

# ROBOTS SOCCER MAKER INITIATIVE: ROBÔ DE FUTEBOL OPEN HARDWARE BASEADO NO MODELO DA ROBOCUPJUNIOR

Queiroz, Breno<sup>1,2</sup>; Duarte, Rafael Bastos<sup>2</sup>; Ferreira,  
Fábio<sup>1,2</sup>; Valverde, Ivisson<sup>1,2</sup>

**Resumo:** Este *Team Description Paper* tem por finalidade apresentar o projeto **Robots Soccer Maker Initiative**, iniciado em 2017, e a sua contribuição na construção de robôs cooperativos na modalidade futebol da RobocupJunior. O intuito do projeto Iniciativa Maker é promover a Aceleração da Aprendizagem Significativa através do futebol de robôs, implementando um planejamento gradativo às equipes do clube de robótica, que permita maior autonomia e autoria através do “aprender fazendo” pelos seus membros. O clube é uma atividade complementar realizada pela empresa CIC Robotics Serviços Educacionais em parceria com o Colégio Cândido Portinari. A equipe do Soccer Open foi a primeira a desenvolver robôs a partir da Iniciativa Maker, usando modelagem 3D, prototipação de circuitos impressos e, mais recentemente, diagrama de classe, programação orientada a objetos, e simulação 3D. Na atual versão, o robô mapeia os objetos no campo em uma matriz binária, além de definir a sua localização e a da bola em relação ao campo a partir de coordenadas cartesianas. Para a movimentação foi realizado o deslocamento de ponto a ponto desta matriz, utilizando conhecimentos de trigonometria para gerar a sequência de pontos a ser percorrido. Outrossim, o circuito de processamento é composto por dois microcontroladores atmel SAM3X8E, o primeiro para controle geral e o segundo dedicado para análise a dos sensores para mapear o campo.

**Palavras chave:** RobocupJunior, Robôs de Futebol, Modelagem, Circuito, Simulação.

**Abstract:** This Team Description Paper aims to present the project Robots Soccer Maker Initiative, started in 2017,

<sup>1</sup>CIC Robotics Serviços Educacionais.

<sup>2</sup> Colégio Cândido Portinari.

Breno Queiroz é estudante da 3ª Série do Ensino Médio e Membro do Clube de Robótica; Salvador-BA, Brasil (e-mail: breno1423@gmail.com).

Rafael Bastos Duarte é estudante da 3ª Série do Ensino Médio e Convidado do Clube de Robótica no projeto Robot Soccer Maker Initiative; Salvador-BA, Brasil (e-mail: rafaelbd12@gmail.com).

Fábio Ferreira é diretor da CIC Robotics, professor da disciplina de Robótica e orientador do projeto Robot Soccer Maker Initiative; Salvador-BA, Brasil (e-mail: fabioferreira@cicrobotics.com.br).

Ivisson Valverde é o administrador do Laboratório de Robótica e co-orientador do projeto Robot Soccer Maker Initiative; Salvador-BA, Brasil (e-mail: ivisson.valverde@gmail.com).

and its contribution in the construction of cooperative robots in the soccer mode of RobocupJunior. The purpose of the Initiative Maker project is to promote Significant Learning Acceleration through robot soccer by implementing a step-by-step plan for robotics club teams that allows greater autonomy and authorship through "learning by doing" by their members. The club is a complementary activity carried out by CIC Robotics Educational Services in partnership with Colégio Cândido Portinari. The Soccer Open team was the first to develop robots from the Maker Initiative, using 3D modeling, prototyping of printed circuits, and more recently, class diagram, object-oriented programming, and 3D simulation. In the current version, the robot maps the objects in the field in a binary matrix, in addition to defining its location and that of the ball in relation to the field from Cartesian coordinates. For the movement, the point-to-point displacement of this matrix was performed, using trigonometry knowledge to generate the sequence of points to be traversed. In addition, the processing circuit consists of two atmel SAM3X8E microcontrollers, the first for general control and the second dedicated for the analysis of the sensors to map the field.

