

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Escola Técnica Estadual Rodrigues de Abreu
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Desenvolvimento de
Sistemas

HydroBot: Robô Autônomo de Combate a Incêndios

Matheus Gabriel Fernandes Angelo¹

Samuel Jesus Gonzaga do Nascimento²

Weslley Ribeiro dos Santos³

Yago Yuji Hamazaki Lorenço⁴

Luis Filipe Grael Tinos⁵

Resumo: O projeto HydroBot propõe o desenvolvimento de um robô bombeiro autônomo para combate de pequenos focos de incêndio em ambientes fechados. Utilizando sensores de chama, sistema de navegação por sensores infravermelhos, câmera integrada à placa ESP32-S3 UNO e um sistema de spray com reservatório de água, o robô é capaz de operar de forma independente, detectando e extinguindo incêndios com precisão. Sua estrutura foi adaptada a partir de um brinquedo, garantindo leveza, economia e boa mobilidade em espaços estreitos. Todo o sistema é alimentado por baterias recarregáveis e controlado de forma integrada pela placa principal, tornando o HydroBot uma solução acessível, funcional e educativa para segurança automatizada em ambientes como escolas, indústrias, residências e laboratórios.

Palavras-chave: Robótica; Arduino; ESP32-S3-UNO; Automação Industrial; Bombeiro.

Abstract: The HydroBot is an autonomous firefighting robot designed to combat small indoor fire outbreaks. It is equipped with a flame sensor array, an infrared-based navigation system, an integrated camera powered by the ESP32-S3 UNO board, and a water-spray mechanism with an onboard reservoir. The robot operates independently, enabling real-time detection, monitoring, and suppression of fire

¹Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu - matheus.angelo3@etec.sp.gov.br

² Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu - Samuel.nascimento41@etec.sp.gov.br

³ Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu - weslley.santos81@etec.sp.gov.br

⁴ Aluno do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, na ETEC Rodrigues de Abreu - yago.lorenco@etec.sp.gov.br

⁵Professor de Ensino Médio Integrado ao Técnico – luis.tinos@etec.sp.gov.br

sources with accuracy. Its lightweight structure, adapted from a motorized toy, ensures low cost and high maneuverability in confined spaces. Powered by rechargeable batteries and coordinated through an embedded control system, HydroBot stands out as an accessible, functional, and educational solution for automated safety in schools, industries, homes, and laboratories.

Keywords: Robotics; Arduino; ESP32-S3-UNO; Industrial Automation; Firefighter.

1. INTRODUÇÃO

O HydroBot é um robô bombeiro autônomo desenvolvido para o combate de pequenos focos de incêndio em ambientes fechados, unindo tecnologia, eficiência e acessibilidade. O projeto utiliza sensores de chama e sensores infravermelhos para detecção e navegação, além de um sistema de spray com reservatório de água controlado pela placa ESP32-S3 UNO, que integra os comandos e o monitoramento do robô. Adaptado a partir de um brinquedo reutilizado, o HydroBot apresenta uma estrutura leve, econômica e capaz de se locomover com agilidade em espaços estreitos. Alimentado por baterias recarregáveis, o sistema atua de forma totalmente independente, identificando e extinguindo o fogo com precisão. Essa abordagem representa uma solução prática e educativa para segurança automatizada, aplicável em escolas, indústrias, residências e laboratórios, além de contribuir para a difusão do uso da robótica em contextos reais de prevenção e resposta a emergências.

1.1. CONCEPÇÃO

1.1.1. ESCOLHA DO TEMA

A escolha do tema surgiu a partir de discussões entre colegas e professores, que despertaram o interesse em explorar o uso de inteligência artificial e sensores aplicados ao auxílio de bombeiros. Durante as pesquisas iniciais, foi constatado que há pouquíssimos protótipos de robôs bombeiros em funcionamento real, especialmente no contexto nacional. Diante dessa lacuna, surgiu a ideia de desenvolver um projeto capaz de auxiliar os bombeiros em situações de risco, propondo uma alternativa tecnológica acessível e eficiente.

1.1.1.1. OBJETIVO GERAL

Projetar e construir um protótipo de robô bombeiro autônomo para o combate inteligente a incêndios em ambientes fechados, capaz de detectar focos, extinguir o fogo via spray e retornar autonomamente à base, promovendo uma solução de segurança eficaz e ágil, podendo ser demonstrada em feiras científicas, escolas, entre outros.

1.1.2. JUSTIFICATIVA

Em situações de emergência, o tempo de resposta e o acesso ao local do incêndio são fatores críticos. Segundo Sheikh et al. (2022), "Às vezes, é impossível para os bombeiros acessarem o local de um incêndio devido a materiais explosivos, fumaça e altas temperaturas. Uma resposta rápida para detectar o fogo pode evitar muitas coisas desastrosas". O fogo tem um potencial devastador que pode tirar vidas e causar ferimentos graves. No entanto, é possível evitar tais problemas com métodos eficazes de controle de incêndio. Nesse cenário, os robôs de combate a incêndio surgem como uma solução promissora para atuar em ambientes desafiadores.

O projeto HydroBot busca uma solução de baixo custo, fácil manutenção e replicável para o combate autônomo a incêndios. Ao empregar sensores simples e estrutura leve, o robô reduz o risco humano, atua de forma preventiva e pode ser adaptado para uso educacional, comercial ou doméstico. O projeto também reforça o papel das energias portáteis e da automação no enfrentamento de problemas reais, promovendo sustentabilidade e inovação tecnológica.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. METODOLOGIA

Por meio das etapas de criação, planejamento e construção do HydroBot, que englobam a metodologia adotada, através dos materiais utilizados e as fases de desenvolvimento, baseando-se no protótipo criado em 2024 (dois mil e vinte e quatro), foi possível aplicar, na prática, os princípios de automação e robótica propostos através do fluxograma, análise dos diagramas e estudos de caso. Definiremos as melhores opções para o planejamento do projeto. Essa abordagem possibilita validar sua funcionalidade de acordo com as diretrizes sugeridas pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE, 2021), demonstrando a viabilidade técnica e educativa da solução.

Figura 1 - Fluxograma de desenvolvimento do projeto HydroBot



Fonte: Autores (2025)

2.2. PLANEJAMENTO

Conforme Dourado (2024), a Análise SWOT é uma ferramenta estratégica que permite identificar os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças de uma organização, auxiliando na tomada de decisões e no planejamento de ações mais assertivas, permitindo um planejamento mais claro e organizado. A figura a seguir apresenta o Diagrama SWOT desenvolvido para o trabalho.

