

Etec Euro Albino de Souza
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico
em Eletrônica

Bryan Smith de Campos
Fábio de Oliveira Junior
José Eduardo dos Santos
Lucas Crispim dos Santos

Nautic Eyes: Tecnologia Sustentável Aplicada
ao Monitoramento Aquático com Embarcação
Autônoma Solar

ETEC EURO ALBINO DE SOUZA
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO
EM ELETRÔNICA

BRYAN SMITH DE CAMPOS
FÁBIO DE OLIVEIRA JUNIOR
JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS
LUCAS CRISPIM DOS SANTOS

NAUTIC EYES: TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL APLICADA
AO MONITORAMENTO AQUÁTICO COM EMBARCAÇÃO
AUTÔNOMA SOLAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Euro Albino de Souza, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, submetida à banca examinadora do curso Ensino Médio com Habilitação Profissional, como requisito para obtenção do diploma de Técnico em Eletrônica.

Orientador: Prof. Ms. Diogo Pedriali.

Ficha elaborada pelo Bibliotecário da Instituição.

C198n

Campos, Bryan Smith; Oliveira Junior, Fábio de; Santos, José Eduardo dos; Santos; Lucas Crispim dos.

NAUTIC EYES: Tecnologia Sustentável Aplicada ao Monitoramento Aquático com Embarcação Autônoma Solar – Mogi Guaçu – SP. 2025.

55 p.

Trabalho de Conclusão do Curso de Ensino Técnico Integrado ao Médio com Habilitação Profissional em Eletrônica da ETEC Euro Albino de Souza de Mogi Guaçu.

Orientador: Professor Mestre Diogo Pedriali.

1. Sensor aquático. 2. Fotovoltaico. 3. Barco I. Pedriali, Diogo (orientador)
II. Título.

CDD 621.47

Etec Euro Albino de Souza
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico
em Eletrônica

Nautic Eyes: Tecnologia Sustentável Aplicada ao
Monitoramento Aquático com Embarcação Autônoma
Solar

Monografia aprovada por banca examinadora em 18 de novembro de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Diogo Pedriali – (Orientador)

Prof. Luis Carlos Pompeu

Prof. José Carlos Monfredini

DEDICATÓRIA

Aos meus professores, que com paciência, conhecimento e incentivo foram fundamentais para a construção deste projeto e para o meu crescimento acadêmico. Aos meus colegas de equipe, pela parceria, esforço coletivo e dedicação ao longo de toda a jornada. Cada desafio enfrentado juntos fortaleceu nosso compromisso com a qualidade e a inovação a este trabalho.

E, especialmente, à minha família, pelo amor incondicional, apoio constante e por acreditarem em mim mesmo nos momentos mais difíceis, em especial dedicar ao meu avô que não pode estar me vendo formar, mas tenho certeza que seja aonde ele esteja ele está torcendo por mim, espero que esteja orgulhoso.

Esta dedicatória é escrita por mim, Oliveira Junior, Fábio de, em reconhecimento e gratidão a todos que fizeram parte desse caminho, sem vocês, nada disso teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus, por nos conceder força, saúde e sabedoria ao longo desta caminhada.

A todos os professores do curso, por cada ensinamento compartilhado, pela dedicação em sala de aula e pelo apoio durante o desenvolvimento deste projeto. Suas contribuições foram fundamentais para nossa formação.

Aos colegas do curso, com os quais foi possível experiências, aprender e crescer não só academicamente, mas também como pessoa. A convivência e a colaboração de cada um contribuíram muito para essa trajetória.

Agradeço, especialmente, ao nosso orientador, professor Diogo Pedriali, por sua orientação precisa, incentivo constante e por acreditar na viabilidade e importância deste projeto desde o início.

À ETEC Euro Albino de Souza, por proporcionar um ambiente de ensino comprometido com a excelência, inovação e formação integral dos alunos.

E a todos da ETEC Euro Albino de Souza, que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, deixamos nossos sinceros agradecimentos.