**Keywords:** RobocupJunior, Robots Soccer, Modeling, Circuit, Simulation.

## I. INTRODUÇÃO

Quando o projeto **Robots Soccer Maker Initiative** iniciou em 2017, a equipe não possuía nenhum conhecimento em desenvolvimento de circuitos, simulação e um básico entendimento sobre programação e modelagem 3D. A partir do desafio do projeto, a iniciativa de pesquisas e leituras paralelas [1] ao desenvolvimento dos robôs passou a ter mais consistência. A estrutura, antigamente feita em plástico ABS no protótipo [2], foi substituída por policarbonato; o controlador, que antes era um arduino MEGA 2560 passou a ser um sistema embarcado desenvolvido pela própria equipe composto de dois microprocessadores SAM3X8E. Além disso, o ambiente de simulação virtual permitiu reduzir custos e otimizar o tempo, seja pelos testes e validações do projeto ainda na fase do robô virtual, ou pela importação dos insumos e o largo prazo de entrega que impedia a construção do robô físico em menos tempo. Sem o robô físico, a programação foi desenvolvida para o ambiente de simulação virtual.

## II. PLATAFORMA OPEN HARDWARE

A equipe Soccer Open buscou a total autoria no desenvolvimento dos robôs, modelando o chassi, prototipação de circuitos impressos, módulos e dispositivos, no intuito de se aproximar das equipes seniores da Small Size, até como processo de transição para os remanescentes quando do ingresso no ensino superior.

### A. Modelagem

O chassi foi modelado com o programa SolidWorks [3] e impresso em policarbonato pela própria equipe. A estrutura é dividida em 3 camadas (Fig. 1 e 2).

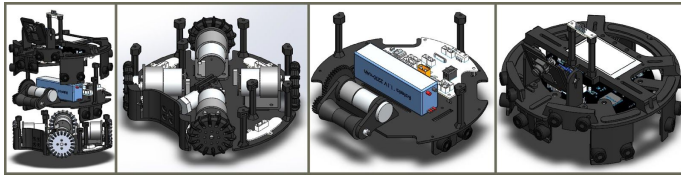


Figura 1. Divisão das camadas do robô.

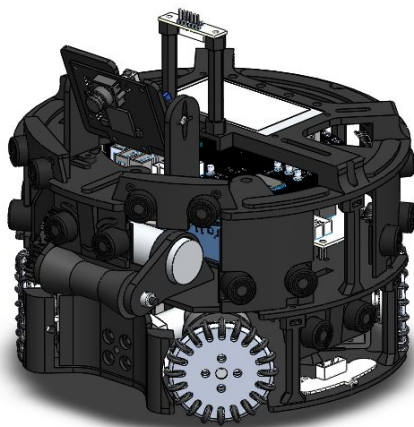


Figura 2. Vista em perspectiva do da modelagem 3D do robô. Na camada inferior (Fig. 3), base de sustentação do robô, estão posicionados os 4 motores de movimentação, a estrutura de chute, os módulos LDR para leitura das linhas do campo, os módulos LDR e LED para posse de bola.

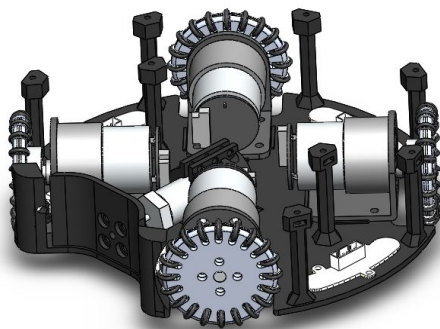


Figura 3. Componentes da camada inferior.

Na camada intermediária (Fig. 4) está posicionada a bateria 11.1V de 2200mA para alimentação do sistema, o circuito secundário e o dispositivo dribbler para posse de bola.

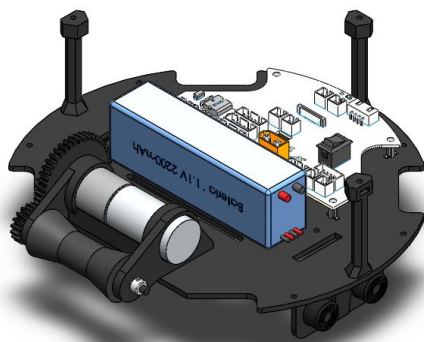


Figura 4. Componentes da camada intermediária.