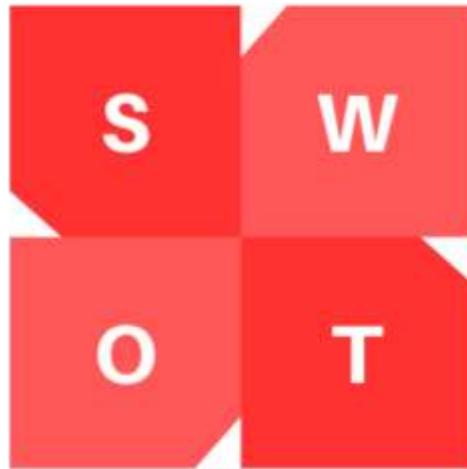
Figura 2 - Diagrama SWOT

PONTOS FORTES

- Monitoramento em tempo real
- Ajuda com o aprendizado de jovens estudantes
- Integração de tecnologias de inovação com problemas reais na sociedade
- Fácil manutenção devido a documentação abrangente do projeto
- Ajuda com o combate a incêndios e alerta eficaz

OPORTUNIDADES

- Expansão para casas e cidades inteligentes, servidores próprios e escolas
- Incentivos governamentais e da sociedade
- Apresentação da proposta de inovação e do projeto físico em feiras de ciências
- Adaptações futuras para estruturas mais precisas e blindadas para o combate ao incêndio de forma precisa, e a escalabilidade do projeto
- Crescimento da demanda pela busca de novas tecnologias para problemas sociais



FRAQUEZAS

- Dependência de recursos (Pode ter custo elevado em larga escala)
- Limitação de acesso (Precisa de wifi ou bluetooth no primeiro modelo)
- Falta de reconhecimento do projeto e sua importância
- Capacidade de dados limitada
- Incerteza da precisão absoluta dos dados, necessitando de calibração constante e verificação dos dados

RISCOS

- Alteração nas políticas e licenças das tecnologias utilizadas
- Baixa confiabilidade na estrutura de baixo custo, podendo quebrar em situações mais graves
- Desinteresse social com o tempo após o lançamento inicial
- Falta de recursos disponíveis para o futuro do projeto
- Baterias que descarregarem rápido ou que estão viciadas,
- Vandalismo do projeto em locais públicos ou de apresentações

Fonte: Autores (2025)

2.2.1. PALETA DE CORES

Segundo Faber Birren (2017), a escolha da paleta de cores é essencial para comunicar emoções e reforçar a identidade visual de um projeto. As cores têm o poder de influenciar a percepção do público e criar uma conexão emocional com o produto. Por isso, criamos uma paleta de cores que reflete os valores de energia, confiança e sofisticação, alinhando-se com o propósito do projeto HydroBot.

Figura 3: Paleta de cores



Fonte: Autores (2025)

2.2.2. LOGOTIPO

A criação do logotipo do HydroBot buscou sintetizar visualmente a função do robô bombeiro, usando formas simples e memorizáveis alinhadas à paleta de cores definida para o projeto, garantindo reconhecimento rápido e coerência com a proposta tecnológica e de segurança. Segundo Wheeler, o logotipo é o núcleo da identidade de marca e deve traduzir de forma clara os valores e o posicionamento do projeto dentro de um sistema de identidade visual consistente.

Figura 4: Logotipo HydroBot



Fonte: Autores (2025)

2.2.3. COLETA DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

Através da análise de tecnologias feita, será possível o estudo aprofundado para a criação do projeto, visando conhecimentos de eletrônica, robótica, programação de UI/UX, e interface interativa para o usuário.

Figura 5: Ferramentas e Tecnologias

HYDROBOT		FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS	
TECNOLOGIA	ÁREA	FUNÇÃO	
HTML/CSS COM AUXÍLIO DE BOOTSTRAP E NEXT.JS	SITE/FRONT-END	Desenvolver a parte visual da aplicação web para o usuário	
JAVASCRIPT	SITE/BACK-END	Desenvolver as funções e interações do usuário com o sistema	
FIREBASE	SITE/BACK-END	Carregar e salvar dados importantes sobre clientes e o site	
EXPO : UTILIZA REACT-NATIVE, BASEADO EM TYPESCRIPT	APP/FRONT-END & BACK-END	Simplifica a criação de aplicações para controle e monitoramento do hardware de uma forma fluida e com recursos otimizados	
BLE, VECTOR-ICONS, EXPO-ROUTER, EXPO-STATUS-BAR	APP/FRONT-END & BACK-END	Bibliotecas para controle da interação do bluetooth do celular, e outros componentes visuais	
C++	HARDWARE/BACK-END	Linguagem escolhida para a programação do microcontrolador	
ARDUINO IDE	HARDWARE	Ferramenta de edição de código para programar o nosso microcontrolador em C++	
BLE (DEVICE, SERVICE, UTIS, 2902), ARDUINO.H	HARDWARE/BACK-END	Bibliotecas para o controle do bluetooth e a interação com o sistema	
GITHUB	ESCOPO DO PROJETO	Escolhido para fazer a documentação e o versionamento de código de toda a proposta do projeto	
EXPO-DEV	APP/APLICAÇÃO	Será usado para criar as instâncias para a instalação do aplicativo no celular	
VISUAL STUDIO CODE	APP & SITE	Ferramenta de edição de código com disponibilidade de várias extensões que auxiliam a programar o sistema	
TRELLO	ORGANIZAÇÃO DE ATIVIDADES	Ferramenta que auxilia a organização das tarefas à cada participante do projeto, concedendo-lhes as atividades designadas	
CANVA, FIGMA, LUCIDCHART	CRIAÇÃO DE DIAGRAMAS E ELEMENTOS VISUAIS	Ferramentas que serão utilizadas para o desenvolvimento dos principais diagramas e outros elementos gráficos	
GOOGLE DOCS	EDIÇÃO DE TEXTO	Ferramenta utilizada para reunir e organizar o desenvolvimento do projeto e sua documentação	
CONCEITOS DE ELETRÔNICA, SOLDAGEM, PROGRAMAÇÃO DE MICROCONTROLADORES E OUTROS.	HARDWARE	Conceitos importantes para programar e desenvolver o hardware, focando em otimizar o circuito através da solda, e o estudo do sistema hidráulico, elétrico, entre outros	

Fonte: Autores (2025)

2.2.4. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO FÍSICO

O desenvolvimento do protótipo do HydroBot foi realizado seguindo uma abordagem de prototipagem rápida, através da análise de viabilidade e dos requisitos funcionais. No contexto da robótica educacional, da Silva e Scherer destacam que protótipos de robôs móveis de baixo custo, baseados em plataformas como o Arduino, são fundamentais para testar soluções de forma incremental e acessível, o que se aproxima da estratégia adotada no HydroBot para validar o conceito de um robô bombeiro autônomo antes da sua versão final. O projeto tem como base os conceitos aplicados no primeiro modelo do projeto

2.2.4.1. REQUISITOS FUNCIONAIS

RFH01 - Detecção de chamas

O sistema de hardware deverá detectar a presença de chamas em um raio mínimo de 40 cm por meio de sensores de chama, enviando o sinal de detecção imediatamente para a placa escolhida para tomada de decisão.

RFH02 - Navegação autônoma em corredores estreitos

O robô deverá realizar a navegação autônoma em ambientes fechados, utilizando sensores infravermelhos para desviar de obstáculos e percorrer corredores com largura mínima de aproximadamente 40 cm, sem intervenção humana.

RFH03 - Acionamento do sistema de combate ao fogo (spray)

Ao detectar um foco de incêndio dentro da área de atuação, o hardware deverá acionar automaticamente a bomba de água e o sistema de spray, direcionando o jato para a fonte de chama até que o fogo seja extinto ou até o tempo limite configurado, e o controle da pressão da água.

RFH04 - Monitoramento de energia e retorno à base

O hardware deverá monitorar o nível de carga das baterias e/ou o nível de água do reservatório e, ao atingir um valor mínimo pré-estabelecido, deverá enviar sinal para o sistema de controle para que o robô retorne autonomamente à base para recarga/abastecimento.

