

Equipe UFRBots: TDP da categoria IEEE Very Small Size Soccer

Kevin L. dos Santos¹, Lucas L. R. da Silva², Victória Emanuela A. Oliveira³, Vitor da S. Dias⁴, João C. N. Bittencourt⁵, Paulo F. F. Rocha⁶ e André L. C. Ottoni⁷,

Abstract—*This TDP presents a description of the structural functioning of the UFRBots Team, from the Federal University of Recôncavo da Bahia, in its third participation in robot soccer. The work is developed in studies proposed by the team in the areas of Artificial Intelligence, Strategies, Electronic and Mechanical Structures for the Brazilian Robotics Competition in the IEEE Very Small Size category.*

Resumo — Este TDP apresenta uma descrição de funcionamento estrutural da Equipe UFRBots, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, na sua terceira participação para futebol de robôs. O trabalho é desenvolvido em estudos propostos feitos pela equipe nas áreas de Inteligência artificial, estratégias, estruturas eletrônicas e mecânica para a Competição Brasileira de Robótica na categoria IEEE Very Small Size.

I. INTRODUÇÃO

A UFRBots é a equipe de futebol de robôs da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), sendo constituída por discentes e docentes dos cursos de Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas (BCET), Engenharia de Computação, Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica. Criada em 2018, a equipe surgiu com o principal intuito de estimular o interesse pelas ciências exatas de toda comunidade através do futebol de robôs, promovendo atividades de pesquisa, ensino e extensão. Além do *IEEE Very Small Size* (VSS), a equipe também atua na categoria de *RoboCup Simulation Soccer 2D*.

O projeto já gerou grandes resultados, através de projetos de extensão envolvendo o ensino de robótica atrelado ao futebol de robôs simulado, no qual foi possível realizar atividades básicas e avançadas com a comunidade acadêmica e externa, gerando interesse sobretudo em alunos do ensino médio da região.

Em 2021, foi realizado uma semana da robótica em formato online, onde teve palestras e mesas redondas sobre a área de robótica, e também uma pequena competição de futebol de robôs entre dos integrantes do projeto Ituberabots, um projeto desenvolvidos pelos integrantes da UFRBots em parceria com o município de Ituberá, e de outros projetos de extensão. Além disso, a UFRBots durante o desenvolvimento do time contou publicações de artigos no CBA [1] e

[2], publicação de um resumo sobre o projeto de extensão UFRBots Arduino [3] no CBEU.

Desde 2020, com o início da pandemia por conta do COVID-19, a equipe não pôde dar prosseguimento ao processo de construção do protótipo do robô da categoria Very Small Size (VSS). Entretanto, a CBR 2022 dando sequência a realização online na categoria VSS Simulado 5x5, a equipe UFRBots convergiu mais uma vez seus esforços para participar da competição.

Durante a CBR 2021, na fase de grupos da categoria VSS Simulada 3x3 a equipe participou de 6 jogos, após esta fase iniciaram os jogos de repescagem para as eliminatórias. Porém nessa etapa, a equipe perdeu e acabou sendo eliminada. Ao fim da competição, a equipe UFRBots marcou 13 gols e sofreu 74.

O objetivo deste TDP é explicar o desenvolvimento do time da UFRBots, explicar as mudanças para a categoria VSS Simulada 5x5 e apresentar seus avanços em relação às últimas participações da equipe na Competição Brasileira de Robótica (CBR). Estas participações ocorreram nas edições de 2020 e 2021, sendo na qual durante a última edição o time obteve 7 vitórias ao longo da competição.

O presente artigo está dividido nos seguintes tópicos: Projeto Mecânico, Estrutura Eletrônica, Controle, Estratégias, Publicações e Projetos, Conclusão.

II. PROJETO MECÂNICO

A. Estrutura

Devido a pandemia, o projeto acabou se atrasando e dessa forma não foi possível concluí-lo a tempo para a competição. Entretanto, as pesquisas e buscas por aperfeiçoamento seguem sendo realizadas para que tenhamos um projeto sólido para próxima competição física de futebol de robôs.

Durante as pesquisas, foi notado que o polímero ABS, possui boas características mecânicas como baixa densidade e boa resistência, além do baixo custo de fabricação através de impressora 3D. Diante disso, optou-se pela utilização deste material para a confecção do chassi e case. A regra da categoria permite que todos os jogadores possam cobrir no máximo trinta por cento do diâmetro da bola [4]. Desta forma foi decidido que todos os jogadores terão aberturas para condução da bola em ambos os lados permitindo uma maior agilidade ao jogador. Já a parte interna do chassi, foi projetada para alocar o microcontrolador e a bateria conforme suas dimensões como observado na Fig 1.