Com o intuito de reduzir ao máximo a interferência eletromagnética gerada pelos motores, na camada superior (Fig. 5) está posicionado o módulo compass 3 em 1 (magnetômetro, acelerômetro, giroscópio). Além disso, também está localizado o circuito principal, a estrutura omnidirecional da câmera e o display Nextion 3.2”.

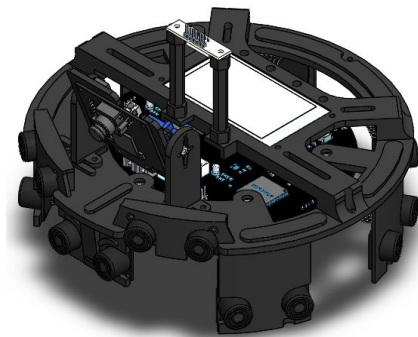


Figura 5. Componentes da camada Superior.

A movimentação do robô consiste no controle da rotação das quatro rodas omnidirecionais (em alumínio) dispostas com ângulos de 45 graus de forma a permitir livre movimentação para todas as direções a partir da combinação de um vetor de deslocamento frontal-esquerda e um vetor de deslocamento frontal-direita (Fig. 6). Esta combinação é baseada no seno e cosseno do ângulo do movimento no círculo trigonométrico.

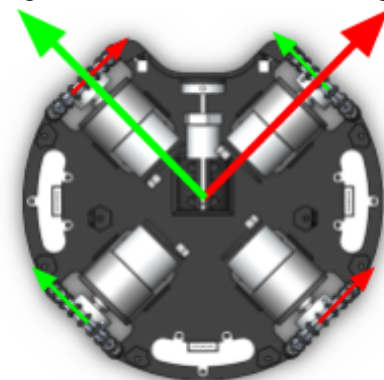


Figura 6. Diagonais de movimentação: diagonal frontal-direita em vermelho; diagonal frontal-esquerda em verde.

### B. Prototipação do circuito

Desenvolvida a partir do programa Altium Designer [4] versão 17, O circuito principal (Fig. 7 e 8) consta com 4 camadas de sinal com dois microcontroladores Atmel SAM3X8E para processamento de dados e controle, escolhido pelo fato de ser o mais potente utilizado dentro da família de circuitos embarcados desenvolvidos pela Arduino. Conectados individualmente a “microchips” atmega16u2 para comunicação USB com o computador, cada um é programado individualmente. Além disso, para expansão das portas analógicas e digitais (PWM) disponíveis para conexão dos sensores se utilizou, respectivamente, os circuitos integrado CD74HC4067 e PCA9685. Para alimentação da

maioria dos dispositivos eletrônicos foi utilizado o LM2576-5.0, que converte 11.1V para 5V. Entretanto, os microcontroladores funcionam somente à 3.3V, portanto utilizou-se o NCP1117ST33T3G para converter 5V em 3.3V. No verso da parte inferior do circuito está embarcado o bluetooth HC-05 para a comunicação entre os robôs.

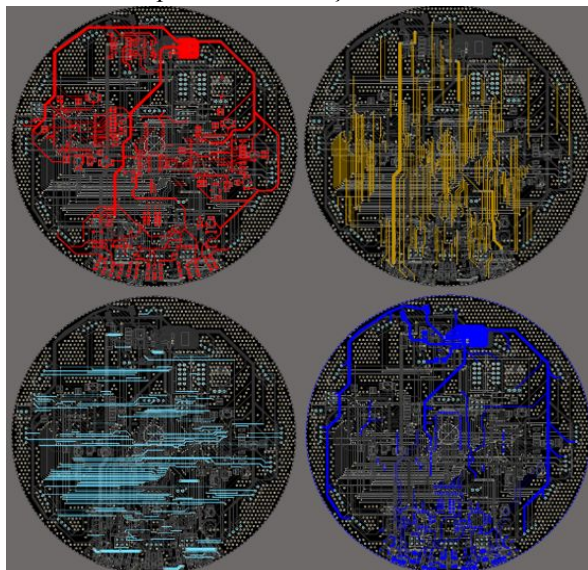


Figura 7. Quatro camadas do circuito principal.