2.2.4.2. VIABILIDADE DO PROJETO

2.2.4.2.1. COMPONENTES

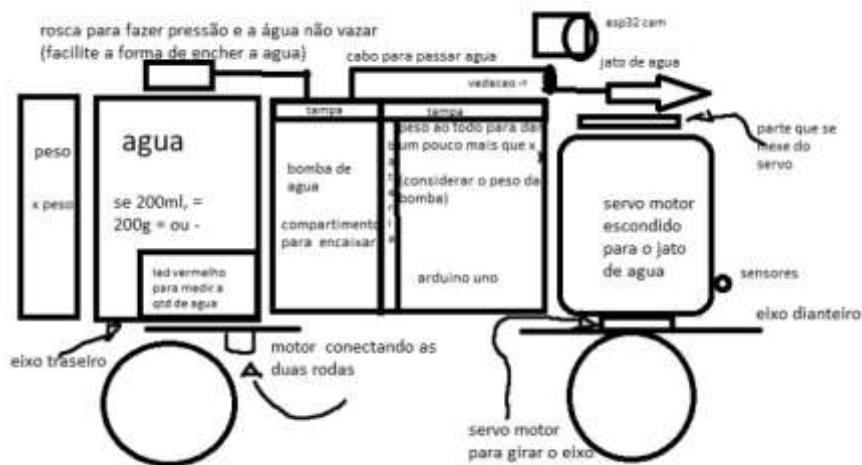
- Esp32-S3 UNO : Microcontrolador que se conecta ao Wifi, Bluetooth e permite inteligência artificial básica, machine-learning e com objetivo de controlar todos os componentes do circuito.
- Sensores KY-026 : Sensor de Infravermelho, que detecta o fogo em uma determinada distância, porém, precisa de calibração e pode ser incerto
- Bomba JT-100 : Bomba submersa utilizada dentro do tanque para facilitar a vedação 1 a 2 L/min.
- Sensor de Nível FD-10 : Calcula e retorna o nível da água com precisão média
- Leds, Transistores, Capacitores, Resistores, Jumpers, Solda & Outros: Utilizados para a adaptação de cada componente em uma placa soldada, otimizando qualquer tipo de circuito
- Motor DC + Ponte H L298N + Engrenagens : Compõem a mecânica do sistema de forma otimizada
- Bateria 3600, de 4,7V : Carregam o sistema

2.2.4.2.2. ESTRUTURA DO PROJETO

A partir da definição dos componentes do sistema, será elaborado um protótipo desenhado (layout de baixa fidelidade) para representar a solução e apoiar a escolha da estrutura física futura do HydroBot. Esse tipo de protótipo permite explorar e ajustar rapidamente a organização dos elementos — reservatório, bomba, placa eletrônica, bateria, motores e engrenagens — com baixo custo, antes de investir em versões mais complexas do produto (MERCADO ONLINE DIGITAL, 2025).

A definição dessa estrutura física nas etapas iniciais segue o que Pahl e Beitz descrevem como embodiment design: o momento em que o layout global do produto é organizado em subconjuntos e componentes, influenciando diretamente montagem, produção, manutenção e desempenho. Segundo os autores, uma configuração física mal planejada nessa fase tende a gerar retrabalho caro e difícil de corrigir nas etapas seguintes de detalhamento do projeto (PAHL; BEITZ, 2007)

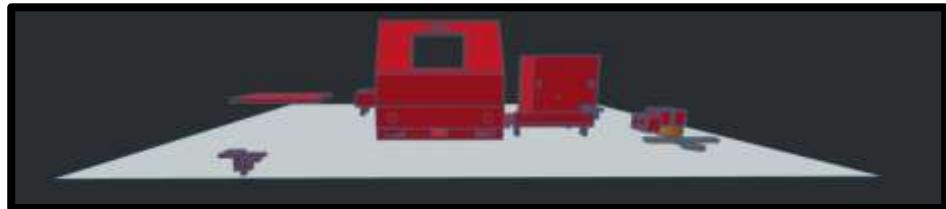
Figura 6: Layout de baixa fidelidade do projeto



Fonte: Autores (2025)

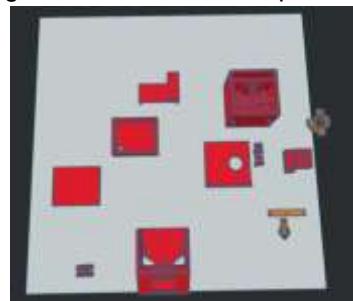
Com base nesse modelo inicial, foi feita a análise de viabilidade para a impressão 3D da estrutura ou, alternativamente, para o reaproveitamento de um carrinho de bombeiro de brinquedo, opção que se mostrou mais adequada às necessidades do projeto.

Figura 7: Modelo 3D - Frontal



Fonte: Autores (2025)

Figura 8: Modelo 3D - Topo



Fonte: Autores (2025)

Figura 9: Modelo Físico de Plástico escolhido para o desenvolvimento

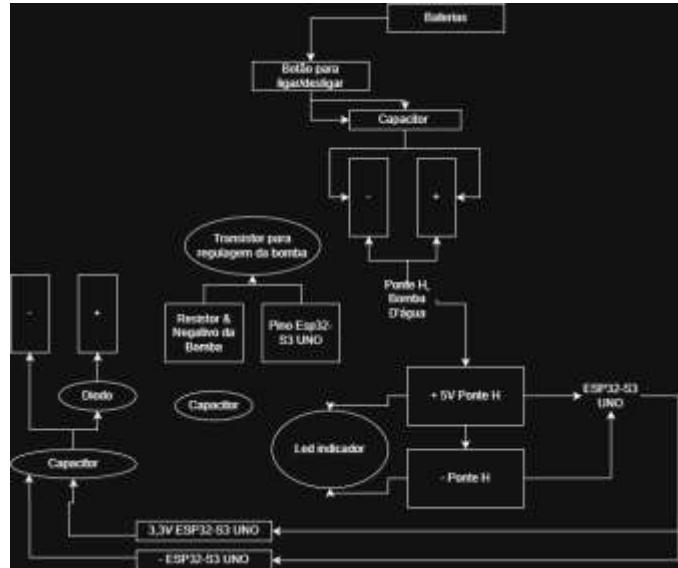


Fonte: Adaptado de Magazine Luiza (2025).

2.2.4.3. SISTEMA ELÉTRICO

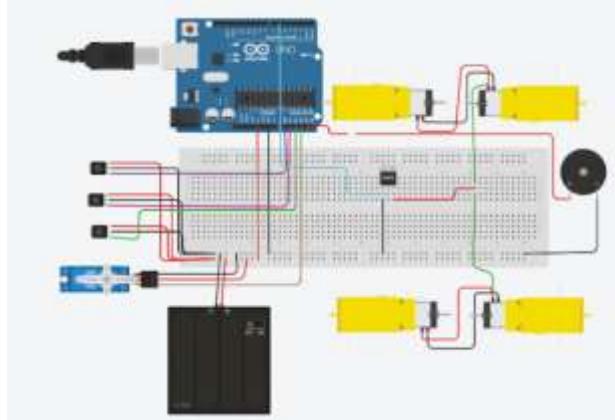
Para o sistema elétrico do protótipo, será desenvolvida uma placa de circuito montada e soldada em placa padrão perfurada, com a finalidade de organizar e integrar os componentes eletrônicos em um único módulo. Essa solução otimiza o espaço, reduz falhas de conexão típicas de montagem em protoboard e garante uma interação mais estável entre alimentação, sensores e atuadores, contribuindo para o funcionamento confiável do sistema através dos capacitores, transistores, resistores e outros indicadores de funcionamento. A placa terá todo o negativo em comum para garantir estabilidade.