“Nenhum trabalho de qualidade pode ser feito sem
concentração e auto sacrifício, esforço e dúvida.”

Max Beerbohm, 1912.

RESUMO

O avanço tecnológico tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas para monitoramento ambiental, principalmente em ecossistemas aquáticos. O projeto Nautic Eyes apresenta uma solução inovadora ao integrar um sistema de propulsão elétrica, energia solar e conectividade inteligente para o monitoramento da vida lacustre. Essa embarcação inteligente busca facilitar a coleta de imagens ambientais em tempo real, reduzindo a necessidade de intervenção humana direta. Esta revisão sistemática, baseada no protocolo PRISMA, analisou estudos sobre embarcações autônomas e sensoriamento aquático, selecionando artigos de bases como Google Scholar, Periódico Capes e IEEE. Os resultados demonstraram que a aplicação de tecnologias como internet das coisas (IoT) e visão computacional melhora a coleta e análise de dados ambientais, proporcionando maior precisão, agilidade e eficiência no monitoramento dos ecossistemas aquáticos. Além disso, o uso de algoritmos de aprendizado de máquina tem sido amplamente explorado para aprimorar a interpretação dos dados coletados, contribuindo significativamente para a preservação e gestão sustentável dos ambientes aquáticos e promovendo o desenvolvimento de novas soluções inteligentes, colaborativas e acessíveis para pesquisadores, instituições e comunidades voltadas à conservação ambiental, estimulando também políticas públicas inovadoras e práticas educacionais sustentáveis. Tais avanços reforçam a importância da integração entre tecnologia, meio ambiente e ciência, favorecendo uma abordagem interdisciplinar essencial para o futuro da sustentabilidade global.

Palavras-chave: Sensoriamento aquático; Sensor fotovoltaico em barco; Monitoramento aquático; Mapeamento aquático.

ABSTRACT

Technological advancement has driven the development of environmental monitoring systems, especially in aquatic ecosystems. The Nautic Eyes project presents an innovative solution by integrating an electric propulsion system, solar energy, and smart connectivity for the monitoring of lake life. This intelligent vessel aims to facilitate the real-time collection of environmental images, reducing the need for direct human intervention. This systematic review, based on the PRISMA protocol, analyzed studies on autonomous vessels and aquatic sensing, selecting articles from databases such as Google Scholar, Capes Journal, and IEEE. The results showed that the application of technologies such as the Internet of Things (IoT) and computer vision improves the collection and analysis of environmental data, providing greater accuracy, agility, and efficiency in aquatic ecosystem monitoring. Furthermore, the use of machine learning algorithms has been widely explored to enhance the interpretation of collected data, significantly contributing to the preservation and sustainable management of aquatic environments. It also promotes the development of new intelligent, collaborative, and accessible solutions for researchers, institutions, and communities dedicated to environmental conservation, while encouraging innovative public policies and sustainable educational practices. These advances reinforce the importance of integrating technology, the environment, and science, fostering an interdisciplinary approach essential for the future of global sustainability.

Key words: Aquatic sensing; Photovoltaic sensor on boat; Aquatic monitoring; Aquatic mapping.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETEC	Escolas Técnicas do Estados de São Paulo
ONG	Organizações Não Governamentais
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
CC	Corrente Contínua
MDF	Medium Density Fiberboard

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.2	JUSTIFICATIVA	15
1.2.1	ANÁLISE FINANCEIRA	16
1.2.2	ANÁLISE SOCIAL	17
1.2.3	ANÁLISE AMBIENTAL	19
1.2.4	ANÁLISE DE SEGURANÇA	20
1.3	RELEVÂNCIA	21
2	DESENVOLVIMENTO	23
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1.1	FONTES DE INFORMAÇÕES	24
2.1.2	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	24
2.1.3	EXTRAÇÃO DE DADOS, ANÁLISE E APRESENTAÇÃO	25
2.1.4	CARACTERÍSTICAS DE ESTUDO	25
2.1.5	RESULTADOS	26
2.1.6	DISCUSSÃO	27
2.2	SISTEMA ELETRÔNICO E PROGRAMAÇÃO	27
2.3	RECURSOS NECESSÁRIOS	33
2.3.1	RECURSOS MATERIAS	34
2.3.2	RECURSOS TECNOLÓGICOS	34
2.3.3	RECURSOS HUMANOS	35
2.3.4	RECURSOS FISÍCOS E ESTRUTARAIIS	35
2.3.5	RECURSOS FINANCEIROS	35
2.4	CRONOGRAMA	35
2.5	DESENHOS E DETALHAMENTOS	37
2.6	CUSTOS	38
2.7	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	39
2.8	PROTOCOLO DE TESTES	41
2.8.1	EXECUÇÃO DOS TESTES	42
2.8.2	COLETA DE DADOS DOS TESTES	42

