

UERJBotz VSSS 2023 Team Description Paper

Luis Felipe Monteiro da Fonte¹, Theo de Quadros Albuquerque², Arthur Araujo Aguiar³,
Kaio Matheus de Araujo Fernandes⁴, Yuri Pereira Gomes⁵, Isabela Dias de Souza Sant'Ana⁶
e Téo Cerqueira Revoredo⁷

Abstract—The UERJBotz team faced a multidisciplinary challenge when debuting in the IEEE, Standard Educational Kit (SEK), and Very Small Size Soccer (VSSS) categories of robotics. Throughout the project, the team developed the robots' chassis using CAD software Onshape and 3D printing with PETG material. Differential traction locomotion, employing N20 motors, was implemented to ensure precise movement. The electronic system featured the ESP8266 microcontroller and DRV8833 H-bridge, enabling efficient motor control. Object recognition was achieved through computer vision with the OpenCV library. Communication via ESPNOW protocol and trajectory planning using the A* algorithm complemented the approach. The synergy between knowledge areas and the relentless pursuit of innovation allowed the UERJBotz team to overcome obstacles and achieve promising results in their debut in these robotics categories.

I. INTRODUÇÃO

A UERJBotz é uma equipe de robótica associada à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), comprometida desde 2013 com o progresso e realização de projetos em diversas categorias dentro do campo da robótica. Neste contexto, o time tem como objetivo fazer sua estreia nas categorias IEEE, Standard Educational Kit (SEK) e Very Small Size Soccer (VSSS).

Este ano representa a primeira participação da equipe nessas categorias, constituindo-se, portanto, em um período marcado por diversos desafios, que foram abordados e superados ao longo do trajeto com base em intensa pesquisa, simulações e experimentos. O futebol de robôs é uma empreitada multidisciplinar que demanda a colaboração e sinergia de áreas como mecânica, eletrônica e computação.

II. MECÂNICA

A. Carcaça

A estrutura dos robôs foi concebida através do software CAD Onshape, garantindo a conformidade com as normas da competição, que exigem dimensões externas próximas, mas inferiores a 75 x 75 x 75 mm. Para a fabricação das peças, foi utilizada uma impressora 3D do tipo FDM, empregando o material PETG devido à sua superior resistência em relação

a outros materiais como o PLA, bem como a facilidade de impressão em impressoras abertas, em comparação com materiais como o ABS. Ademais, o PETG é reconhecido por apresentar mínimas variações nas dimensões, mantendo a fidelidade das medidas em relação ao desenho original.

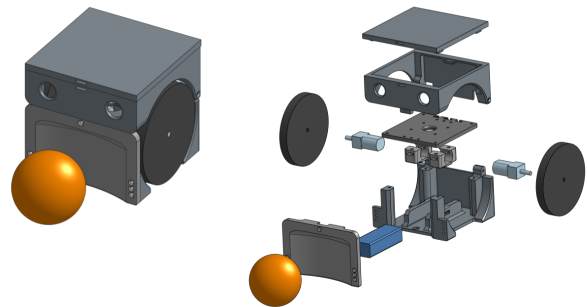


Fig. 1. Carcaça dos robôs

B. Locomoção

O robô adota o método de locomoção com tração diferencial, onde a movimentação é realizada através de dois motores alinhados em relação aos seus eixos, porém operando em sentidos opostos. A velocidade de deslocamento v está diretamente relacionada com a velocidade média das rodas. A trajetória do robô é ajustada variando a diferença de velocidade entre as rodas, permitindo que ele percorra trajetórias em arco ou realize rotações em torno de seu próprio eixo de rotação.



Fig. 2. Motores N20 e Rodas

Para a implementação desse sistema, foram utilizados dois motores do tipo N20 com Imãs permanentes, os quais possuem uma tensão nominal de 6V e operam com uma velocidade sem carga de 500RPM. Esses motores são do tipo CC (corrente contínua) escovado e são amplamente reconhecidos por sua eficiência e aplicabilidade em projetos robóticos.

¹Luis Felipe, Engenharia Elétrica. <https://github.com/luisf18>

²Theo, Ciência da Computação. <https://github.com/theo-al>

³Arthur, Ciência da Computação. <https://github.com/arthuraguilar032/>

⁴Kaio, Engenharia Elétrica. kaio.af10contato@gmail.com

⁵Yuri, Engenharia Elétrica.

⁶Isabela, Engenharia Ambiental e Sanitária.