Figura 10: Diagrama elétrico básico



Fonte: Autores (2025)

Figura 11: Representação do circuito elétrico simples



Fonte: Autores (2025)

2.2.4.4. SISTEMA HIDRÁULICO

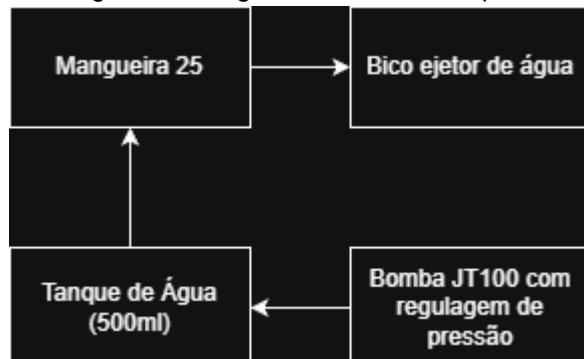
No sistema hidráulico, pretende-se reaproveitar o reservatório e a tubulação que já existem no caminhão Max Bombeiro, adicionando uma mini bomba elétrica com regulagem de pressão por PWM. A água do reservatório (capacidade prevista de 500 mL) será puxada pela bomba, enviada por uma mangueira de aproximadamente 40cm e lançada pelo bico na ponta da escada, formando o jato de água.

Com base nas especificações da mini bomba submersa de 3–6 V, que apresentam vazão em torno de 80 a 120 L/h (≈ 1 a $2,0$ L/min) e considerando que no projeto a alimentação ficará próxima de 10 V, estima-se trabalhar com uma vazão por volta de 2 L/min para o planejamento. Nessa condição, o reservatório de 500 mL deverá esvaziar em cerca de 15 segundos de jato contínuo, e o tempo para encher o tanque com a mesma bomba ficará na mesma faixa, entre 15 e 20 segundos,

dependendo das perdas na mangueira e da altura do reservatório e da potência da bomba.

A partir dos dados de altura de recalque da mini bomba(cerca de 40 a 110 cm de coluna d'água) e do comprimento da mangueira, projeta-se que o jato alcance aproximadamente 0,8 a 1,0 metro de distância em condições ideais. Esses valores serão refinados em testes práticos na etapa de implementação, mas já servem como referência para o dimensionamento inicial do sistema.

Figura 12: Diagrama hidráulico simples



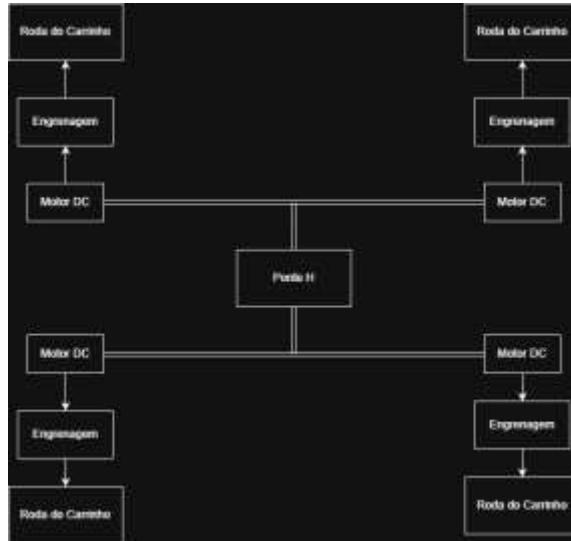
Fonte: Autores (2025)

2.2.4.5. SISTEMA MECÂNICO

Para o sistema mecânico, será feita a adaptação do chassi do caminhão Max Bombeiro para receber dois conjuntos de tração independentes, um em cada lado do robô. Em cada lado, motores DC serão acoplados às rodas por meio de engrenagens internas, de forma a reduzir a velocidade de rotação e aumentar o torque disponível nas rodas. Essa redução mecânica deverá garantir tração suficiente para movimentar o conjunto estimado em cerca de 2 kg (estrutura, eletrônica, bateria e reservatório cheio), mantendo estabilidade em diferentes tipos de piso.

Os conjuntos de rodas esquerda e direita serão ligados a uma ponte H, configurando um sistema de movimentação do tipo differential drive, em que cada lado é controlado de forma independente. Nesse arranjo, o robô avança quando os dois lados giram no mesmo sentido e com velocidades semelhantes; para girar sobre o próprio eixo, um lado é acionado para frente enquanto o outro é acionado em ré. Esse princípio, amplamente utilizado em robôs móveis com tração diferencial por permitir manobras em espaços reduzidos e boa capacidade de giro, aproxima o comportamento do HydroBot de um veículo de combate a incêndio em miniatura, capaz de operar em diferentes superfícies sempre que houver aderência nas rodas (TRAN; VU, 2023; WHEELED..., 2017)

Figura 13 – Diagrama em blocos do sistema de tração diferencial do HydroBot



Fonte: Autores (2025)

2.2.4.6. ANÁLISE DE ENERGIA

O orçamento de energia é crucial em robôs móveis, pois o peso e o custo das baterias limitam diretamente a autonomia e o alcance. No HydroBot, a bateria recarregável de 3600 mAh, com tensão de 3,7–4,7 V, alimenta a ESP32-S3 UNO, sensores, motores e a bomba JT-100. A ESP32-S3 consome 80–200 mA, dependendo do uso de Wi-Fi/Bluetooth, e a bomba JT-100 consome 180–200 mA. Os motores DC, controlados pela ponte H L298N, podem consumir até 2 A em picos.

Em operação, a ESP32-S3 e os sensores ficam ligados constantemente, com os motores acionados 50% do tempo e a bomba utilizada intermitentemente, resultando em um consumo médio de 0,7–0,9 A. Considerando 80% da capacidade útil da bateria, a autonomia teórica é de 3 a 4 horas, mas na prática, limita-se a cerca de 3 horas, quando a tensão da bateria atinge 3,2–3,3 V, o que aciona o retorno automático à base.

Figura 14 - Relação básica de autonomia

$$t \approx \frac{C_{bat}}{I_{médio}}$$

Fonte: Autores (2025)

Em modo standby, com os motores desligados e apenas a ESP32-S3 e os sensores ativos, a bateria pode manter o robô ligado entre 24 e 30 horas. Em carga máxima, com motores e bomba acionados, a autonomia reduz para cerca de 2 horas. A recarga das células Li-ion de 3600 mAh, com corrente de 0,5–1 A, leva de 4

a 8 horas para carga completa. O HydroBot segue um ciclo operacional de patrulha seguido por recarga noturna, garantindo operação segura ao longo do dia.