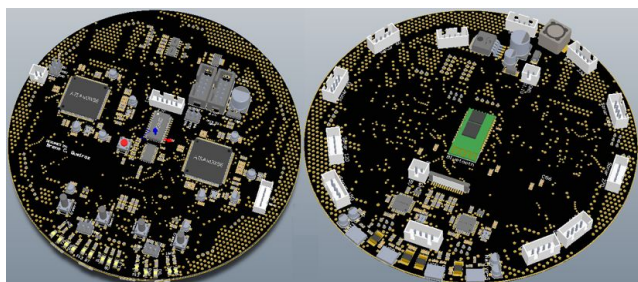


Figura 8. Visualização 3D do circuito principal.

O circuito secundário (Fig. 9 e 10), por sua vez, não executa nenhum processamento de informação. Ao invés disso, esta placa atua no interface para o controle dos motores, a partir de 03 drivers L298P e na transmissão do sinal dos sensores de luz para os microcontroladores. Além disso, também é a partir desta placa de que a energia proveniente da bateria 11.1V de 2200ma entra no circuito e é direcionada para conversão para o nível lógico dos dispositivos eletrônicos no circuito principal.

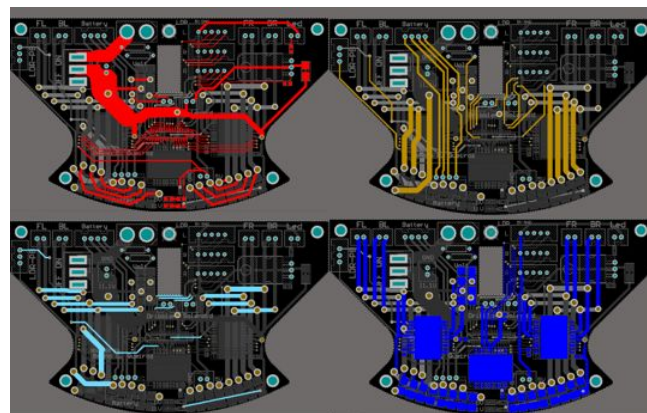


Figura 9. Quatro camadas do circuito secundário.

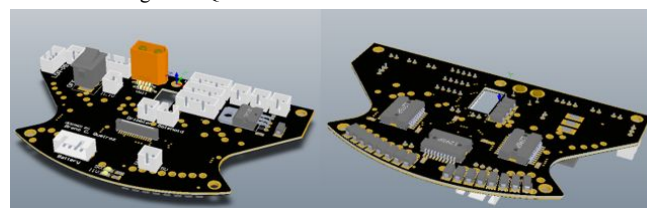


Figura 10. Visualização 3D do circuito secundário.

Entre os módulos de circuitos periféricos desenvolvidos, encontram-se:

- **Módulo Array LDR:** os três módulos com múltiplos LDR na parte inferior da camada inferior do robô são utilizados para a leitura das linhas do campo, no qual cada um possui três sensores LDR e quadro leds 5050. Sendo o último com o intuito de facilitar a leitura do campo.
- **Módulo LED:** este módulo é utilizado para o reconhecimento da bola. Possui somente um led 5050, que foi posicionado em direção ao módulo LDR.
- **Módulo LDR:** constituído de somente um sensor LDR, este módulo tem como função confirmar a posse de bola através da variação da luminosidade “enviada” e “recebida” pelo módulo LED.
- **Adaptador para Compass CMPS11:** criado para melhorar a conexão com o compass CMPS11, a partir do conector JST HX, por facilitar a fixação deste sensor na estrutura.

Além desses módulos, devido ao uso de todas as portas PWM disponíveis no microcontrolador ATSAM3X8E pelos 12 sensores ultrassônicos - que necessitam de um pulso modulado no pino Echo - foi necessário utilizar um módulo PWM para controlar o servo da estrutura omnidirecional da câmera.

