Visão computacional aplicada ao robô de resgate OBR

Lorenzo da Silva Rodrigues, Vitor Johnny das Graças, Gustavo Polydoro Monteiro, Tomáz Augusto de Oliveira Silva, Gustavo Henrique Cobello Lima, Emanuelle Maria Ferreira Marques, Gilberto Sandrini Saiotti, Fernando Silva Lima, Roberta Moraes, Takashi Ishimaru

lorenzodasilvarodrigues03@gmail.com, vitorjohnny16@gmail.com, gusthcl856@gmail.com, emanuelle.marques.fm1@gmail.com , gustavopolydoro@gmail.com, tomazaugustoos@gmail.com, gilberto.saiotti@sesisp.org.br, takashi.ishimaru@portalsesisp.org.br, roberta.moraes305@portalsesisp.org.br, fernando.lima305@portalsesisp.org.br

Centro Educacional SESI 192
Alumínio – SP

Categoria: ARTIGO MÉDIO, TÉCNICO E SUPERIOR

Resumo: O trabalho visa desenvolver uma solução robótica inovadora, unindo aprendizado técnico aos desafios da OBR. A equipe Raidens, é motivada pelo desejo de inovar, integrar saberes e aplicar a tecnologia em prol da ciência e da sociedade. Utilizou-se uma abordagem iterativa com pesquisa, modelagem 3D, prototipagem e testes, guiada por uma tabela de melhorias contínuas. Foi proposto um robô autônomo com visão computacional para seguir linhas e identificar cruzamentos, sensor ultrassônico para evitar obstáculos, rodas omnidirecionais para mobilidade, carenagem reciclada e garra lateral para resgate de vítimas. O projeto foi desenvolvido com base no "ciclo Raidens", metodologia própria que combina rotação de tarefas com a técnica Pomodoro. A equipe consultou especialistas, utilizou o laboratório Maker para fabricar peças, e escolheu os componentes ideais por meio de testes práticos. O controlador Raspberry Pi 4 viabilizou o uso da câmera. O diferencial está na metodologia, no uso sustentável de materiais e na integração eficiente entre hardware e software. O robô apresentou bom desempenho em competições práticas e recebeu feedbacks positivos de profissionais da área.

Palavras-chave: Tecnologia, sustentabilidade, autônomo, inovação, OBR.

Abstract: *The project aims to develop an innovative robotic solution, combining technical learning with the challenges of OBR. The Raidens team is motivated by the desire to innovate, integrate knowledge and apply technology for the benefit of science and society. An iterative approach was used with research, 3D modeling, prototyping and testing, guided by a continuous improvement schedule. An autonomous robot with computer vision to follow lines and identify intersections, an ultrasonic sensor to avoid obstacles, omnidirectional wheels for mobility, a recycled fairing and a side gripper for rescuing victims was proposed. The project was developed based on the "Raiden cycle", a proprietary methodology that combines task rotation with the Pomodoro technique. The team consulted experts, used the Maker lab to manufacture parts and chose the ideal components through practical tests. The Raspberry Pi 4 controller made it possible to use the camera. The difference lies in the methodology, the sustainable use of materials and the efficient integration between hardware and software. The robot performed well in practical competitions and received positive feedback from professionals in the field.*

Keywords: *Technology, sustainability, autonomous, innovation, OBR.*

1 INTRODUÇÃO

A robótica no âmbito educacional tem se destacado nos últimos anos com uma abordagem metodológica eficaz para o ensino de conteúdos interdisciplinares essenciais para a formação de milhares de pessoas, em especial no contexto das áreas de ciências, tecnologia, engenharia, artes e matemática (STEAM). Iniciativas como a Mostra Nacional de Robótica (MNR) fomentam o desenvolvimento de projetos que integram modelagem, programação, lógica computacional e trabalho em equipe, promovendo a formação técnica e o protagonismo estudantil (Robótica Educacional no Brasil, 2024). No presente trabalho, o software Autodesk Fusion 360 foi empregado para a modelagem tridimensional precisa de todos os componentes do robô, possibilitando a integração eficiente entre os componentes físicos do projeto, e essa abordagem permitiu verificar a compatibilidade espacial entre os elementos e facilitou a comunicação técnica entre os membros da equipe durante o desenvolvimento. O ponto inicial do projeto foi a análise de tecnologias que empregam visão computacional em robôs autônomos, se destacando o uso da biblioteca OpenCV para a segmentação de cores e reconhecimento de padrões em tempo real. Além disso, o uso de sensores ultrassônicos tem se destacado como solução de baixo custo e alta confiabilidade para a detecção de obstáculos e prevenção de colisões em sistemas robóticos educacionais (Parreira et al, 2022). A integração desses componentes com controladores como o Raspberry Pi, aliada a programação em Python, tem se mostrado adequada para ambientes escolares e protótipos funcionais (Shoyeb, 2020), pelo fato de sua facilidade no entendimento da linguagem e integração entre hardware e software.