Tabela 1 - Análise de Componentes

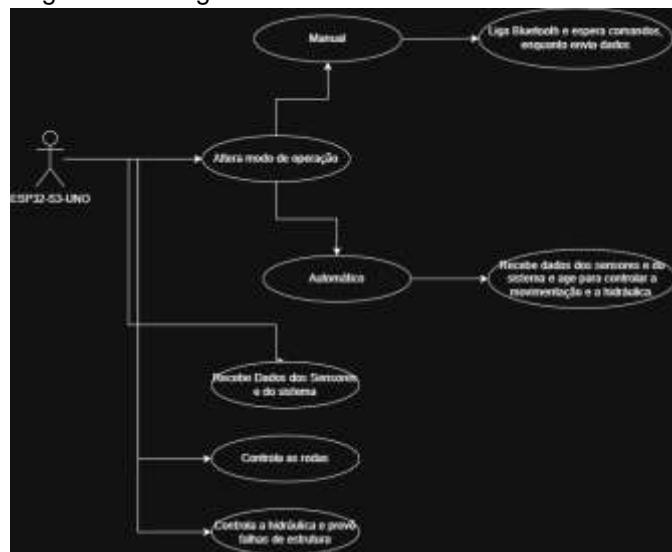
Cenário de operação	Componentes ativos principais	Corrente média estimada (I)	Capacidade útil considerada ($C \approx 80\%$ de 3600 mAh)	Autonomia aproximada*
Standby	ESP32-S3 ligada, sensores ativos, motores e bomba desligados	~0,08 A	2,9 Ah	~24–30 h
Patrulha normal	ESP32-S3 + sensores; motores acionados em média 50% do tempo; bomba usada esporadicamente	~0,8 A	2,9 Ah	~3–4 h
Ação de combate curta	ESP32-S3 + sensores; motores ativos; bomba ligada continuamente durante o jato	~1,2–1,5 A	2,9 Ah	~2 h (limite extremo)
Somente teste hidráulico	ESP32-S3 + bomba ligada sem deslocamento (motores desligados)	~0,25–0,3 A	2,9 Ah	~8–10 h

*Autonomia estimada pela relação básica, devendo ser refinada em testes práticos.

Fonte: Autores (2025)

2.2.4.7. DIAGRAMA DE CASO DE USO

Figura 15 - Diagrama de Caso de uso do modelo físico



Fonte: Autores (2025)

2.2.5. BUSINESS MODEL CANVAS

O Business Model Canvas é utilizado no projeto porque proporciona uma visualização clara e integrada dos blocos estratégicos do modelo de negócio — facilitando a identificação de lacunas, o alinhamento da equipe e a tomada de decisões ágeis (ATLASSIAN, 2025).

Figura 16: Business Model Canvas



Fonte: Autores (2025)

2.2.6. DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES UI/UX PARA CONTROLE E INTERAÇÃO AO USUÁRIO

De acordo com estudo da Forrester Research, uma interface bem projetada pode aumentar a taxa de conversão em até 200%, enquanto uma experiência de usuário otimizada pode elevar essa taxa para até 400%. Assim, focaremos em um design de UI/UX decisivo, otimizado para os clientes e acessível para o conhecimento do HydroBot, o que o projeto seguiu, e controle do mesmo.

2.2.6.1. WEB

2.2.6.1.1. REQUISITOS FUNCIONAIS

RFW01 – Navegação multilíngue integrada

O site deverá permitir que o usuário alterne entre Português, Inglês e Espanhol, mantendo todo o conteúdo consistente em qualquer página acessada.

RFW02 – Sistema de acessibilidade com leitura automática

O site deverá disponibilizar um recurso de leitura em voz (ícone) que leia o conteúdo textual da página para fins de acessibilidade e apoio a usuários com necessidades especiais.

RFW03 – Envio de perguntas pelo sistema de chat

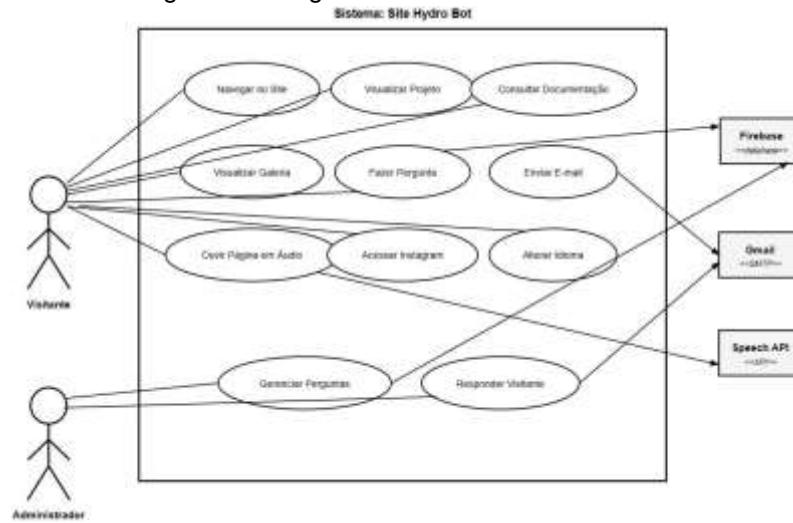
O site deverá oferecer um botão de chat (ícone) que permita ao usuário enviar perguntas, as quais serão registradas no banco de dados do projeto para consulta, análise ou resposta futura.

RFW04 – Apresentação estruturada de informações do projeto

O site deverá exibir, de forma organizada e responsiva, todas as informações relevantes do HydroBot, incluindo: arquitetura, etapas do projeto, componentes essenciais, documentação e galeria de casos de incêndio.

2.2.6.2. DIAGRAMA DE CASO DE USO

Figura 17: Diagrama de Caso de Uso do Site



Fonte: Autores (2025)

2.2.6.3. LAYOUT DE BAIXA FIDELIDADE

Figura 18: Layout de baixa fidelidade do site



Fonte: Autores (2025)

2.2.6.4. APP

2.2.6.4.1. REQUISITOS FUNCIONAIS

RFA01 – Conexão com o robô via Bluetooth/Wi-Fi

O aplicativo móvel, desenvolvido em React (React Native), deverá estabelecer conexão com o robô bombeiro (via Bluetooth ou Wi-Fi, conforme projeto), permitindo a troca de informações de controle e monitoramento.

RFA02 – Controle manual de movimentação e combate

O aplicativo deverá permitir que o usuário controle manualmente o robô, oferecendo

comandos de movimentação (frente, ré, esquerda, direita, parar) e comandos de combate (ligar/desligar spray, regular a pressão da água, etc.).

RFA03 – Notificações de alerta ao usuário e instância de app

O aplicativo deverá enviar notificações ao usuário sempre que um foco de incêndio for detectado, quando o nível de bateria ou de água estiver baixo ou quando o robô iniciar/encerrar o retorno à base, além de ter o app em seu celular para otimizar o tempo de resposta.

RFA04 – Seleção de modo de operação e comandos especiais

O aplicativo deverá permitir ao usuário selecionar o modo de operação do robô (autônomo ou manual) e enviar comandos especiais, como iniciar patrulha, pausar patrulha e comandar o retorno imediato à base.

2.2.6.4.2. DIAGRAMA DE CASO DE USO

Figura 19: Diagrama de Caso de Uso do Aplicativo Mobile



Fonte: Autores (2025)

2.2.6.4.3. LAYOUT DE BAIXA FIDELIDADE

Figura 20: Layout de baixa fidelidade do app



Fonte: Autores (2025)

2.3. RESULTADOS

2.3.1. APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO (FUNCIONAMENTOS)

2.3.1.1. DESENVOLVIMENTO

A partir do planejamento e do levantamento de requisitos, iniciou-se a etapa em que realmente “colocamos a mão na massa” no desenvolvimento do HydroBot. A base móvel foi adaptada a partir de um brinquedo reutilizado, o que exigiu cortes, ajustes na estrutura e criação de suportes para acomodar motores, sensores e o reservatório de água. Durante a montagem inicial, percebemos a necessidade de reposicionar os sensores de chama para ampliar o campo de detecção e de reforçar a fixação do reservatório, evitando vazamentos durante o deslocamento. A instalação do sistema hidráulico e da bomba também passou por ajustes sucessivos até que o jato de água atingisse o foco de fogo com alcance e direção adequados.