⁷Téo, Departamento de Engenharia Eletrônica e Telecomunicações, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. teorevored@uerj.br

C. Etiquetas

As etiquetas foram confeccionadas em EVA (Etileno Vinil Acetato) e fixadas em peças removíveis, permitindo sua substituição conforme a cor do time.

III. ELETRÔNICA

A eletrônica dos robôs é composta por três componentes fundamentais, desempenhando papéis essenciais no funcionamento do sistema robótico. Em primeiro lugar, a bateria assume a responsabilidade de fornecer a energia elétrica necessária para alimentar todos os dispositivos presentes no robô.

Em seguida, a placa de controle tem um papel central na operação do robô, recebendo os comandos enviados pelo computador e processando-os adequadamente. Esse processamento inclui a modificação da velocidade dos motores para ajustar suas ações de acordo com as instruções recebidas.



Fig. 3. Ponte H, DRV8833

Por fim, a ponte H atua como a interface entre os motores e a placa de controle, possibilitando o controle preciso da velocidade e direção dos motores. Essa funcionalidade permite ao robô mover-se de maneira precisa e coordenada, em conformidade com as decisões tomadas pela placa de controle. A interação eficiente desses componentes é crucial para garantir o correto funcionamento do robô, permitindo sua locomoção e desempenho satisfatórios durante a competição.

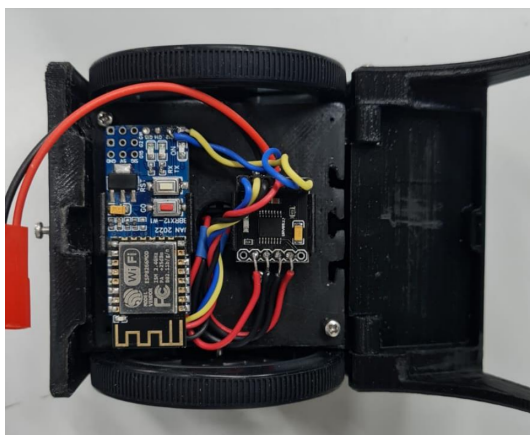


Fig. 4. Circuito posicionado dentro do robô

O circuito de controle foi desenvolvido em torno do microcontrolador ESP8266, que foi escolhido devido à sua

capacidade de processamento adequada, baixo consumo de energia, tamanho reduzido e conectividade em 2.4GHz. A utilização do protocolo ESPNOW proporcionou uma vantagem significativa ao simplificar o hardware, eliminando a necessidade de um módulo separado de rádio. Ademais, facilitou a montagem do transmissor, permitindo que qualquer dispositivo ESP8266 ou ESP32 capaz de comunicar-se via porta serial com o computador pudesse ser utilizado.

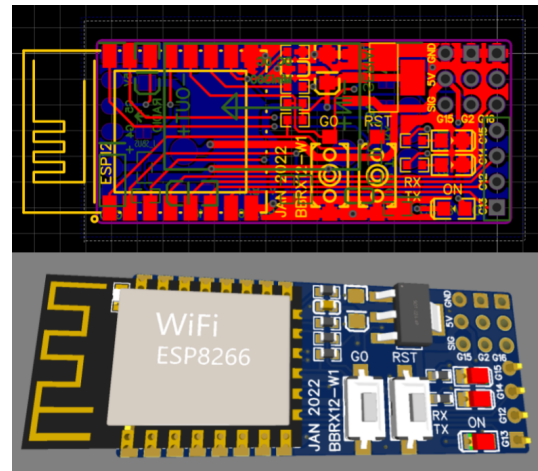


Fig. 5. Circuito de controle

A alimentação do circuito é assegurada por uma bateria de íons de lítio (LiPo) 2S com capacidade de 300mAh. Para possibilitar o controle dos motores, foi selecionada a ponte H DRV8833, cuja especificação técnica inclui a capacidade de fornecer até 1,5A de corrente contínua e até 3A de corrente de pico.



Fig. 6. Bateria

IV. COMUNICAÇÃO

A comunicação entre o computador e os robôs é estabelecida através do protocolo ESPNOW. A escolha deste protocolo se deve a sua baixa latência, simplicidade de implementação (necessitando apenas de um microcontrolador da empresa ESPRESSIF) e a diversas aplicações bem sucedidas em nossa equipe e em outras equipes, inclusive no VSSS. Nesse protocolo, o transmissor realiza o envio das velocidades dos robôs via *broadcasting*. Os robôs, por sua vez, recebem essas informações e aplicam-nas aos motores, ajustando suas velocidades conforme necessário. A

frequência de atualização dos pacotes enviados é determinada pelo programa de controle que executa as jogadas no computador.