2.8.3	ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTES	43
2.9	MELHORIAS	44
2.10	ASPECTOS POSITIVOS	45
2.11	RISCOS	46
2.12	DIFERENCIAIS	48
2.13	RECOMENDAÇÕES.....	49
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
3.1	TRABALHOS FUTUROS	52
4	REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia trouxe inúmeras inovações para o monitoramento ambiental, especialmente no que diz respeito ao sensoriamento aquático. A crescente preocupação com a poluição da água, mudanças climáticas e preservação da biodiversidade lacustre impulsionou o desenvolvimento de tecnologias capazes de monitorar e analisar esses ecossistemas de maneira eficiente. Nesse contexto, embarcações equipadas com sistemas de sensoriamento remoto, incluindo o uso de sonares para análise subaquática, vêm se tornando cada vez mais relevantes.

Entretanto, ainda há uma escassez de soluções acessíveis, sustentáveis e eficientes que permitam o monitoramento em tempo real desses ambientes, especialmente em regiões de difícil acesso ou com poucos recursos tecnológicos. A necessidade de alternativas de baixo custo e baixo impacto ambiental é um desafio que ainda persiste em diversas iniciativas voltadas à preservação da vida lacustre.

O Nautic Eyes é um projeto inovador que busca responder a essa demanda. Ele combina, propulsão elétrica, e uma plataforma de navegação autônoma, oferecendo uma solução sustentável e integrada para o monitoramento da vida lacustre. A partir de sensores de baixo custo, um sistema suficientemente preciso para a aplicação em um veículo autônomo. O cérebro do sistema é baseado no ESP32, um microcontrolador que estabelece comunicação entre os sensores e os demais dispositivos embarcados. Com recursos de conectividade sem fio como *Wi-Fi* e *Bluetooth*, o ESP32 permite a transmissão e recepção de dados ambientais em tempo real.

Além disso, está acoplado a um módulo de câmera, responsável por capturar imagens e vídeos subaquático. Este sistema visual complementa o monitoramento feito por sensores, proporcionando uma visão mais ampla dos ecossistemas analisados.

O movimento da embarcação é feito de maneira sustentável, utilizando garrafas PET acopladas a motores de corrente contínua (CC), que funcionam girando com a funcionalidade semelhante à de uma roda d'água. A estrutura física do projeto foi construída com o uso de bambu, um material natural, resistente e de rápida renovação, reforçando o compromisso do projeto com práticas ecológicas e de baixo

impacto ambiental. Para proteger os componentes eletrônicos contra a umidade e possíveis respingos de água durante a operação, foi utilizada uma caixa de Medium Density Fiberboard (MDF) e sacolas biodegradáveis como sistema de vedação, o que contribui ainda mais para o caráter sustentável da embarcação, ao substituir plásticos convencionais por materiais de menor impacto ambiental. Todo o sistema é alimentado por duas baterias que são recarregadas por placas solares. A eletricidade gerada é responsável por recarregar a bateria que fornece a energia para os motores e demais componentes, garantindo que a embarcação funcione de forma autônoma e sem impacto ambiental.