Em paralelo, a montagem eletrônica passou por várias iterações: reorganizamos o cabeamento para reduzir interferências e facilitar a manutenção, refinamos a lógica de acionamento dos motores e do spray e realizamos múltiplos ciclos de teste e correção de erros. A figura a seguir ilustra esse processo de desenvolvimento, desde as primeiras montagens do chassi adaptado, passando pela integração dos componentes eletrônicos e hidráulicos, até o protótipo mais maduro em funcionamento nos testes em bancada. Esse movimento contínuo de construir, testar, identificar problemas e melhorar o protótipo está diretamente alinhado à ideia de aprendizagem pela prática em projetos de robótica, em que o erro faz parte do processo de aperfeiçoamento (DA SILVA; SCHERER, 2013).

Figura 21: Processo de Desenvolvimento do HydroBot



Fonte: Autores (2025)

2.3.1.2. PROTÓTIPO FINAL

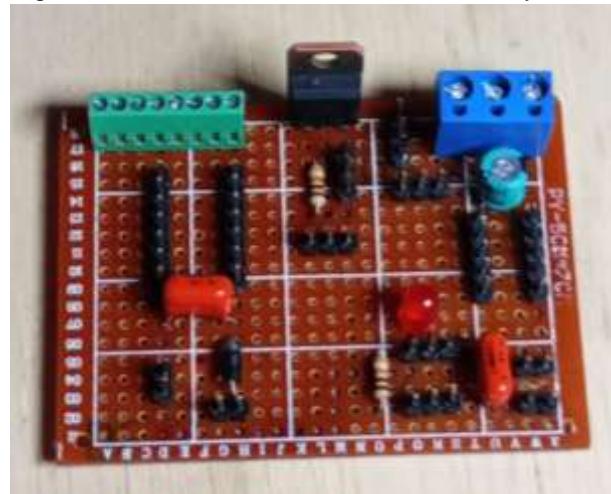
Figura 22 – Protótipo físico final do HydroBot



Fonte: Autores (2025)

2.3.1.3. CIRCUITO

Figura 23 – Placa de circuito montada do HydroBot



Fonte: Autores (2025)

2.3.1.4. HIDRÁULICA

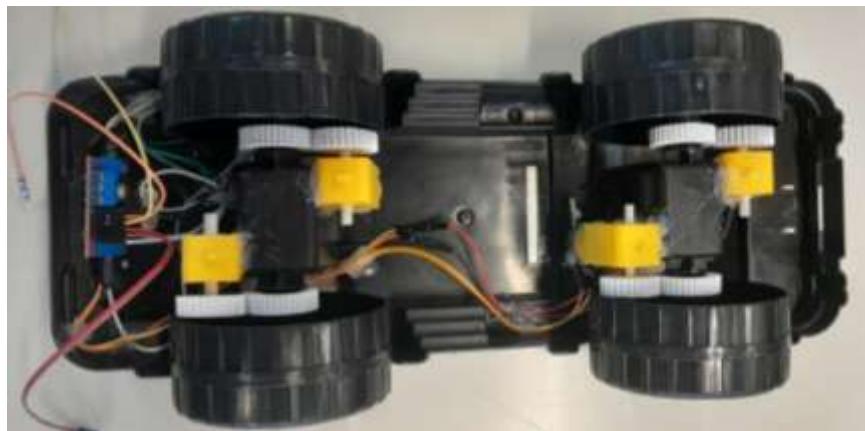
Figura 24 – Sistema hidráulico do HydroBot



Fonte: Autores (2025)

2.3.1.5. MECÂNICA

Figura 25 – Sistema mecânico e tração do HydroBot



Fonte: Autores (2025)

2.3.1.6. CÓDIGO DO CIRCUITO

A implementação do código para o HydroBot foi realizada com sucesso, atendendo aos principais requisitos do projeto. O código desenvolvido integrou os sensores de chama e infravermelho à placa ESP32-S3 UNO, permitindo que o robô detectasse focos de incêndio de forma eficiente e acionasse o sistema de spray para extinguir o fogo de maneira precisa. A navegação autônoma também foi habilitada, permitindo que o robô se movesse de forma autônoma, desviando de obstáculos e realizando a missão de combate a incêndios de maneira independente.

Além disso, a calibração dos sensores foi feita de forma a garantir que o robô identificasse o incêndio com precisão, respeitando os limites e parâmetros definidos no projeto. O código permitiu ainda o controle remoto via Bluetooth por meio do aplicativo, o que possibilitou ao usuário monitorar o robô e ajustar configurações, como o acionamento do spray, conforme necessário.

Tudo funcionou conforme o esperado, cumprindo os requisitos de detecção, combate ao fogo e navegação. O sistema de recarga automática também foi implementado com sucesso, permitindo que o robô retornasse à base quando necessário para garantir a continuidade da operação. O funcionamento do protótipo validou a eficácia do código e a viabilidade do HydroBot como uma solução autônoma para combate a incêndios.

2.3.2. TESTES REALIZADOS

A realização de testes é uma etapa fundamental no desenvolvimento de sistemas embarcados como o HydroBot, pois é por meio deles que se verifica se o protótipo realmente atende aos requisitos funcionais e de segurança definidos no projeto. Sommerville destaca que os testes têm como objetivo principal verificar se o software cumpre os requisitos especificados e se as funcionalidades operam corretamente, garantindo um produto mais confiável ao usuário final.

De forma complementar, autores clássicos como Myers reforçam que uma parcela significativa do tempo e do custo de um projeto de software é dedicada à testagem, justamente porque ela representa a “linha de defesa” contra falhas antes da entrega do sistema.

No contexto de protótipos de engenharia, os testes também são essenciais para avaliar o desempenho do hardware, identificar limitações e orientar melhorias incrementais no projeto.

No caso do HydroBot, os testes realizados permitiram validar, na prática, a integração entre sensores de chama e infravermelho, a lógica de navegação, o acionamento do sistema de spray e o controle via interface, mostrando que o protótipo se comporta de acordo com o que foi projetado. A figura abaixo apresenta a fase de testes, evidenciando como o projeto foi testado e posteriormente, refinado para atingir os requisitos definidos, corrigir problemas identificados e adaptar para evitar possíveis problemas.

Figura 26: Testes iniciais durante o desenvolvimento do software, hardware e a adaptação do projeto

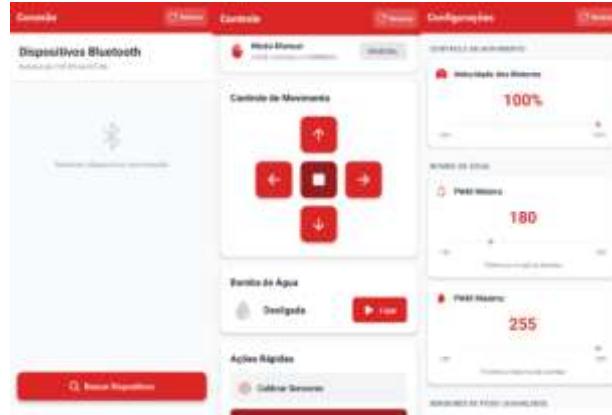


Fonte: Autores (2025). Vídeo disponível em: <<https://youtu.be/KF0IwnlyTP4>>. Acesso em: 23 nov. 2025.