### III. ROBOTS SOCCER MAKER INITIATIVE

A Iniciativa Maker para o futebol de robôs promoveu o desenvolvimento de habilidades para a modelagem 3D



(SolidWorks)[3], a prototipação de circuitos impressos (Altium Designer) e a simulação 3D (V-REP)[5], no intuito de reduzir os custos de produção, realizar testes de validação das estratégias, utilizando diagrama de classes (UML) para a utilização da programação orientada a objetos (POO).

#### A. Estratégias de jogo

Durante o jogo, o campo é mapeado como uma matriz de bits de com 182x243 posições, gerando no total uma matriz de 23x31 bytes, de forma a permitir a movimentação e as estratégias de jogo baseados na análise dos objetos desta matriz.

- Para o posicionamento do robô no campo, foi definida a sua posição cartesiana no campo a partir do cruzamento de dados do acelerômetro, giroscópio, bússola e ultrassônicos, de forma a garantir a máxima precisão possível. Como grande parte da movimentação do robô (a leitura e o armazenamento de dados), depende do sua posição no campo, quanto maior a precisão melhor será o desempenho do robô ao se movimentar.
- A partir do conhecimento das coordenadas cartesianas do robô e da leitura dos objetos pela câmera, a posição da bola é determinada de tal forma que possa ser posicionada na matriz de bits do campo.
- A partir do momento que os dois robôs conhecem sua localização X,Y no campo, é possível que os mesmo se alinhem e um chute a bola para o outro. Antes de realizar o “passe” (troca de bola intencional) os dois robôs se comunicam via bluetooth para determinar o momento do passe e a probabilidade dele ser bem sucedido.
- Na cavidade (da camada inferior para contato com a bola) na parte frontal do robô existe um módulo led a esquerda e um módulo LDR à direita. Desta forma, quando a bola entra nesta área, a intensidade de luz que incide sobre o sensor LDR diminui e consequentemente o robô interpreta que está com a posse de bola e começa a girar o rolo de silicone do dribbler, a partir de um motor de 1500RPM.
- A partir da análise da câmera, quando o robô percebe que o gol possui uma abertura suficiente para a entrada da bola, este aciona o solenóide para efetuar o chute da mesma. Além disso, o chute ainda é utilizado no toque entre jogadores.
- A partir da leitura dos sensores ultrassônicos é possível determinar a localização X, Y dos obstáculos no campo, como parede e outros robôs. Desta forma, durante a defesa do gol os robôs utilizam desta informação para bloquearem a máxima área de chute e locomoção do adversário o quanto possível.
- Com o intuito de uma melhor movimentação do robô e a execução de um jogo mais dinâmico com o menor número possível de intervenções do juiz previstas pelas regras da RoboCupJunior [6], os

robôs utilizam a leitura dos sonares durante a movimentação de forma a manter uma certa distância dos obstáculos para evitar choques mecânicos.

Devido à grande quantidade de informações para receber e analisar, o processamento de dados foi distribuído entre os dois microcontroladores. O primeiro é responsável pela movimentação e estratégias de jogo, conectando-se diretamente com os motores, bússola, bluetooth, display Nextion e sensores LDR. O segundo, por sua vez, é responsável pela análise de dados do campo, conectando-se aos 12 sensores ultrassônicos, ao giroscópio, ao acelerômetro, à câmera pixy e ao servo da estrutura omnidirecional da câmera (Fig. 11).

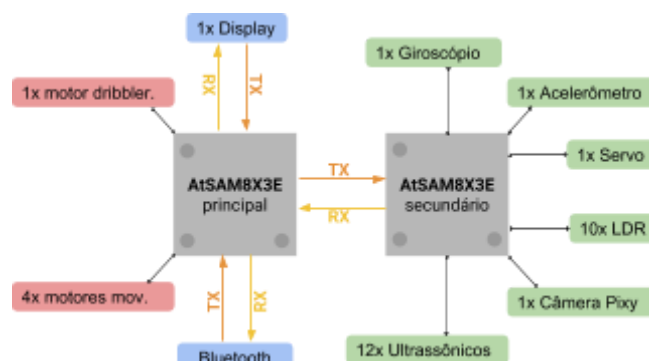


Figura 11. Divisão de processamento entre microcontroladores.