Este projeto é voltado a instituições de ensino técnico, centros de pesquisa ambiental, organizações não governamentais e comunidades costeiras que desejam implementar soluções acessíveis de monitoramento ecológico, com foco na preservação de recursos hídricos e da biodiversidade lacustre.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e aplicação do projeto Nautic Eyes, uma embarcação autônoma e sustentável para o monitoramento aquático por meio de câmera subaquática, propulsão limpa e energia solar.

Esta monografia encontra-se organizada em capítulos. O primeiro capítulo introduz o contexto geral do projeto, no qual são apresentados os objetivos, justificativas e relevância da proposta. No segundo capítulo, é descrito o processo de desenvolvimento do protótipo, com detalhamento dos componentes, metodologias aplicadas e funcionamento do sistema. Por último, são realizadas as considerações finais sobre o projeto, bem como sugestões de melhorias e aplicações futuras.

1.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar e validar uma solução tecnológica sustentável para o monitoramento ambiental de ecossistemas aquáticos por meio do desenvolvimento de uma embarcação autônoma e de baixo custo, equipado com módulo de câmera, sistema de propulsão elétrica e alimentação por energia solar. A proposta visa integrar diferentes tecnologias embarcadas em um único sistema capaz de coletar, transmitir e armazenar dados ambientais em tempo real, promovendo a análise contínua da sujeira na água e vidas lacustre e contribuindo para ações de preservação, conscientização ecológica e apoio a pesquisas científicas voltadas à sustentabilidade e à conservação dos recursos hídricos.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Utilizar como cérebro do sistema o microcontrolador ESP32, viabilizando a leitura e o processamento das imagens e vídeos; fazendo a captação de imagens e vídeos subaquáticos por meio de um módulo de câmera acoplado à embarcação; avaliar a eficiência energética da propulsão elétrica alimentada por painéis solares, observando seu desempenho e autonomia; Validar o uso de materiais recicláveis e naturais, como garrafas PET, sacolas biodegradáveis e bambu, na construção da estrutura flutuante da embarcação, com foco na sustentabilidade, reaproveitamento de recursos e redução do impacto ambiental, verificar a transmissão de dados ambientais em tempo real, utilizando os recursos de conectividade *Wi-Fi* e *Bluetooth* do ESP32; e, por fim, testar o funcionamento do sistema em ambientes aquáticos simulados e reais, analisando o desempenho dos componentes e a estabilidade geral da embarcação.

1.2 JUSTIFICATIVA

A crescente degradação dos ecossistemas aquáticos no Brasil, impulsionada por fatores como poluição, descarte inadequado de resíduos e mudanças climáticas, tem gerado sérias consequências para a biodiversidade, a saúde pública e a disponibilidade de recursos hídricos. Segundo Elton Alisson (2023), ambientes marinhos e de água doce no Brasil sofrem intensamente com a poluição por micro plásticos, sendo que 83% dos peixes de água doce analisados apresentaram micro plásticos em seus sistemas digestivos. Esses dados evidenciam a urgência de soluções práticas e eficazes para o monitoramento da qualidade da água.

Outro problema recorrente é a eutrofização, processo desencadeado pelo excesso de nutrientes na água, frequentemente provenientes de esgotos domésticos e agrícolas. Esse fenômeno resulta na proliferação de algas e cianobactérias, reduzindo os níveis de oxigênio dissolvido e comprometendo a vida aquática. A ausência de saneamento básico em muitas regiões agrava esse quadro, com esgotos sendo despejados diretamente em rios e lagos sem tratamento adequado.

Diante desse contexto, torna-se fundamental o desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras, sustentáveis e de baixo custo que possam ser aplicadas de forma prática em projetos ambientais, iniciativas educacionais e atividades científicas. O projeto Nautic Eyes surge como uma proposta promissora ao unir componentes

eletrônicos de fácil aquisição com recursos de energia limpa, como a energia solar, e materiais recicláveis, como garrafas PET, para construir uma embarcação autônoma voltada ao monitoramento ambiental de corpos d'água. Além disso, com o intuito de proteger os componentes eletrônicos contra a umidade sem comprometer a proposta ecológica, o projeto emprega sacolas biodegradáveis como sistema de vedação, reforçando ainda mais o compromisso com a sustentabilidade e o uso de materiais de menor impacto ambiental. Segundo Soares (2023), o uso de embalagens biodegradáveis representa uma alternativa viável e responsável frente aos plásticos tradicionais, contribuindo com práticas mais ecológicas na área de tecnologia.