2.3.3. INTERFACE DO USUÁRIO

A implementação do aplicativo móvel em React para o HydroBot tem como foco oferecer ao usuário um meio intuitivo de monitorar o robô em tempo real, acionar modos de patrulha, visualizar alertas e acompanhar o histórico de eventos. Desde a primeira versão, o app é pensado como um sistema em melhoria contínua, passando por ciclos de teste e refinamento a partir do feedback de usuários e de simulações. Isso permite ajustar fluxos de navegação, textos explicativos, ícones e feedbacks visuais, adaptando a interface às necessidades reais de estudantes, técnicos e equipes de segurança. Uma interface bem estruturada, clara e responsiva não apenas reduz erros de operação em cenários críticos, como também aumenta a confiança no sistema e facilita o aprendizado de novos usuários. Segundo Preece, Rogers e Sharp (2013), interfaces projetadas com foco em usabilidade e experiência do usuário favorecem a compreensão das funções do sistema, minimizam a carga cognitiva e tornam a interação mais eficaz e segura, especialmente em aplicações sensíveis como as de monitoramento e controle.

Figura 27: Interface final do aplicativo para o usuário



Fonte: Autores (2025)

2.3.4. EVENTOS PARTICIPADOS

Durante seu desenvolvimento, o HydroBot foi divulgado em eventos acadêmicos, feiras de tecnologia e meios de comunicação, reforçando seu impacto educacional, social e tecnológico. Essas participações permitiram ao público conhecer o funcionamento do protótipo, compartilhar experiências com outros projetos e validar a relevância da proposta junto à comunidade.

Casa Aberta da ETEC Rodrigues de Abreu (25/10/2024): A primeira apresentação pública ocorreu na Casa Aberta da escola, ocasião em que o protótipo inicial foi exibido para alunos, professores e visitantes, demonstrando os primeiros resultados da pesquisa e despertando o interesse da comunidade escolar.

Figura 28: Apresentação do modelo 1.0 do HydroBot (2024)



Fonte: Autores (2025)

Arduino Day FATEC Bauru (24/03/2025): O projeto participou do Arduino Day na FATEC Bauru, evento voltado à difusão de projetos com tecnologia Arduino. O HydroBot foi apresentado ao lado de outras iniciativas inovadoras na área de automação e robótica, promovendo troca de conhecimento com a comunidade técnica e acadêmica.

Figura 29: Competindo com o projeto 1.0 do HydroBot no Arduino Day 2025



Fonte: Autores (2025)

Reportagem BG Interior (30/09/2025): O HydroBot foi destaque em reportagem do BG Interior, com a matéria intitulada "Bauru: alunos desenvolveram um robô bombeiro", que apresentou o trabalho dos estudantes da ETEC e sua contribuição para a segurança e inovação tecnológica na região.

Figura 30: Entrevista com a Record Paulista (2025)



Fonte: Record Paulista (2025). Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_52R-JM0IVI>. Acesso em: 23 nov.2025.

Reportagem BG SP (03/10/2025): O projeto ganhou visibilidade estadual na reportagem do BG SP intitulada "Feira em São Paulo mostra projetos inovadores de estudantes de tecnologia", ampliando o alcance da divulgação e destacando o potencial inovador do HydroBot.

Figura 31: Entrevista com a Balanço Geral



Fonte: Balanço Geral (2025). Vídeo disponível em:
<https://youtu.be/Wk1t5fGeSlg?si=QWVJcEpmQJytD1p->. Acesso em 23 nov.2025.

16ª FETEPS - Centro Paula Souza (02/10/2025): A participação mais relevante ocorreu na 16ª Feira Tecnológica do Centro Paula Souza (FETEPS), evento oficial que reúne os melhores projetos técnicos e tecnológicos desenvolvidos nas unidades do Centro Paula Souza. Representando a ETEC Rodrigues de Abreu, o HydroBot foi avaliado por uma banca técnica e apresentado ao público geral, consolidando-se como uma proposta viável e bem fundamentada no campo da robótica aplicada à segurança.

Figura 32: Participando de 16º Feteps (2025)



Fonte: Autores (2025)

Expo Jovem Avaí (02/10/2025): O projeto foi exposto na Expo Jovem Avaí 2025, espaço voltado à divulgação de soluções estudantis inovadoras com impacto social e educativo. Essa participação reforçou o caráter interdisciplinar do HydroBot e sua aplicabilidade em diferentes contextos.

Figura 33: Apresentando o HydroBot na Expo Jovem Avaí



Fonte: Autores (2025)

EcoEsquema (08/11/2025): O HydroBot foi apresentado no evento EcoEsquema, plataforma dedicada a iniciativas sustentáveis e tecnológicas, destacando o alinhamento do projeto com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Figura 34: Apresentando o modelo atual na feira anual EcoEsquema (Esquema único)



Fonte: Autores (2025)

Casa Aberta da ETEC Rodrigues de Abreu (31/10/2025): O projeto retornou à Casa Aberta da escola apresentando o HydroBot 2.0, versão atualizada e otimizada do protótipo. Com a adaptação do controlador ESP32-S3 UNO e melhorias nos sistemas mecânico, eletrônico e hidráulico, o modelo atual demonstrou maior estabilidade, eficiência e funcionalidade, evidenciando a evolução técnica alcançada ao longo do desenvolvimento.

Figura 35: Apresentação do HydroBot na casa aberta 2025



Fonte: Autores (2025)

2.3.5. PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Durante o desenvolvimento e os testes do HydroBot, foram identificados desafios técnicos que impactaram o desempenho e a estabilidade do protótipo:

Falha de sensores por uso prolongado: Após períodos extensos de operação, os sensores de chama e infravermelhos apresentaram instabilidade nas leituras, comprometendo a precisão na detecção de focos de incêndio.

Regulagem imprecisa da pressão de água: O sistema hidráulico permite ajuste de pressão, porém a regulagem não oferece controle fino, resultando em variações na intensidade do jato durante o combate às chamas.

Instabilidade da movimentação: As rodas de plástico apresentaram desnivelamento, prejudicando a aderência ao solo e causando deslocamentos irregulares, especialmente em superfícies lisas.

Sobrecarga do ESP32-CAM: A execução de algoritmos de inteligência artificial para detecção visual de fogo sobrecarregou o processamento do ESP32-CAM, provocando travamentos e, em alguns casos, queima dos componentes. Esse problema motivou a transição para a ESP32-S3 UNO após a FETEPS.

Falhas na comunicação de dados com o aplicativo: Informações dos sensores, como o nível de água no reservatório e identificação de qual sensor foi ativado, não eram exibidas corretamente no aplicativo móvel, dificultando o monitoramento remoto em tempo real.

Problemas no sistema de recarga das baterias: Os carregadores utilizados apresentaram falhas recorrentes, impedindo o carregamento adequado das baterias recarregáveis e afetando a autonomia do robô durante os testes.

Esses desafios evidenciaram a necessidade de aprimoramentos futuros em componentes mecânicos, eletrônicos e de comunicação para tornar o sistema mais robusto e confiável em operações contínuas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão do projeto HydroBot demonstra que foi possível desenvolver um protótipo funcional de robô bombeiro autônomo utilizando tecnologias acessíveis, componentes de baixo custo e metodologia estruturada. O sistema atendeu aos objetivos propostos, integrando sensores, controle embarcado e sistema hidráulico para detecção e combate a pequenos focos de incêndio de forma autônoma.