#### B. Comunicação

O envio de dados tanto pela comunicação interna (entre os microcontroladores) e a externa (entre os robôs) ocorre pela manipulação de bytes, otimizando o máximo possível a transmissão de forma a passar o máximo de informação no menor ciclo de tempo possível.

No circuito principal ocorre a comunicação entre os microcontroladores Atmel SAM3X8E, a partir da comunicação serial que utiliza os seus respectivos pinos RX, TX. A partir desta comunicação ocorre o compartilhamento dos principais dados da matriz do campo, como a localização do robô, da bola e de obstáculos próximos, além do envio de dados específicos de sensores quando requerido por um dos microcontroladores.

A comunicação externa é realizada a partir do bluetooth HC-05 embarcado no circuito principal e será utilizado para implementar as seguintes estratégias:

- **Posse de Bola:** com o intuito de evitar a disputa da bola entre os robôs (parceiros do time), eles se comunicam constantemente compartilhando se estão com a posse de bola.
- **Receber/Enviar Posição do Parceiro:** A partir da comunicação bluetooth é possível definir o ângulo que o robô deve passar para chutar, avisar ao outro robô que irá realizar o passe e receber a confirmação de que se o passe foi bem sucedido.
- **Receber/Enviar Posição da Bola:** A partir do compartilhamento constante da posição da bola, os robôs não ficam dependentes de capturar a imagem da bola pela câmera para calcular sua localização. A medida que um calcula onde a bola está, a informação é transmitida para o outro robô.

Para conseguir uma comunicação mais eficiente entre os robôs foram utilizadas algumas estratégias por meio do sistema de transmissão de bytes:

O byte de iniciação (byte I na Fig. 12), que possui um valor específico (diferente dos possíveis para transmissão de dados), indica o começo de uma série de valores a serem recebidos. Este pode ser comparado analogicamente ao códon de iniciação no processo de tradução do RNA mensageiro (Fig. 12), que contém informações para síntese proteica, indicando onde o ribossomo começará a leitura das sequências de códons no RNA para síntese de cadeias de aminoácidos (proteínas).

O byte de confirmação (byte S na Fig. 12) visa garantir a segurança dos dados fornecidos ao robô receptor, contornando eventuais corrupções nos dados durante a transmissão. Este consiste no envio da soma dos valores teoricamente após a sequência de dados, que será comparado no robô receptor com os bytes que foram de fato recebido, a fim de garantir a equidade entre ambos.



Figura 12. Sequência de bytes durante processo de comunicação bluetooth e comparativo com RNA mensageiro.

### C. Movimentação holonômica

A movimentação foi dividida em duas operações, a primeira calcula a potência de cada motor em PWM, de forma a permitir que o robô se movimente baseado em ângulos. A segunda operação, por sua vez, é responsável por manter a frente do robô voltada para um ângulo através das compensações entre os motores na direita e esquerda, permitindo que o robô se mova olhando para a bola. Desta

forma, com a programação independente do ângulo do movimento e o ângulo de rotação do robô, é possível que o robô sempre se movimente com sua frente alinhada com a bola.

### D. Interface gráfica touchscreen

A interface humano-robô será realizada através de um Display Nextion 3,2". As telas foram desenvolvidas através do programa da fabricante, enquanto que as imagens utilizadas nas telas foram criadas pela equipe através do programa Illustrator.

A partir da tela principal (Fig. 13) é possível selecionar ícones que direcionam a navegação para 05 subtelas. O botão central inicializa e para a programação de jogo (alternando entre "play" e "pause"). Na parte superior é possível verificar se o robô está conectado via bluetooth e a carga da bateria.