Com base nessa ótica, observou-se que o estado da arte em robótica educacional está centrado na implementação de soluções acessíveis, com capacidade de navegação autônoma e interação com o ambiente por meio de sensores e algoritmos de visão. A utilização dessas tecnologias oferece grande potencial para aplicações didáticas e participação em competições, especialmente quando associadas a práticas de modelagem 3D e prototipagem sustentável.

O atual trabalho descreve o desenvolvimento de um robô autônomo realizado pela equipe Raidens, do SESI 192 de Alumínio/SP, no âmbito da modalidade virtual da MNR. O sistema foi projetado para realizar leitura de trajetória, desvio de obstáculos e reconhecimento de zonas de resgate. O projeto inclui a modelagem tridimensional precisa da estrutura, o uso de sensores para tomada de decisão em tempo real e a construção de uma carenagem utilizando materiais recicláveis, promovendo viabilidade técnica e compromisso ambiental. A organização do fluxo de trabalho se baseou no "Ciclo Raidens", metodologia que combina rotação de estações de atividade, técnica Pomodoro e uso de Kanban digital via Microsoft Planner.

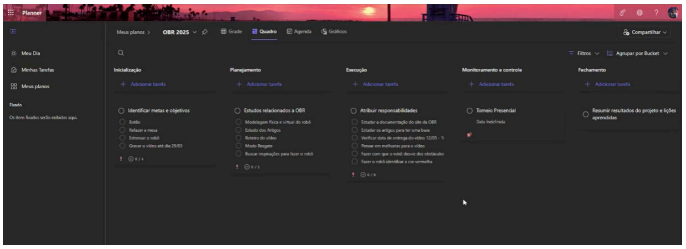


Fig 1. Microsoft Planner da equipe (Autoria Própria)

A motivação central do projeto reside na proposição de uma solução robótica funcional, autônoma e sustentável, com custo reduzido e aplicabilidade educacional. A proposta visa demonstrar que é possível integrar tecnologias de ponta com metodologias acessíveis, contribuindo tanto para o desempenho em competições quanto para o uso pedagógico em instituições de ensino.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta as fundamentações teóricas adotadas. A Seção 3 detalha o trabalho proposto. A Seção 4 descreve os principais materiais e métodos. A Seção 5, resultados e discussões. Por fim, a Seção 6 reúne as conclusões do trabalho e apontamentos finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O projeto se baseou em três eixos principais: Robótica educacional, Visão computacional e metodologias ágeis de desenvolvimento. Foram utilizados para redigir a fundamentação teórica os artigos da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), como referência normativa e técnica, permitindo à equipe compreender os desafios específicos da competição e os requisitos de desempenho esperados. No âmbito de visão computacional, estudou-se a aplicação do OpenCV como ferramenta para reconhecimento de cores e formas, utilizando técnicas de segmentação em HSV, que facilita a distinção de tonalidades, e criação de máscaras binárias para destacar apenas as áreas de interesse da imagem, amplamente empregadas em projetos de robótica autônoma. Do ponto de vista metodológico, se adotou o modelo Kanban que é uma metodologia própria, o Ciclo Raidens (Uma adaptação do método pomodoro), o que permitiu estruturar de forma eficiente a divisão de tarefas de forma colaborativa e interativa. A base teórica adquirida a partir da leitura dos artigos, inspiraram e guiaram diretamente as escolhas da equipe, permitindo alinhar acessibilidade, inovação e viabilidade prática no contexto da OBR.

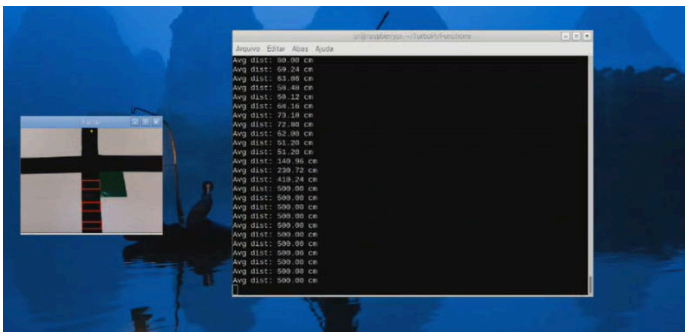


Fig 2. Ambiente de depuração (Autoria Própria)

