preferência com o apoio do governo, espera-se também melhorar o sensoriamento de forma que se possa detectar o oponente com maior precisão, além de elevar a força normal do robô, como já foi discutido.

#### REFERÊNCIAS

MEGGIOLARO, Marco Antônio. **Tutorial em Robôs de Combate**. Equipe RioBotz, UFRJ, 2006.

PEREIRA, Levi C.A; SOBRINHO, Elionai G.A.; CHASE, Otávio A. **Método de Desenvolvimento de um Robô Móvel Diferencial Didático**. UFPA, 2010.

ROBOCORE. **Regras Sumô**. Disponível em: [http://www.robocore.net/upload/attachments/robocore\\_regras\\_sumo\\_192.pdf](http://www.robocore.net/upload/attachments/robocore_regras_sumo_192.pdf)

Tom Carrol, Pete Miles. **Build Your Own Combat Robot**. Ed. McGraw-Hill, 2002.