Além de sua aplicabilidade técnica, o projeto também se destaca por seu caráter educativo, podendo ser utilizado em instituições de ensino técnico e médio como ferramenta didática para o ensino de robótica, eletrônica e consciência ambiental. Dessa forma, a iniciativa contribui não apenas com soluções sustentáveis para o monitoramento da qualidade da água, mas também com a formação de uma geração mais consciente e preparada para enfrentar os desafios ambientais do século XXI.

1.2.1 ANÁLISE FINANCEIRA

O projeto Nautic Eyes foi inteiramente financiado pelos integrantes da equipe, sem o envolvimento de patrocinadores, instituições de ensino ou órgãos de fomento. Todos os recursos utilizados na construção do protótipo foram adquiridos com recursos próprios dos membros do grupo, demonstrando um compromisso significativo com o desenvolvimento de uma solução prática, acessível e ambientalmente responsável.

O custo total para a execução do projeto foi de R\$ 424,74 englobando a compra de componentes eletrônicos, impressão 3d, materiais estruturais e módulos de energia. Entre os itens adquiridos, estão componentes como microcontrolador, sistema de propulsão elétrica, baterias, controlador de carga e placas solares. O sistema também contou com uma câmera integrada ao ESP32 para a captura de imagens subaquáticas e a transmissão de dados via *Wi-Fi* e *Bluetooth*.

A embarcação foi projetada com foco em sustentabilidade, e sua estrutura de flutuação foi construída utilizando garrafas PET recicladas, reduzindo custos e promovendo a reutilização de materiais. Além disso, a base estrutural da embarcação

foi confeccionada com bambu, um material natural, leve e resistente, reconhecido por seu rápido crescimento e baixo impacto ambiental, o que reforça ainda mais o caráter ecológico do projeto. A fonte de energia do sistema é proveniente de painéis solares, garantindo operação autônoma e sem impacto ambiental direto. Para proteger os componentes eletrônicos contra a umidade e respingos durante a operação em ambientes aquáticos, foi utilizada uma caixa de MDF e sacolas biodegradáveis como vedação, substituindo plásticos convencionais e contribuindo com uma abordagem mais sustentável na proteção dos circuitos internos.

Em comparação com soluções comerciais, como um modelo de barco de controle remoto disponível no Mercado Livre (2025) por aproximadamente R\$ 187,00, observa-se que, apesar do custo semelhante, o modelo comercial carece de qualquer funcionalidade voltada ao monitoramento ambiental. Trata-se de um equipamento básico, que se limita ao deslocamento superficial na água, sem a presença de sensores, câmeras ou sistemas de transmissão e coleta de dados. Nesse sentido, o Nautic Eyes, mesmo com um investimento total de R\$ 424,74 apresenta um diferencial expressivo ao integrar múltiplas tecnologias embarcadas, como câmera subaquática, conectividade sem fio e alimentação por energia solar. Assim, configura-se como uma solução tecnológica inovadora, com aplicação educacional e alinhada aos princípios contemporâneos de sustentabilidade e acessibilidade.

Por fim, destaca-se que toda a montagem e programação do protótipo foi realizada exclusivamente pela equipe, sem contratação de mão de obra ou suporte técnico externo. Isso reforça não apenas a viabilidade financeira do projeto, mas também a capacitação prática dos alunos envolvidos.

1.2.2 ANÁLISE SOCIAL

O projeto Nautic Eyes possui um público-alvo diversificado, abrangendo organizações não governamentais (ONGs) que atuam na preservação ambiental, órgãos públicos como bombeiros e entidades responsáveis pela limpeza de rios e lagos, além de usuários individuais que desejam monitorar condições ambientais em suas propriedades ou áreas de interesse. Essa versatilidade amplia o alcance e a aplicabilidade do sistema em diferentes contextos sociais.