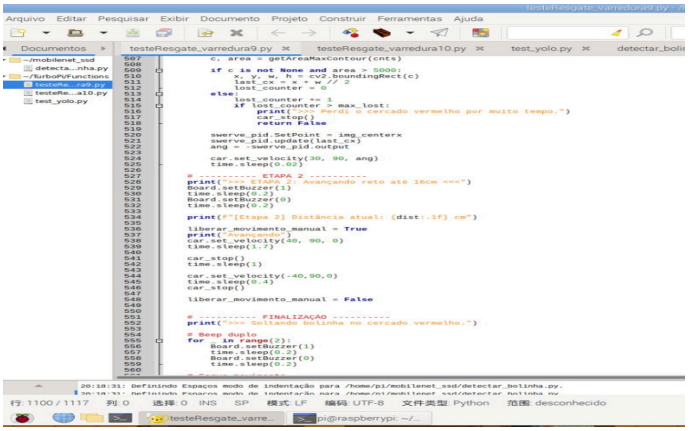


Fig 3. Ambiente de desenvolvimento (Autoria Própria)

3 O TRABALHO PROPOSTO

Inicialmente, foi realizado um estudo detalhado dos regulamentos da OBR Prática 2025, identificando os principais desafios técnicos que o robô deverá superar durante o percurso na arena. A equipe iniciou o projeto com sessões de brainstorming, essenciais para levantar hipóteses sobre o modelo mais adequado. Trabalhou-se com a hipótese de que um robô equipado com um sensor de cor frontal seria eficaz na identificação das zonas de resgate, ao passo que sensores ultrassônicos frontais e laterais permitiriam detectar obstáculos e auxiliar na localização do robô por meio de um sistema de coordenadas cartesianas. Para o segmento de linha e a identificação de marcadores verdes, foi considerada a utilização de cinco sensores infravermelhos posicionados na parte inferior do robô. Na concepção da garra, discutiram-se soluções como o uso de eixos cruzados ou fitas de tração. Por fim, uma das hipóteses mais ambiciosas envolveu a integração da visão computacional como núcleo do sistema de controle, unificando os diferentes sensores em um único processo inteligente. As hipóteses mais promissoras foram selecionadas para a fase de desenvolvimento. Com apoio de profissionais das áreas de mecânica, química e eletrônica, o grupo validou tecnicamente as ideias para aplicá-las na prática. Para a organização do projeto, foi utilizado o método Kanban por meio do Microsoft Planner, possibilitando o controle de tarefas e prazos de entrega. A equipe também criou o "Ciclo Raidens", que combina a rotação por aprendizagem com a técnica Pomodoro, promovendo produtividade e aprendizado contínuo. A modelagem inicial foi realizada em ambiente virtual usando o software Fusion 360 e após validação, iniciou-se a construção

do modelo físico, que passou por melhorias contínuas conforme as necessidades identificadas em testes. O resultado foi um robô robusto, com carenagem ecológica, rodas adequadas para rampas, garra leve e precisa, além de um sistema de visão computacional avançado operando com Raspberry Pi 4, Raspadaptor V3 e programação em Python. O diferencial do projeto está na metodologia adotada, no uso sustentável de materiais e na integração eficaz entre hardware e software. Os participantes que ajudaram diretamente no desenvolvimento do projeto, adquiriram conhecimentos avançados em programação, eletrônica, robótica e modelagem 3D. O projeto também contou com palestras e mentorias que ampliaram significativamente o domínio da equipe em visão computacional e outras áreas técnicas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para validar as funcionalidades do robô desenvolvido, a equipe Raidens conduziu uma série de testes, realizados no laboratório MAKER da unidade SESI 192. Os testes focaram nas seguintes funcionalidades: detecção de obstáculos, reconhecimento de cores por visão computacional, acionamento da garra de resgate e capacidade de locomoção em diferentes terrenos da arena simulada. Cada funcionalidade foi testada ao menos dez vezes consecutivas, sob condições ambientais semelhantes, com o objetivo de obter dados estatisticamente relevantes sobre o desempenho do sistema. Os testes foram conduzidos pelos próprios membros da equipe, utilizando cronômetros, régua milimetrada e registros em planilhas para monitoramento das variáveis envolvidas (tempo de resposta, taxa de acerto, precisão de movimento). Todos os dados coletados foram organizados em tabelas classificatórias por versão do protótipo, permitindo o acompanhamento da evolução técnica a cada ciclo iterativo. Nenhum material especial foi necessário além dos próprios componentes do robô, do ambiente simulado da OBR e dos instrumentos de medição disponíveis no laboratório.