¹Kevin L. dos Santos, kevinluis81@gmail.com

²Lucas L. R. da Silva, lucaslopes0799@yahoo.com.br

³Victória E. A. Oliveira, alves.victoria.e@gmail.com

⁴Vitor da S. Dias, vitordias@aluno.ufrb.edu.br

⁵João C. N. Bittencourt, joaocarlos@ufrb.edu.br

⁶Paulo F. F. Rocha, pfabio.rocha@ufrb.edu.br

⁷André L. C. Ottoni, andre.ottoni@ufrb.edu.br

* Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil

B. Motor e rodas

O conjunto responsável pela mobilidade permaneceram inalterados em relação ao ano anterior. Os atuadores escolhidos foram: micromotores de 6V 300RPM com caixa de redução de 100:1 que possui alta qualidade e ótima potência para suas dimensões. Será utilizada uma roda compacta de 34mm e espessura de 8mm representada pela Fig 2. A roda possui um pneu em material emborrachado e com frisos para uma melhor aderência ao campo. Será utilizado também uma roda boba, não tracionada, do tipo esfera deslizante para manter o equilíbrio do robô [5].

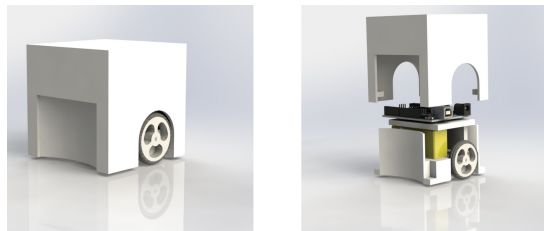


Fig. 1. Modelagem da estrutura do robô.

Fonte: acervo do autor.



Fig. 2. Conjunto de motor e roda.

Fonte: <https://www.pololu.com/category/60/micro-metal-gearmotors>.

III. ESTRUTURA ELETRÔNICA

A estrutura eletrônica é responsável em fazer uma “ligação” entre os comandos e os robôs, interpretando os comandos digitais, definidos pela estratégia da equipe, em ações físicas dos robôs [6]. Além de ser responsável pela alimentação elétrica (potência) dos robôs. Pode-se então determinar como as principais funções do sistema eletrônico: a recepção de comandos enviados pelo computador, o controle do motor e da velocidade das rodas, além do acionamento elétrico dos robôs. O sistema eletrônico, dessa forma, busca fazer as projeções para que seja possível executar, da melhor forma as linhas de ação elaboradas pela estrutura computacional da equipe com relação ao robô, principalmente nos âmbitos de controle e potência.

Soluções e implementações de forma simulada, assim como testes em um protótipo físico vêm sendo elaboradas nas áreas de controle e potência de um robô da categoria VSS. Por ter baixo custo, tamanho e consumo de energia, o microcontrolador é necessário nesse projeto. Ele faz muito

bem o papel de conversão de dados de comando entre o computador remoto e o robô através de uma comunicação sem fio [7]. Todo processo de controle dos motores, comunicação e leitura dos encoders está implementado neste microcontrolador, que conta com o auxílio de encoders acoplados nas rodas, que realizam as medições de velocidade de cada uma das rodas, e então enviam através de um sinal PWM para uma ponte-H que gera a corrente para acionamento dos motores, controlando o sentido de rotação e a velocidade dos mesmos.

Os robôs da equipe utilizarão um microcontrolador Atmega328 acoplado em um arduino modelo UNO R3, que conta com 14 pinos de entrada/saída digital, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM [8]. Além disso, o microcontrolador possui uma série de opções para sua comunicação sem fio com o computador remoto, sendo suportados comunicações via Bluetooth, Ethernet Shield e de módulos de transmissão e recepção usando radiofrequência. Um módulo de transmissão de dados bastante utilizado é um shield do arduino que usa comunicação do tipo ZigBee, chamado Xbee [9]. Com ele é possível receber as instruções do computador remoto e repassá-las ao microcontrolador.



Fig. 3. Arduino UNO R3.

Fonte: Arduinolândia.

O Arduino possui sua própria plataforma de linguagem, baseada na linguagem Wiring (sistema de código aberto para hardware e software), que de forma prática e simples pode proporcionar a utilização de técnicas de controle como PID [10]. Juntamente com as medições feitas pelos encoders nas rodas, um controlador PID pode ser usado para ajustar as velocidades dos motores. O Atmega328 no arduino possui pré-gravado um bootloader que permite enviar códigos novos sem a utilização de um programador de hardware externo.