Além disso, o projeto pode ser aplicado para monitoramento em diversas áreas, possibilitando um acompanhamento completo e adaptável de variáveis ambientais.

Essa flexibilidade favorece sua utilização tanto em ambientes naturais quanto urbanos, contribuindo para um controle mais eficiente da qualidade ambiental.

Do ponto de vista ambiental, o Nautic Eyes utiliza garrafas PET reaproveitadas em sua estrutura de flutuação, o que promove o uso de materiais recicláveis e reforça a importância da sustentabilidade. Além disso, sua base foi construída com bambu, um material ecológico amplamente reconhecido por sua resistência, leveza e renovação acelerada, o que fortalece ainda mais o compromisso do projeto com práticas construtivas ambientalmente responsáveis. Para a proteção dos componentes eletrônicos, optou-se pela vedação com sacolas biodegradáveis, em substituição aos plásticos convencionais, minimizando ainda mais a geração de resíduos poluentes.

Embora o sistema não consuma água diretamente, ele contribui para a preservação hídrica ao incentivar a limpeza e o monitoramento das águas de lagos e riachos. Esse aspecto influencia positivamente o comportamento da população, despertando maior consciência sobre a importância de não poluir os corpos d'água e de adotar atitudes mais responsáveis no descarte de resíduos. A presença desses elementos sustentáveis no projeto também serve como ferramenta educativa, promovendo a reflexão sobre o reaproveitamento de materiais e a aplicação prática da tecnologia em favor do meio ambiente.

A utilização do projeto Nautic Eyes pode ser considerada uma importante ferramenta de educação ambiental e tecnológica, alinhada às práticas de robótica educacional que promovem a conscientização socioambiental. Segundo Eiras, (2024), a robótica aplicada ao ensino contribui significativamente para o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos, além de fomentar a compreensão sobre a educação ambiental.

A construção com materiais recicláveis, como garrafas PET, sacolas biodegradáveis e bambu sendo um recurso natural, reforça essa abordagem, incentivando uma postura sustentável e o engajamento social na preservação do meio ambiente. Dessa forma, o projeto não só contribui para a educação técnica e ambiental, mas também promove valores importantes para a transformação social e a proteção dos ecossistemas aquáticos.

O projeto também possui caráter educativo, pois integra conceitos de eletrônica e sustentabilidade, estimulando o uso de materiais recicláveis recursos naturais e

tecnologias limpas. Essa característica pode ser explorada em ações pedagógicas, como feiras de ciência e atividades escolares, para aproximar estudantes e comunidades do tema ambiental.

Por fim, existem diversas melhorias possíveis para o projeto, incluindo avanços tecnológicos e adaptações para diferentes finalidades, o que abre caminho para futuras expansões e reaplicações em outras localidades e contextos sociais. Essa capacidade de evolução garante a continuidade do impacto positivo do Nautic Eyes na sociedade e no meio ambiente.

1.2.3 ANÁLISE AMBIENTAL

O projeto Nautic Eyes apresenta uma contribuição significativa para o monitoramento e preservação ambiental, especialmente no que diz respeito aos recursos hídricos. Utilizando uma câmera acoplada a um microcontrolador ESP32, o sistema é capaz de coletar dados visuais sobre a qualidade da água, permitindo a análise de resíduos, presença de poluentes visíveis e outras condições superficiais e subaquáticas. Por ser aplicável em diferentes ambientes, como rios, lagos e demais corpos d'água de baixa movimentação, o projeto se mostra altamente versátil e adaptável a diversas necessidades de monitoramento ambiental, especialmente em áreas de águas calmas como lagos e riachos.