O pacote de dados enviado para todos os robôs contém respectivamente: uma chave identificadora do pacote, 3 pares de valores inteiros que representam as velocidades das rodas de cada robô, e um verificador que é a soma de todos os valores transmitidos.

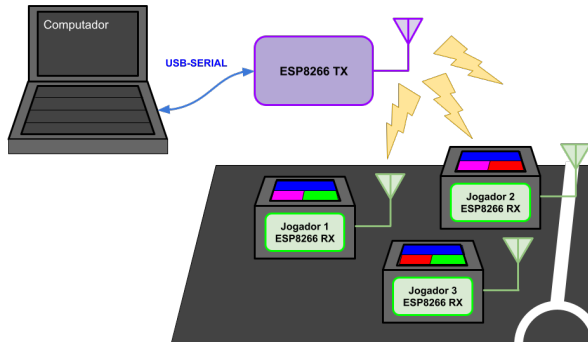


Fig. 7. broadcasting, do computador para os jogadores

A interação entre o programa de controle e o transmissor ocorre através da comunicação via porta Serial. As velocidades dos robôs são transmitidas em formato de texto e organizadas em pacotes com uma formatação específica, que permite a diferenciação das velocidades das rodas de cada jogador. Essa estrutura de comunicação proporciona uma eficiente troca de informações entre o computador e os robôs, possibilitando uma sincronização adequada do controle e das ações realizadas durante o jogo.

V. CONTROLE

A modelagem cinemática é um método utilizado para determinar a velocidade das rodas de um robô com base na trajetória escolhida. No entanto, durante a operação do robô, várias perturbações podem ocorrer, como colisões com outros jogadores, deslizamento das rodas e efeitos de inércia devido à massa do robô. Para garantir que o robô siga a trajetória desejada, é necessário utilizar um sistema de realimentação, fechando a malha de controle. Nesse contexto, o algoritmo PID (Proporcional-Integral-Derivativo) empregado, é aplicado em duas malhas de controle distintas: uma para controlar a velocidade angular e outra para controlar a velocidade de deslocamento do robô. O sensoriamento é realizado apenas por meio de dados obtidos por visão computacional, enquanto os atuadores utilizados são os motores presentes nos robôs.

VI. RECONHECIMENTO

Nesta seção, abordamos o desenvolvimento do sistema de visão computacional voltado ao reconhecimento e posicionamento da bola e dos robôs no campo de jogo na modalidade VSSS (Very Small Size Soccer). Nosso principal objetivo é alcançar informações precisas com mínima latência e

margem de erro reduzida para aprimorar nossas estratégias durante as competições.

Para atingir esse propósito, nossa equipe utiliza um software de visão computacional desenvolvido em C++ pela equipe RobôCIn, com base na biblioteca OpenCV, para processar as imagens obtidas pela câmera. Esse sistema é projetado para detecção das cores presentes na parte superior de cada robô. A captura das imagens é realizada com a Webcam Lenovo 300 FHD, que possui um sensor CMOS Full HD de 2 megapixels com captura a 30 FPS. Optamos por essa câmera por disponibilidade, visto que era uma ferramenta que a equipe já possuía, e por ter tecnologia USB *plug-and-play* de fácil configuração.

O processamento de imagem envolve etapas de pré-processamento, segmentação e identificação dos objetos de interesse. Por meio de técnicas de filtragem, melhoramos a qualidade das imagens captadas pela câmera e realizamos a segmentação por cores para identificar os robôs e a bola no campo.

Vale ressaltar que antes de cada partida, realizamos a calibração da câmera, considerando as condições de iluminação ambiente, o que assegura uma precisão ainda maior no reconhecimento dos elementos em jogo. Essa abordagem é essencial para obter resultados confiáveis e aprimorar o desempenho da equipe durante as competições de futebol de robôs.

VII. PLANEJAMENTO DE TRAJETÓRIA

Nesta seção, apresentamos nossa abordagem de planejamento de trajetória utilizando o algoritmo A* implementado em Python[7]. O objetivo é encontrar o caminho mais curto, considerando a presença de obstáculos (jogadores) em uma grade de posições.