O módulo arduino pode ser alimentado de forma externa por uma bateria, através dos pinos Gnd e Vin, os conectores da bateria podem ser diretamente inseridos. A placa funciona com uma fonte de alimentação externa de 6 a 20 volts, facilitando por exemplo, o uso da bateria Li-Po de 7,4 Volts

proposta para alimentação de todo circuito elétrico do robô da equipe.

IV. CONTROLE

Para manter o robô na posição e velocidade adequada em cada estratégia, é muito importante que sejam analisados todos os dados obtidos para que assim, seja executado da melhor forma possível a calibragem, e então maximizar seu movimento. A lei de controle utilizado pela nossa equipe de futebol de robô é a técnica PI, sua escolha foi feita pelo seu alto desempenho sobre grande faixa de condições operacionais e principalmente pela sua praticidade de funcionamento.

O controlador PI funcionará basicamente calculando o erro, para que possa ser ajustada a posição atual do robô e a posição pretendida. Para implementação do PI, é necessário considerar dois parâmetros de correlação, são eles: o ganho proporcional K_p e o ganho integrativo K_i .

O termo proporcional faz uma relação proporcional ao erro. É calculado da seguinte maneira:

$$P = K_p e(t) \quad (1)$$

Em que K_p é a constante do ganho proporcional e $e(t)$ corresponde ao erro medido.

O termo integrativo será o erro acumulado em determinado tempo. Este fator é calculado da seguinte maneira:

$$I = K_i \int_0^\tau e(\tau) d\tau \quad (2)$$

Em que K_i é a constante do ganho integrativo e $e(\tau)$ corresponde ao erro no instante τ .

Dessa forma o controlador PI gera os dois ganhos para gerar a saída de sinal contínuo descrita da forma:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (3)$$

Com $u(t)$ sendo o erro que deve ser adicionado ao valor que está sendo usado.

V. ESTRATÉGIAS

A definição do comportamento tático e estratégico de um time de futebol de robôs é uma das etapas de extrema importância, sendo o responsável por determinar o comportamentos dos agentes e estabelecer as ações que serão aplicadas em diversas situações do jogo. Mediante este desafio diversas técnicas de Inteligência Artificial (IA) podem ser aplicadas dentre elas podemos destacar as seguintes o Aprendizado por Reforço [11] e as Redes Neurais Artificiais [12].

A. Goleiro

Caso a bola esteja em posse do nosso time, é adotada uma postura onde o goleiro fica ao centro e mais à frente da linha do gol, adotando medidas pré-estabelecidas, porém, quando a bola está em posse do time adversário, o mesmo recua e adota uma posição defensiva ao centro do gol, rente a linha da bola, onde, se a bola ultrapassar a linha da área onde o mesmo se encontra, ele vai de encontro a bola adotando medidas pré-estabelecidas.

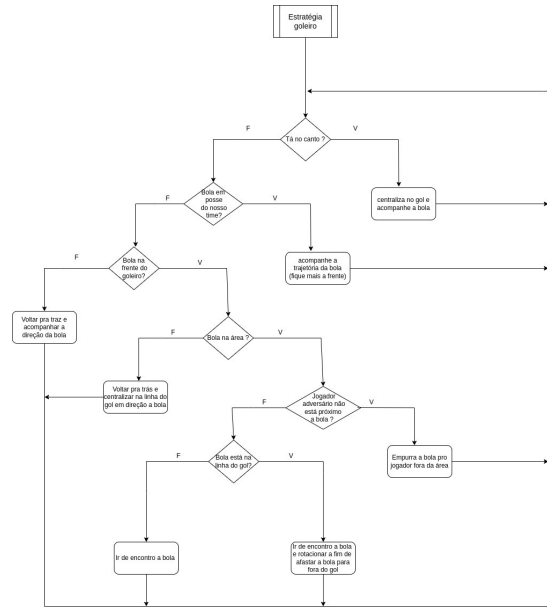


Fig. 4. Fluxograma do Goleiro.

B. Ataque

O time realizará algumas rotinas definidas: A primeira delas será para identificar a posição da bola no campo e então determinar se o sistema irá atuar em modo de ataque ou defesa. Se a posição da bola estiver mais próxima de um agente do time e na parte defensiva do time adversário, os demais agentes se posicionarão de forma a promover um suporte numérico ao agente que está mais próximo da bola, promovendo uma maior investida ofensiva. Outra rotina será responsável por identificar as bordas e as zonas propícias para finalização.