4.1 SENSORES UTILIZADOS

A equipe Raidens utilizou, como núcleo do sistema de sensoriamento, um sensor ultrassônico e uma câmera com processamento via OpenCV. O sensor ultrassônico foi empregado para detecção de obstáculos, enquanto a câmera permitiu identificação de cores e zonas de resgate em tempo real, mediante conversão para o espaço HSV e aplicação de máscaras colorimétricas.

- **Pontos fortes:** A câmera proporcionou capacidade decisória autônoma efetiva, com calibração iterativa que permitiu detecção confiável de objetos coloridos (vermelho, azul, verde e prata) e ações precisas, como posicionamento da garra de resgate com base em visão computacional. A utilização combinada com o sensor ultrassônico incrementou a robustez da navegação autônoma, prevenindo colisões e melhorando a segurança em espaços confinados.

- **Pontos fracos:** Foram identificados diversas limitações relacionadas à capacidade computacional do hardware escolhido, resultando em atrasos no tempo de resposta e travamentos nos softwares de calibração e depuração, além do que mudanças de iluminação, por mais que poucas, afetam drasticamente o resultado dos testes, implicando em diversos ajustes manuais na calibração prejudicando a sensibilidade das máscaras HSV diminuindo a precisão e eficácia do projeto, evidenciando fragilidades em ambientes não controlados. Para o futuro do projeto, esperamos adicionar uma placa de maior poder computacional para sanar completamente os problemas de travamento, e uma iluminação melhor posicionada, para diminuir a quantidade de variáveis externas, garantindo um resultado uniforme em qualquer situação.

- **Aspectos positivos da metodologia:** O ciclo de desenvolvimento foi organizado por meio de um método híbrido, que foi integrado em estações rotativas e técnica Pomodoro, com uma gestão visual pelo Kanban digital. A abordagem incremental, com testes práticos e protótipos físicos contínuos, impulsionou melhorias constantes no sensoriamento e calibragem dos dispositivos.

- **Aspectos negativos da metodologia:** A inexistência de ambiente de simulação forçou o desenvolvimento direto no protótipo físico, gerando maior desgaste e margem para erros.

- **Recomendações:** Sugere-se a adoção de sensores complementares (ultrassônico + câmera com OpenCV) para aplicações autônomas em tempo real. É importante reservar tempo adequado para calibração em diferentes condições de iluminação e cenários. A implementação de metodologias ágeis, com ciclos curtos de feedback e envolvimento de todos os membros no processo, mostrou-se eficaz e recomendável para outras iniciativas.

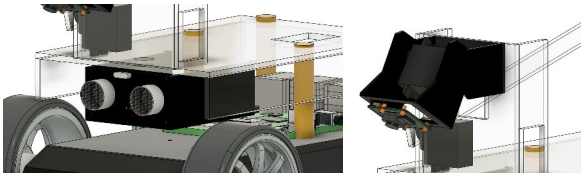


Fig 4. Sensor Ultrassônico e câmera no ambiente de modelagem (Autoria Própria)

4.2 DIMENSÕES E ESTRUTURA

As dimensões do robô foram definidas com base nos obstáculos e restrições operacionais previstas no regulamento da Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR) em 2024. A estrutura final apresenta 177 mm de comprimento, 180 mm de largura e 140 mm de altura, atendendo aos requisitos de manobrabilidade, estabilidade e compatibilidade com os elementos do percurso. Essas medidas foram otimizadas para garantir o equilíbrio entre compacidade, capacidade de tração e alcance da garra em ambientes simulados de resgate.

4.3 SISTEMA DE LOCOMOÇÃO

O robô utiliza uma base com quatro rodas omnidirecionais acopladas a motores DC independentes, controlados pelo módulo Rasp Adaptor V3. Essa configuração permite movimentos holonômicos (para frente, para trás, lateral e diagonal), além de rotações no próprio eixo, garantindo alta

manobrabilidade. O cálculo das velocidades individuais das rodas segue a cinemática de bases omni, implementada em Python, a partir da decomposição vetorial em translação nos eixos X e Y e rotação. O controle por PWM associado a PID assegura correções dinâmicas durante o seguimento de linha e em manobras.

Nos testes, o sistema mostrou-se estável em rampas, preciso em curvas de 90° e eficiente em deslocamentos laterais, destacando-se em relação a bases com rodas convencionais.

4.4 SISTEMA ELETRÔNICO

O sistema eletrônico do robô foi projetado com foco na integração entre controle, sensoriamento e processamento de dados. A unidade central é composta por uma Raspberry Pi 4, responsável por gerenciar os sinais dos sensores e executar os algoritmos de visão computacional desenvolvidos em Python com a biblioteca OpenCV. O controle dos motores é feito por drivers de potência Rasp Adaptor V3, enquanto a alimentação é garantida por uma bateria de íons de lítio do tipo INR 18650, que oferece densidade energética compatível com a demanda operacional do sistema. O conjunto de sensores inclui uma câmera, utilizada para identificação de cores e formas, e um sensor ultrassônico, empregado na navegação autônoma por meio da detecção de obstáculos. A arquitetura eletrônica foi concebida para garantir confiabilidade em tempo real durante o percurso, especialmente nas áreas de resgate, assegurando resposta rápida e precisa aos estímulos do ambiente.