Além disso, a crescente presença de micro plásticos nos ambientes aquáticos representa uma ameaça significativa à biodiversidade marinha e à saúde dos ecossistemas. Firme (2020) destacam que os micros plásticos, resultantes da degradação de resíduos plásticos, estão presentes em diversos corpos d'água e afetam organismos desde os níveis mais baixos da cadeia alimentar até espécies maiores, comprometendo a qualidade da água e a sobrevivência da fauna aquática. Nesse contexto, o Nautic Eyes se torna uma ferramenta essencial para o monitoramento ambiental, permitindo a análise visual da qualidade da água e contribuindo para ações de prevenção e controle da poluição, principalmente em relação à presença desses materiais nocivos.

A construção do dispositivo prioriza a sustentabilidade, utilizando materiais recicláveis como garrafas PET, sacolas biodegradáveis e recursos naturais como o bambu o que reduz significativamente o impacto ambiental durante sua produção. Além disso, o sistema é energizado por meio de painéis solares, o que garante sua

autonomia e elimina a dependência de fontes de energia não renováveis. Essa característica reforça o compromisso do projeto com práticas ecológicas e com a redução da pegada de carbono.

Durante sua operação, o Nautic Eyes não gera nenhum tipo de resíduo ou interferência ambiental. O sistema é totalmente seguro para o ecossistema aquático, não representando risco para a fauna e flora. O fato de não emitir substâncias químicas nem causar alterações no meio em que atua assegura sua compatibilidade com o ambiente natural.

A longo prazo, o projeto pode contribuir para ações de preservação e recuperação ambiental. Sua capacidade de observar e registrar dados subaquáticos em tempo real torna possível a detecção precoce de problemas ambientais, como despejo irregular de resíduos ou degradação da qualidade da água. Além disso, sua aplicação por ONGs e órgãos públicos, como os bombeiros, pode fortalecer estratégias de limpeza, fiscalização e conservação de recursos hídricos.

Dessa forma, o Nautic Eyes se apresenta não apenas como uma ferramenta tecnológica, mas também como um agente promotor de práticas sustentáveis e de preservação do meio ambiente.

1.2.4 ANÁLISE DE SEGURANÇA

O projeto Nautic Eyes foi desenvolvido com foco na segurança estrutural, elétrica e ambiental, visando garantir um funcionamento confiável em diferentes contextos e condições. Todo o sistema eletrônico é encapsulado de forma vedada, eliminando riscos de contato com água ou exposição a componentes elétricos. Os fios são completamente isolados, o que assegura que não haja qualquer chance de choque elétrico, curto-circuito ou superaquecimento, mesmo em ambientes úmidos ou submersos.

Quanto à alimentação energética, o sistema é abastecido por meio de painéis solares e baterias recarregáveis. A segurança dessa fonte de energia é garantida por um controle interno responsável por regular a energia gerada e monitorar os limites de carga suportados pelas baterias. Com isso, evita-se riscos de sobrecarga, garantindo maior durabilidade e segurança operacional do equipamento.

Do ponto de vista ambiental, o projeto não representa qualquer ameaça à fauna aquática ou ao ecossistema. Durante sua operação, não há liberação de resíduos,

substâncias químicas ou ruídos que possam afetar a vida lacustre. A estrutura foi pensada para não causar ferimentos nem interferências em animais que, eventualmente, entrem em contato com o dispositivo.

A comunicação entre o ESP32 e os demais sistemas de monitoramento ocorre de forma estável e segura. Embora o projeto não tenha identificado riscos de perda ou interferência nos dados, o sistema apresenta uma comunicação de até 12 metros de distância com obstáculos na frente, entre a câmera e o celular aonde e passado em tempo real as imagens.

Além disso, o Nautic Eyes possui um funcionamento seguro mesmo em situações adversas. O projeto foi validado em testes práticos que demonstraram estabilidade e resiliência, sem falhas críticas que comprometam o desempenho ou a integridade do sistema.

Dessa forma, o projeto se mostra plenamente seguro para uso em ambientes naturais, por operadores humanos e em contextos educacionais, ambientais e sociais.