O algoritmo A* emprega uma heurística de distância em conjunto com um processo de busca similar ao algoritmo de Dijkstra para otimizar a busca pelo caminho ótimo, priorizando os passos com as menores distâncias esperadas e registrando a sequência dos passos tomados. A escolha desse algoritmo foi motivada principalmente pela familiaridade com o algoritmo e por ser de fácil implementação — fato impulsionado, ainda, pela quantidade de materiais, explicações e implementações-modelo disponíveis —, além disso, foi importante a observação de que roda em tempo suficientemente curto, tornando-o adequado para o contexto do nosso projeto.

Nossa abordagem tem como propósito garantir que os robôs possam se movimentar de forma inteligente pelo campo, contornando obstáculos e alcançando suas posições de destino de maneira eficiente. Por meio do planejamento de trajetória utilizando o algoritmo A*, buscamos potencializar o desempenho da equipe durante as partidas de futebol de robôs na modalidade VSSS.

VIII. CONCLUSÃO

Em suma, a equipe UERJBotz tem se dedicado ao desenvolvimento e aprimoramento de projetos em diversas categorias da robótica ao longo dos anos. Neste ano, com

a estreia nas categorias IEEE, Standard Educational Kit (SEK) e Very Small Size Soccer (VSSS), enfrentamos desafios multidisciplinares que foram superados com base em pesquisa, experimentação e trabalho coordenado nas áreas de mecânica, eletrônica e computação. A abordagem adotada para o desenvolvimento da carcaça dos robôs, a locomoção por tração diferencial e a utilização do algoritmo A* para planejamento de trajetória demonstraram-se eficazes para otimizar o desempenho dos robôs em campo.

O uso da visão computacional com a biblioteca OpenCV permitiu o reconhecimento preciso da bola e dos robôs, contribuindo para aprimorar nossas estratégias durante as competições. A comunicação via protocolo ESPNOW e a integração do circuito de controle com o microcontrolador ESP8266 garantiram a sincronia adequada entre o computador e os robôs, viabilizando um controle preciso e coordenado. A sinergia entre as áreas de conhecimento e a busca constante por inovação nos possibilitou enfrentar os desafios com êxito, e estamos confiantes de que a nossa abordagem nos colocará em vantagem nas competições futuras.

AGRADECIMENTOS

A equipe UERJBotz expressa profundo agradecimento a todos os envolvidos no projeto, incluindo os membros da equipe, mentores, colaboradores e, de forma especial, à equipe Neon, pelo generoso suporte ao longo de toda a jornada acadêmica. Suas contribuições foram fundamentais para o êxito deste empreendimento. Destacamos especialmente o apoio inestimável e a orientação diligente fornecidos pelo nosso orientador, Professor Téo Cerqueira Revoredo, que foram pilares essenciais no desenvolvimento e aprimoramento deste trabalho de pesquisa. Também reconhecemos a relevante participação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, proporcionando o ambiente acadêmico propício à inovação e ao progresso de projetos tecnológicos de vanguarda como este. Além disso, somos gratos à FAPERJ pelo apoio financeiro concedido, que foi fundamental para a realização deste projeto. Por fim, estendemos nossa gratidão a todos os apoiadores e interessados no projeto UERJBotz, acreditando firmemente que a robótica é uma poderosa ferramenta para transformar a realidade e enfrentar os desafios do futuro.

REFERENCES

- [1] [Referência do repositório vss-vision] RoboCIn. GitHub. Disponível em: <https://github.com/robocin/vss-vision>. Acesso em: [23 de julho de 2023].
- [2] A. Gottlieb, "CS W4733 NOTES - Differential Drive Robots," Columbia University, Fall 2017. Disponível em: <https://www.cs.columbia.edu/~allen/F17/NOTES/icckinematics.pdf>. Acesso em: [23 de julho de 2023].
- [3] Regras IEEE Very Small Size Soccer (VSSS) - Série A. Chair: Adam Henrique Moreira Pinto. 2023. Disponível em: <https://www.cbrobotica.org/wp-content/uploads/2023/04/regrasVSS23.pdf>. Acesso em: [23 de julho de 2023].
- [4] Espressif Systems, "ESP8266EX Datasheet," Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf. Acesso em: [23 de julho de 2023].
- [5] Texas Instruments, "DRV8833 Datasheet," Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv8833.pdf?ts=1690118666252>. Acesso em: [23 de julho de 2023].

- [6] Kim, J., Kim, D., Kim, Y. and Seow, K. (2004). Soccer Robotics. Springer Tracts in Advanced Robotics, Springer-Verlag.

- [7] Swift, N. (2017). Easy A* (star) Pathfinding. Medium. Disponível em: <https://medium.com/@nicholas.w.swift/easy-a-star-pathfinding>. Acesso em: 23 de julho de 2023.