4.5 CARENAGEM SUSTENTÁVEL

A definição do material para a carenagem do robô foi realizada com base em experimentação orientada, com apoio técnico da química e física Roberta Moraes, formada pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Após testes de viabilidade estrutural, peso e aderência, foi selecionada uma composição à base de papel reciclável e gelatina incolor. A escolha se justifica pelas propriedades combinadas de leveza, resistência mecânica, biodegradabilidade e baixo custo. Além disso, os materiais são amplamente acessíveis, o que facilita a reprodução do projeto e o acesso ao chassi para manutenções ou modificações. Esta solução contribui para a sustentabilidade do robô e reduz significativamente o impacto ambiental do protótipo.

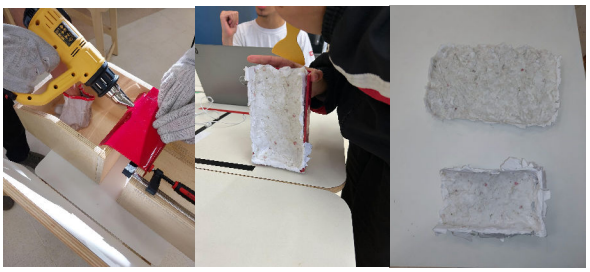


Fig 5. Carenagem sustentável (Autoria Própria)



Fig 6. Consultoria com a química Roberta Moraes (Autoria Própria)

4.6 FUNCIONALIDADE DA GARRA

O sistema de preensão do robô foi desenvolvido com o propósito de capturar esferas de tamanho padronizado, representando vítimas em situações simuladas de resgate, conforme os desafios propostos pela Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR). A garra, projetada com base em consultoria técnica do engenheiro mecânico Takashi Ishimaru, é acionada por um servo motor com movimento de 180°, integrando um sistema de fita que assegura precisão e agilidade na operação. A geometria da garra foi otimizada para proporcionar um contato firme e estável com as esferas, garantindo eficiência no processo de coleta e transporte. O mecanismo é ativado automaticamente ao entrar na área de resgate, demonstrando alto desempenho em testes de campo, com respostas rápidas, baixa taxa de falhas e excelente repetibilidade. Esses resultados evidenciam a robustez e a confiabilidade do sistema em condições desafiadoras de operação. Todo o desenvolvimento e projeto mecânico contou com consulta ao engenheiro Takashi Ishimaru.

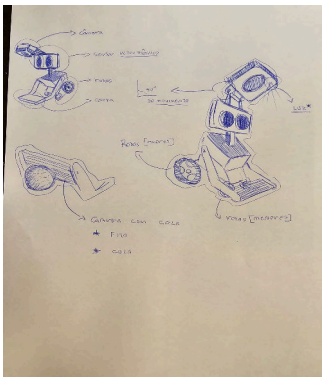


Fig 7. Brainstorm da garra (Autoria Própria)

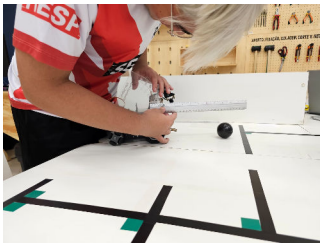


Fig 8. Medição da garra (Autoria Própria)



Fig 9. Consulta com o engenheiro mecânico Takashi Ishimaru (Autoria Própria)

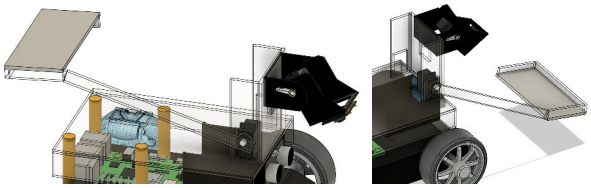


Fig 10. Protótipo no ambiente 3D (Autoria Própria)

4.7 METODOLOGIA DE PROJETO

O desenvolvimento do robô seguiu uma abordagem metodológica estruturada em quatro etapas principais, com o objetivo de garantir eficiência estrutural, precisão, funcionalidade e adequação aos desafios da OBR de 2025:

- **Pesquisa:** A primeira etapa consistiu em um estudo detalhado do regulamento da OBR Prática 2025, visando compreender os desafios técnicos envolvidos e estabelecer critérios de projeto compatíveis com o ambiente simulado de resgate. Essa análise forneceu a base teórica para orientar todas as decisões de engenharia, programação e design.
- **Conceituação:** A partir dos requisitos identificados, a equipe realizou sessões de brainstorming para explorar diferentes soluções de chassi, estratégias de locomoção e mecanismos de manipulação. Também foram elaborados os primeiros esboços e diagramas da arquitetura elétrica e de controle, definindo a estrutura lógica e física do robô.
- **Modelagem 3D:** Consolidando as ideias validadas, foi realizada a modelagem tridimensional completa do robô no software Autodesk Fusion 360. Nessa etapa, todos os componentes foram desenhados milimetricamente, considerando encaixes, tolerâncias e compatibilidade com os materiais a serem utilizados. A modelagem permitiu prever interferências mecânicas, otimizar o espaço interno e simular o comportamento do conjunto.
- **Prototipagem Física:** Para validar o projeto em campo, foi construído um protótipo funcional utilizando peças de MDF e acrílico, com acabamento ajustado para testes de mobilidade, sensoriamento e estabilidade. Durante essa fase, a equipe também desenvolveu uma polia personalizada, projetada para viabilizar o uso de rodas LEGO na parte dianteira do robô, garantindo acoplamento seguro e boa tração. Os testes práticos foram guiados por uma tabela de verificação funcional, permitindo ajustes iterativos no posicionamento dos sensores, na resposta dos motores e no equilíbrio da estrutura.

4.8 Programação

A programação em visão computacional é de alto valor para uso em robôs que competem na Olimpíada Brasileira de Robótica, em especial na modalidade Resgate. Isso se deve às limitações impostas pelo uso de sensores infravermelho (IR) e ultrassônico em ambientes complexos, como os apresentados nas arenas da OBR, uma vez que podem falhar na execução das atividades, principalmente no seguimento de linha e na detecção de cores e padrões (como cruzamentos e becos sem saída). A visão computacional surge como uma solução vantajosa para a diferenciação de cores, função essencial para a visualização e análise da linha preta, marcadores e zonas de resgate. Para aplicar esse recurso, desenvolvemos a programação em Python 3, utilizando o OpenCV como biblioteca central.

As bibliotecas utilizadas foram: OpenCV (cv2), NumPy, threading, time, sys e os. O OpenCV é o componente central do projeto, pois realiza o processamento de imagem em tempo real, incluindo conversão de cores, binarização, contornos e os cálculos de ROI (Region of Interest). O ROI consiste em uma sub-região da captura selecionada para análise/processamento; no caso do robô, são utilizadas faixas horizontais próximas à parte inferior da câmera, com pesos distintos para cada faixa, a fim de localizar a linha preta com precisão. O NumPy é responsável pela manipulação de matrizes, acelerando as operações de imagem e os cálculos geométricos realizados durante a análise. O threading é utilizado para permitir um controle paralelo da câmera, evitando travamentos. Já as bibliotecas time, sys e os são aplicadas para controle de temporização e compatibilidade de diretórios.

Além disso, foram criados módulos customizados para complementar o código principal da lógica de detecção: Camera.py e yaml_handle.py. O módulo Camera.py consiste na interface com a câmera do robô, enquanto o yaml_handle.py permite a calibração externa de cores em LAB por meio de um arquivo YAML.

O código é modularizado e dividido em blocos principais:

Configurações Iniciais

• Definição de resolução, ROIs e parâmetros (como pesos para cálculo do centroide).

• Uso de yaml_handle para carregar limites LAB ajustáveis.

Funções Utilitárias

• getAreaMaxContour() → retorna o maior contorno encontrado.

• load_config() → carrega as faixas LAB.

Safe Camera (Watchdog)

• Prevenção contra travamentos da câmera.

• Funcionamento do get_frame_safe(), que utiliza timeout e reabertura automática da câmera.

Pipeline de Visão

• Função process_frame(), núcleo do sistema.

• Estrutura em etapas:

– Pré-processamento (resize, blur).

– Máscara de cor (LAB, inRange).

– Morfologia matemática (OPEN, CLOSE).

– Extração de contornos.

– Cálculo do centroide ponderado.

– Overlay de informações visuais e logs.

Loop Principal

• Captura contínua de frames.

• Chamadas para process_frame().

• Exibição em tempo real (cv2.imshow).

• Encerramento seguro (ESC + fechamento da câmera e janelas).

Foi utilizado um arquivo YAML separado do restante dos códigos, permitindo uma calibragem mais simples e facilitando ajustes posteriores. Também foi implementado um watchdog para tratar possíveis travamentos da câmera, que entra em ação ao detectar ausência de frames por mais de 0,8 segundos, reabrindo a câmera automaticamente. O sistema apresenta ainda logs no console e overlays visuais no feedback da câmera, tornando a depuração mais simples. Além disso, o programa tem boa portabilidade: embora projetado para rodar em Raspberry Pi, pode também ser executado em Windows, com ajustes mínimos na captura de vídeo.