C. Defesa

De forma similar às estratégias de ataque o sistema defensivo terá rotinas específicas para identificação de bordas, bola, agentes e do próprio gol. O método utilizado para evitar as colisões entre os agentes do time baseia-se no cálculo de distância entre os agentes e a bola. Desta forma será designado ao agente mais próximo o dever de realizar a interceptação/defesa.

D. Simulador

O ambiente simulado em que a competição está sendo realizada é constituído pelos módulos *FIRASIM* e *VSS-Referee*. O *FIRASIM* é o módulo responsável por gerenciar os elementos de campo. Este módulo realiza a instância das marcações do campo de jogo (área de meta, linha de meta, círculo central, linhas lateral e central, bola, etc.) e posiciona os respectivos times no campo [13].

O módulo *VSS-Referee* é encarregado da arbitragem automática do jogo, diminuindo a necessidade da intervenção humana em campo. Deste modo, as equipes podem capturar os dados provenientes do árbitro e para contribuir no desenvolvimento estratégico dos seus robôs [14].



Fig. 5. FIRASIM.



Fig. 6. VSSReferee.

VI. PUBLICAÇÕES E PROJETOS

Além da elaboração de times de futebol de robôs nas categorias Very Small Size e Simulação 2D, nossa equipe trabalha na execução de projetos de extensões e iniciações científicas, assim como publicações de artigos.

A. Publicações

- Metodologia Extensionista para o Ensino de Futebol de Robôs - objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de metodologia extensionista para o ensino de futebol de robôs [2].
- Metodologia extensionista para o ensino de sistemas microcontrolados - este resumo apresenta a metodologia utilizada para o ensino virtual de sistemas microcontrolados utilizando a plataforma Arduino [3].
- Desenvolvimento de uma Interface Gráfica Didática para o Ensino de Aprendizado por Reforço com Futebol de Robôs - Este artigo apresenta uma interface gráfica para a realização de experimentos de Aprendizado por Reforço (AR) aplicado ao domínio do futebol simulado [1].
- Uma Revisão sobre tecnologias Aplicadas ao Futebol de Robôs - Este artigo apresenta uma visão geral dos principais aspectos envolvidos no desenvolvimento de um time de futebol de robôs. Dentre as principais contribuições, apresenta-se uma revisão sobre as tecnologias mais utilizadas no futebol de robôs nos últimos anos [15].
- Metodologia extensionista para o ensino virtual de Inteligência Artificial e robótica em ambientes virtu-

ais de aprendizagem - Artigo aprovado no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2022.

- ITUBERÁBots: uma visão extensionista para o futebol de robôs no baixo Sul da Bahia - Artigo aprovado no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2022.

B. Projetos de Extensão

- UFRBots: uma visão extensionista para o futebol de robôs no Recôncavo da Bahia, 2020.
- UFRBots Arduino: uma visão extensionista para o ensino de sistemas microcontrolados, 2020.
- UFRBots IA: uma visão extensionista para o ensino de Inteligência Artificial e Robótica no Recôncavo da Bahia, 2021.
- UFRBots VSS-Hard: uma abordagem extensionista para promoção da ciência, tecnologia, engenharia e matemática no Recôncavo da Bahia, 2021.
- UFRBots VSSim: uma visão extensionista para o ensino de futebol de robôs simulado no Recôncavo da Bahia, 2021.
- UFRBots IA: uma visão extensionista para o ensino de Aprendizado de Máquina no Recôncavo da Bahia, 2022.

C. Iniciação Científica

- Modelagem e Controle de Robôs Móveis Aplicados a Categoria Very Small Size de Futebol de Robôs, 2020-2021.
- Concepção de Robô para Competições da Categoria IEEE Very Small Size Soccer, 2021-2022.
- UFRBots-Vision: Um estudo aplicado ao desenvolvimento de técnicas e algoritmos de Visão Computacional para o futebol de robôs na categoria IEEE Very Small Size, 2021-2022.
- MultiPath: Planejamento autônomo de Rotas em Ambiente Multi-agente Dinâmico, 2022-2023.

VII. CONCLUSÃO

Este trabalho descreve o desenvolvimento da Equipe de Futebol de Robôs - UFRBots, para a participação da categoria Very Small Size.