Este desenvolvimento colabora diretamente com a minimização da problemática envolvendo segurança em ambientes de difícil acesso, oferecendo uma alternativa que reduz a exposição humana a situações de risco. Além disso, o projeto contribui para as áreas de robótica educacional, automação industrial e prevenção de incêndios, demonstrando que soluções tecnológicas inovadoras podem ser criadas em ambientes de ensino técnico, com impacto social real e aplicabilidade prática em residências, escolas e indústrias.

A concretização do HydroBot reforça a relevância do ensino técnico e da pesquisa aplicada como caminhos para soluções inovadoras e acessíveis. O desenvolvimento do protótipo, desde o planejamento até os testes em campo, só se concretizou graças ao apoio contínuo da escola e do corpo docente das instituições envolvidas.

Agradecemos à ETEC Rodrigues de Abreu e à FATEC pelo ambiente de estudo, pela infraestrutura disponibilizada e pela abertura para projetos que ultrapassam o limite da sala de aula, estimulando experimentação, responsabilidade e autonomia.

Reconhecemos o papel fundamental do professor Luís Felipe, cuja orientação na elaboração da documentação técnica estruturou o projeto com precisão, clareza e metodologia adequada.

Também destacamos a contribuição dos professores Fernando Graciano e Paulo Pereira, que apoiaram diretamente a execução prática do HydroBot. Suas interferências técnicas, revisões e direcionamentos foram cruciais para transformar conceitos em um protótipo funcional, viável e alinhado aos objetivos do projeto.

Por fim, registramos um agradecimento especial à professora Eliete Regina. Sua participação ultrapassou o acompanhamento acadêmico: ela correu atrás de documentação, garantiu nossa presença em eventos, nos levou para atividades externas, acompanhou o desenvolvimento de perto, cobrou evolução e, principalmente, demonstrou acreditar no potencial do HydroBot e no futuro do trabalho. Seu apoio constante foi decisivo para que o projeto alcançasse maturidade e visibilidade.

Encerramos este TCC conscientes de que o HydroBot não é resultado de um esforço isolado, mas de uma rede de apoio, orientação e dedicação coletiva. Esse reconhecimento integra de forma central as nossas considerações finais.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATLASSIAN. Business Model Canvas (BMC) Explained. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.atlassian.com/work-management/project-management/business-model-canvas>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

BIRREN, Faber. Color psychology and color therapy: a factual study of the influence of color on human life. New York: McGraw-Hill, 2017.

DA SILVA, Francisco Ioneiton; SCHERER, Daniel. Praxedes: protótipo de um kit educacional de robótica baseado na plataforma Arduino. *EaD & Tecnologias Digitais na Educação*, v. 1, n. 1, p. 44–56, 2013. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/ead/article/view/2654>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

DOURADO, João P. Análise SWOT como ferramenta estratégica de gestão. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, v. 16, n. 2, p. 45–59, 2024.

EQUIPE HydroBot. Testes iniciais – HydroBot. YouTube, 2025. 1 vídeo. Disponível em: <<https://youtu.be/KF0lwnlyTP4>>. Acesso em: 23 nov. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ (IFCE). Edital nº 3/2021 PRPI/REITORIA-IFCE: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – PIBITI/IFCE / CNPq. Fortaleza: IFCE, 22 abr. 2021. Disponível em: <https://portal.ifce.edu.br/documents/11280/Edital_PIBITI_3-2021_e_Anexos.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2025.

JENSEN, L. S.; ÖZKIL, A. G.; MORTENSEN, N. H. Prototypes in engineering design: definitions and strategies. In: *INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE – DESIGN 2016*, 2016, Dubrovnik. Anais... Dubrovnik, 2016.

Saad Innovative Ideas. DIY Fire Fighting Robot using Arduino | Auto Fire Chaser and Extinguisher. YouTube, 20 abr. 2024. 1 vídeo. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jsvAL9ogFBw>>. Acesso em: 6 nov. 2025.

MAGAZINE LUIZA. Caminhão Max Bombeiro Sai De Água Verdade Infantil Grande Com Escada Articulada E Boneco – Adijomar. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.magazineluiza.com.br/caminhao-max-bombeiro-sai-de-agua-verdade-infantil-grande-com-escada-articulada-e-boneco-adijomar/p/kb7bf28538/br/cmmt/>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

MERCADO ONLINE DIGITAL. Protótipo: o que é, sua importância, vantagens e como fazer. 2025. Disponível em: <<https://mercadoonlinedigital.com/blog/prototipo/>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

MYERS, Glenford J.; BADGETT, Tom; SANDLER, Corey. The art of software testing. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9: Indústria, inovação e infraestrutura. Nações Unidas Brasil, [s.d.]. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/9>>. Acesso em: 6 nov. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11: Cidades e comunidades sustentáveis. Nações Unidas Brasil, [s.d.]. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>>. Acesso em: 6 nov. 2025.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H. Engineering design: a systematic approach. 3. ed. London: Springer, 2007.

SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de software. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

TRAN, Anh-Minh Duc; VU, Tri-Vien; NGUYEN, Quang-Dung. A study on general state model of differential drive wheeled mobile robots. *Journal of Advanced Engineering and Computation*, v. 7, n. 3, p. 174–186, 2023.

KLANČAR, Gregor; ZDEŠAR, Andrej; BLAŽIČ, Sašo; ŠKRJANC, Igor. Wheeled mobile robotics: from fundamentals towards autonomous systems. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017.

WHEELER, A. Designing brand identity: an essential guide for the whole branding team. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2018.

SHEIKH, A. et al. Review paper on Arduino based fire fighting robot. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, v. 10, n. 5, p. 3769-3773, maio 2022. Disponível em: <<https://www.ijraset.com/research-paper/arduino-based-fire-fighting-robot>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

HOU, Linfei; ZHANG, Liang; KIM, Jongwon. Energy modeling and power measurement for mobile robots. *Energies*, v. 12, n. 1, art. 27, 2018. DOI: 10.3390/en12010027. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/1/27>. Acesso em: 14 nov. 2025.

FAROOQ, Muhammad Umar; EIZAD, Amre; BAE, Hyun-Ki. Power solutions for autonomous mobile robots: a survey. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 159, art. 104285, 2023. DOI: 10.1016/j.robot.2022.104285. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2022.104285>. Acesso em: 14 nov. 2025.

GUALTIERI, Mike. Leaving user experience to chance hurts companies. *Forrester Blogs*, 15 out. 2009. Disponível em: https://www.forrester.com/blogs/09-10-15-leaving_user_experience_to_chance_hurts_companies. Acesso em: 14 nov. 2025.

Record Paulista. Bauru: alunos desenvolveram um robô bombeiro - Record Paulista, Youtube, 2025. 1 vídeo. Disponível em: https://youtu.be/_52R-JM0IVI?si=bJ5rR9fJzTIEemJC. Acesso em: 23 nov. 2025.

Balanço Geral. Feira em São Paulo mostra projetos inovadores de estudantes de tecnologia - Balanço Geral. Youtube, 2025. 1 Vídeo. Disponível em: <https://youtu.be/Wk1t5fGeSlg?si=gVZ2qxmYDhzZ1INI>. Acesso em: 23 nov. 2025.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. *Design de interação: além da interação humano-computador*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.