O método desenvolvido pela equipe RAIDENS pode ser replicado e adaptado por outras equipes, em diferentes contextos. O código é modular, permitindo ajustes das cores já definidas ou a adição de novas cores apenas com modificações no arquivo YAML. Ao comparar a visão computacional com métodos tradicionais baseados em sensores IR, observa-se clara superioridade no uso da câmera como sensor principal, que oferece maior flexibilidade e precisão, além de simplicidade de implementação, exigindo apenas um dispositivo de captura de vídeo, como uma webcam convencional.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados testes de mobilidade, detecção de obstáculos, reconhecimento de cores e atuação do sistema de resgate. Os resultados demonstraram que o robô é capaz de identificar obstáculos a uma distância superior a 20 cm com precisão satisfatória, graças ao sensor ultrassônico. O sistema de visão computacional, baseado em OpenCV, apresentou alto índice de acerto na identificação das cores vermelho, azul e verde em diferentes condições de iluminação, o que garantiu a correta execução das ações programadas. A garra automatizada, controlada por servo motor, foi capaz de realizar o resgate das esferas com estabilidade e tempo médio inferior a 5 segundos por operação. A estrutura leve e o chassi com rodas omnidirecionais também contribuíram para uma boa resposta em curvas e rampas. Tabelas e gráficos foram utilizados para organizar os dados coletados em cada teste, permitindo a análise comparativa entre as versões do robô ao longo dos ciclos iterativos de melhoria.

Teste	Sensor Infravermelho	Distância da borda da carenagem (mm)	Distância em relação ao lado (mm)	Distância do solo (mm)	Observações	Distância do solo
1	1	12,2	-	50	Posição inicial	-
2	2	-	2,88	50	Ajuste de posição	-
3	3	-	9,6	50	Verificação de alcance	-
4	4	12,23	2,844	50	Melhor ajuste em relação ao solo	-
5	Frontal	-	-	92,7 (relação com outros)	Distância em relação aos sensores	-
6	Frontal	-	37,04	50	Ajuste lateral	20
7	Frontal	-	37,98	50	Ajuste lateral	-
8	1	12,2	-	20	Ajuste para a nova distância do solo	-
9	2	-	2,88	20	Ajuste para a nova distância do solo	50
10	3	-	9,6	20	Ajuste para a nova distância do solo	-
11	4	12,33	2,844	20	Ajuste para a nova distância do solo	-
12	Frontal	-	-	92,7 (relação com outros)	Ajuste para a nova distância do solo	-
13	Frontal	-	37,04	20	Ajuste lateral	-
14	Frontal	-	37,98	20	Ajuste lateral	15

Fig 11. Tabela de teste dos sensores infravermelho (Autoria Própria)

Categoria	Opções Testadas	Resultado Final	Justificativa/Observações
Rodas	Esteiras, Rodas de Borracha, Rodas Omnidirecionais	Combinação de Omnidirecionais (traseiras) e Rodas de Borracha (dianteiras)	A combinação oferece bom equilíbrio entre aderência e mobilidade. Omnidirecionais permitem movimentos mais ágeis.
Método de Locomoção	Sensores Infravermelhos, Câmera com Visão Computacional	Câmera com Visão Computacional	A visão computacional se destacou em termos de velocidade, precisão e adaptação à arena, especialmente para detectar quadrados verdes.
Sensores	Sensor de Toque, 1 Sensor Ultrassônico, 3 Sensores Ultrassônicos	1 Sensor Ultrassônico na parte frontal	O sensor ultrassônico único foi eficiente para detectar obstáculos à frente, sem sobrecarga de dados.
Controladores	Arduino Mega, Raspberry Pi 4	Raspberry Pi 4	O Raspberry Pi 4 foi escolhido por sua compatibilidade com a câmera e poder de processamento maior. Ideal para visão computacional.
Iluminação	Faixa de LEDs frontal, Anel de LEDs com câmera, Lanterna Externa	Lanterna Externa	A lanterna externa é mais forte e regulável, sem sobrecarregar a bateria do robô. Melhor desempenho em condições de baixa luminosidade.

Fig 12. Tabela de testes gerais (Autoria Própria)

Tabela das Dimensões.