Com o projeto ainda em andamento, pequenas mudanças podem acontecer. Neste sentido, elencamos como trabalhos futuros a concretização do desenvolvimento do robô e dos sistemas de controle, visão e estratégia, bem como, o recorrente aprimoramento dos algoritmos ligados ao setor de visão e inteligência artificial. Assim, espera-se obter um time competitivo em auto nível para a disputa de competições nacionais. Dado que, desde a última competição aconteceram avanços tanto no setor técnico, quanto no amadurecimento da equipe num todo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido dentro do contexto do projeto de pesquisa "UFRBots: Equipe de Futebol de Robôs da UFRB" (código de projeto 2372/PPGCI). Além disso,

a equipe conta com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão (Proext/UFRB) e CETEC/UFRB, e também a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

REFERENCES

- [1] H. S. de Jesus and A. L. C. Ottoni, “Desenvolvimento de uma interface gráfica didática para o ensino de aprendizado por reforço com futebol de robôs,” in *Congresso Brasileiro de Automática-CBA*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [2] H. S. de Jesus, J. A. M. P. de Jesus, A. dos Santos, A. L. C. Ottoni, J. C. N. Bittencourt, and P. F. F. Rocha, “Metodologia extensionista para o ensino de futebol de robôs,” in *Congresso Brasileiro de Automática-CBA*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [3] K. L. dos Santos, W. C. de Jesus, E. S. Santos, G. S. dos Santos, L. L. da Silva, F. V. de Jesus, M. N. Tavares, H. S. de Jesus, P. F. Rocha, J. C. Bittencourt *et al.*, “Metodologia extensionista para o ensino de sistemas microcontrolados,” in *Congresso Brasileiro de Extensão Universitária-CBA*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [4] G. da Cruz Santos, R. Mercês, F. Pimentel, F. Sapucaia, C. Laranjeira, J. R. de Souza, and N. d. A. de Computadores, “Evolução do projeto de robôs para liga de futebol very small size soccer,” in *XIII Workshop de Trabalhos de Iniciação Científica e Graduação da Escola Regional de Computação Bahia-Alagoas-Sergipe-2015, Salvador, BA, Brazil*, 2015, pp. 39–48.
- [5] A. O. Gomes, A. R. Paula, B. B. Martins, B. L. Oliveira, D. F. Silva, E. H. Quijano, L. S. Assis, N. J. Dias, O. S. Mortosa, P. S. Alves *et al.*, “Pequi mecânico ieee vss soccer team-cbr 2017,” vol. 2, no. 1, 2017.
- [6] É. S. Pinto, “Desenvolvimento de robôs capazes de disputar uma partida de futebol da categoria ieee very small size,” 2017.
- [7] Á. H. Lacerda, A. D. Müller, C. L. Paula, G. E. Takaki, G. Monteiro, M. N. Diniz, L. P. Eleutério, N. T. de Oliveira, V. Curti, V. M. Barbosa *et al.*, “Desenvolvendo um time de futebol de robôs da categoria very small size-ieee,”
- [8] P. S. de Campos, L. R. V. Antunes, T. S. de Oliveira, V. A. Maegima, L. P. M. Ribeiro, I. B. D. Santana, C. P. Santana, P. C. Mendonça, R. G. Avila, P. A. de Oliveira *et al.*, “Robok very small size tdp,” *Latin American Robotics Competition*, 2013.
- [9] A. M. Bernardo, Y. d. M. Dórea, L. C. Ramos, L. B. Farçoni, G. C. de Oliveira, P. A. Justino, R. Dalapicola, J. C. Aranha, R. G. Lang, R. A. Romero *et al.*, “O sistema do time de futebol de robôs warthog robotics vss,”
- [10] O. Katsuhiko, “Engenharia de controle moderno,” *KATSUHIKO Ogata, 5th Ed. 801p*, 2011.
- [11] M. Abreu, L. P. Reis, and N. Lau, “Learning to run faster in a humanoid robot soccer environment through reinforcement learning,” in *RoboCup 2019: Robot World Cup XXIII*, S. Chalup, T. Niemueller, J. Suthakorn, and M.-A. Williams, Eds., 2019, pp. 3–15.
- [12] M. Riedmiller, T. Gabel, R. Hafner, and S. Lange, “Reinforcement learning for robot soccer,” *Autonomous Robots*, vol. 27, no. 1, pp. 55–73, 2009.
- [13] GITHUB. (2022) Vssleague / firasim. [Online]. Available: <https://github.com/VSSLeague/FIRASim>
- [14] —. (2022) Vssleague / vssreferee. [Online]. Available: <https://github.com/VSSLeague/VSSReferee>
- [15] W. C. de Jesus, E. S. Santos, G. S. dos Santos, L. L. da Silva, F. V. de Jesus, M. N. Tavares, K. L. dos Santos, H. S. de Jesus, P. F. Rocha, J. C. Bittencourt *et al.*, “Uma revisão sobre tecnologias aplicadas ao futebol de robôs,” in *Congresso Brasileiro de Automática-CBA*, vol. 2, no. 1, 2020.