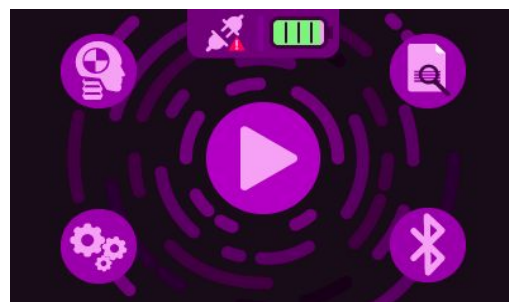


Figura 13. Tela principal desenvolvida para Display Nextion 3,2". Ícones: superior direito - botão tela teste; superior esquerdo - botão tela monitoramento; inferior esquerdo - botão tela ajustes; inferior direito - botão tela bluetooth.

Na tela de testes, (Fig. 14a), é possível testar os motores via PWM, acionar a solenoide e controlar o servo motor. Na tela de monitoramento dos sensores (Fig. 14b), é possível realizar a leitura dos sensores ultrassônicos, compass, acelerômetro, giroscópio e sensores LDR. O botão central inicia e pausa a programação de jogo do robô.

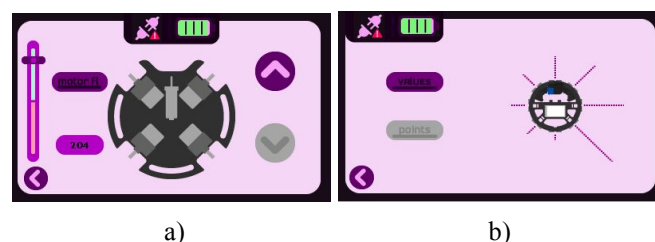


Figura 14. a) Tela para análise dos sensores ultrassônicos; b) Tela para teste dos motores.

## IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da iniciativa maker, a busca constante pelo aprendizado através da autonomia para pesquisas e leituras na solução dos problemas, foi possível simultaneamente inovar no processo de criação de robôs de futebol no clube

de robótica e acelerar a construção e fixação do conhecimento. A partir da maior autonomia do grupo sobre o projeto, obtivemos mais autoconfiança e autodeterminação para a quebra dos horizontes de idealização e desenvolvimento do robô, possibilitando explorar e aprender sobre novas ferramentas e habilidades na busca por abordagens inovadoras sobre o futebol de robôs.

A partir da valorização da pesquisa e aprendizagem sobre o ambiente competitivo, desde a construção do protótipo deste robô, aprofundamos o conhecimento sobre as ferramentas que foram utilizadas anteriormente, como Solidworks e Altium, o que permitiu não só uma melhor distribuição dos sensores na estrutura do robô, mas também a migração do sistema embarcado arduino MEGA para circuitos desenvolvidos pela equipe. Além disso, foi possível explorar a utilização da programação via simulação, que se mostrou eficiente no processo de programação e permitiu realizar testes mesmo sem o robô físico.

## V. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores Fábio Ferreira e Ivisson Valverde pela orientação no processo de solução de problemas e validação de ideias. À empresa CIC Robotics Serviços Educacionais por proporcionar um espaço de criatividade e inovação aos membros do clube através da Robótica Educacional. Ao Colégio Cândido Portinari pelo suporte ao projeto. E às famílias, colegas, professores e funcionários da escola pelo apoio indireto e promoção de ideias.

## VI. REFERÊNCIAS

- [1] Deitel, Harvey; Deitel, Paul, C++ como programar. 5a. ed. Pearson Education, 2006.
- [2] Queiroz, Breno; Ferreira, Fábio; Valverde, Ivisson. Robots soccer maker initiative: O desafio maker para desenvolver um protótipo de robô de futebol open hardware baseado no modelo da RoboCupJunior. 2018
- [3] Solidworks, acessado em Jan. 26, 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.solidworks.com/>
- [4] Altium Designer, acessado em Jan. 26, 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.altium.com/>
- [5] V-Rep, acessado em Jan. 26, 2018. [Online]. Disponível em: <http://www.coppeliarobotics.com/>
- [6] RoboCupJunior Soccer - Rules 2018, acessado em Jan. 20, 2018. [Online]. Disponível em: [http://rcj.robocup.org/rcj2018/soccer\\_2018.pdf](http://rcj.robocup.org/rcj2018/soccer_2018.pdf)