Robô	Dimensão
Comprimento	177mm
Largura	180mm
Altura	140mm

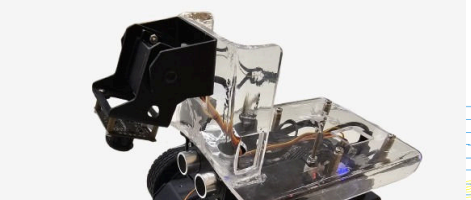


Fig 13. Protótipo finalizado (Autoria Própria)

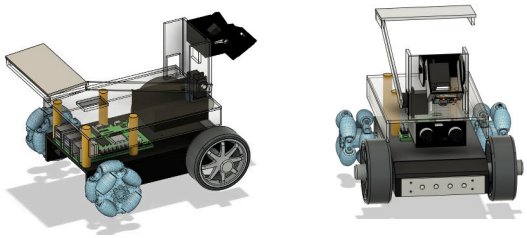


Fig 14. Modelagem do protótipo (Autoria Própria)

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou o desenvolvimento de um robô autônomo para a Olimpíada Brasileira de Robótica, integrando visão computacional, sensores ultrassônicos, sistema de locomoção omnidirecional e uma garra lateral otimizada, sob um processo de gestão baseado no Ciclo Raidens. A abordagem proposta alcançou resultados expressivos: (i) reconhecimento de cores com elevado índice de acerto em diferentes condições de iluminação, (ii) detecção de obstáculos a mais de 20 cm com consistência, (iii) resgate de esferas em menos de 5 segundos em média, e (iv) estabilidade de navegação em rampas e curvas, favorecida pelas rodas omni. A integração entre OpenCV em Python 3, controle de motores via Raspberry Pi 4 e a utilização de parâmetros de cor definidos em YAML demonstraram ser uma solução replicável e robusta para equipes educacionais que buscam acessibilidade tecnológica sem abrir mão de desempenho.

A contribuição deste projeto não se restringe ao aspecto técnico. A carenagem sustentável à base de papel reciclado e gelatina comprova a viabilidade de soluções ecológicas aplicadas à robótica educacional, reduzindo impacto ambiental e custos de prototipagem. O uso de metodologias ágeis como Kanban, Pomodoro e rotação de estações viabilizou uma gestão eficiente em equipe, assegurando evolução contínua das versões do robô e melhor distribuição de tarefas. Essa combinação de inovação técnica, sustentabilidade e gestão colaborativa constitui um diferencial em relação a trabalhos correlatos.

Entretanto, reconhece-se como limitação o número reduzido de testes em ambiente de competição, o que restringe a análise estatística mais aprofundada dos resultados obtidos. Futuras iterações deverão incluir campanhas experimentais mais extensas, com coleta de métricas padronizadas (acurácia por classe de cor, FPS médio, tempo de resposta por módulo e taxas de falha em diferentes cenários de iluminação). Além disso, vislumbra-se a integração de modelos leves de inteligência artificial embarcada (como MobileNet SSD ou FOMO com TensorFlow Lite) para ampliar a autonomia do sistema na detecção de objetos e sinais visuais, reduzindo a dependência exclusiva de limiares fixos de cor e tornando o robô mais adaptável a variações ambientais. Essa evolução permitirá não apenas ganhos em robustez e escalabilidade, mas também a exploração de cenários de maior complexidade, aproximando a solução proposta das demandas reais de missões de resgate.

De forma abrangente, o presente trabalho reforça a importância de unir tecnologia acessível, sustentabilidade e metodologias de gestão educacional como pilares para a inovação em robótica. A integração entre hardware acessível, software de código aberto e materiais ecológicos mostra-se promissora para ampliar a participação de diferentes contextos escolares em competições como a OBR e, ao mesmo tempo, formar alunos mais críticos, criativos e conscientes de seu papel na sociedade.

Assim, este artigo não apenas apresenta um protótipo funcional, mas também estabelece um modelo metodológico replicável, que pode ser adotado por outras equipes educacionais e grupos de pesquisa. Ao equilibrar desempenho técnico, responsabilidade ambiental e práticas colaborativas de trabalho, a contribuição deste projeto transcende a arena competitiva, consolidando-se como referência para iniciativas futuras que busquem aliar excelência científica, impacto social e compromisso com a formação integral dos estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Robótica Educacional no Brasil: uma revisão sistemática. Revista FT, 2024.

Meneses, M. C. Sistema de Navegação Autônomo Baseado em Visão Computacional. arXiv, 2017.

Parreira, R. A.; Batista, G. S.; Lima, A. M. Robótica na Educação: uma revisão da literatura. Anais da MNR, 2022.

Shoyeb, A. Development of a Computer Vision Based Robotic Guidance System Using Raspberry Pi. International Journal of Computer Applications, 2020.

Anais da 8ª Mostra Nacional de Robótica (MNR 2018). [S.l.]