1.3 RELEVÂNCIA

O projeto Nautic Eyes apresenta significativa relevância social, ambiental, educacional e tecnológica ao propor uma solução inovadora e sustentável para o monitoramento da qualidade da água em diferentes corpos hídricos, como rios e lagos. Desenvolvido com materiais recicláveis, como garrafas PET, sacolas biodegradáveis e fazendo o uso de bambu um recurso natural e utilizando energia solar como fonte de abastecimento, o sistema contribui diretamente para a preservação do meio ambiente, promovendo práticas sustentáveis e de baixo impacto ecológico.

Em um cenário onde o meio ambiente enfrenta sérias ameaças causadas pela poluição hídrica, o projeto se mostra uma alternativa viável e acessível para reduzir danos aos ecossistemas aquáticos. A presença de resíduos plásticos e micro plásticos, por exemplo, compromete a vida marinha e interfere na cadeia alimentar dos oceanos. Segundo Firme (2020), os micros plásticos representam uma das formas mais preocupantes de poluição marinha, impactando diretamente organismos aquáticos e contribuindo para a degradação ambiental.

Além do aspecto ecológico, o Nautic Eyes possui grande valor educacional. Por utilizar microcontroladores, sensores e outros componentes eletrônicos, o projeto

proporciona aos estudantes e educadores uma rica oportunidade de aprendizagem prática e interdisciplinar, conectando temas como eletrônica, energias renováveis, sustentabilidade e ciência ambiental. A iniciativa pode ser aplicada em instituições de ensino técnico, feiras científicas e oficinas educativas, estimulando o pensamento crítico e a conscientização ambiental entre os jovens.

Por fim, o caráter autônomo e de baixo custo do projeto torna sua implementação acessível a ONGs, órgãos públicos como o Corpo de Bombeiros e até mesmo usuários individuais interessados no monitoramento de áreas aquáticas. Com o uso de câmera subaquática e energia limpa, o Nautic Eyes se destaca como uma tecnologia promissora, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que tange à preservação dos recursos hídricos e à promoção de educação ambiental de qualidade.

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto Nautic Eyes concentrou-se na criação e integração de uma embarcação autônoma, tem o objetivo principal de monitorar e coletar dados ambientais em ecossistemas aquáticos. A embarcação foi concebida com foco na sustentabilidade, utilizando materiais recicláveis como garrafas PET, bambu e sacolas biodegradáveis para a sua estrutura, minimizando o impacto ambiental e promovendo a reutilização de resíduos. A embarcação foi montada de forma que as garrafas PET façam a sustentação da estrutura, garantindo que a mesma tenha estabilidade e flutuabilidade na água, acima das garrafas PET está uma estrutura de dimensões 20x20 centímetros feita de pedaços de bambu vernizados, garantindo uma melhor duração da base estrutural do protótipo.

Para garantirmos a proteção dos componentes eletrônicos, compramos placas de madeira MDF e desenvolvemos uma caixa, onde dentro da mesma está todas as ligações elétricas, contendo também o ESP32 que é o controlador do projeto.

A propulsão da embarcação é feita por motores de corrente contínua, que são controlados por um microcontrolador ESP32, responsável também pela gestão da câmera. O ESP32 foi escolhido por sua capacidade de processamento, conectividade e baixo consumo energético, o que é fundamental para garantir a autonomia do sistema. A energia necessária para o funcionamento do sistema é fornecida por baterias e painéis solares, assegurando uma fonte renovável e sustentável, que permite longos períodos de operação sem necessidade de recarga externa.

A câmera embarcada auxilia na coleta visual, ampliando a gama de informações para análise. Todo o sistema é desenvolvido para funcionar de forma autônoma, com comunicação eficiente para transmissão de imagens em tempo real, facilitando o acompanhamento remoto das condições ambientais.

Nos capítulos seguintes, serão aprofundados os aspectos técnicos referentes à estrutura da embarcação, o funcionamento do sistema eletrônico, a metodologia de coleta de dados e os resultados obtidos durante as fases de testes práticos, demonstrando a viabilidade e eficácia do projeto Nautic Eyes.

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Para conduzir este estudo, utilizou-se o protocolo PRISMA, garantindo transparência e reprodutibilidade na seleção dos estudos. A pesquisa foi realizada em

bases de dados como Google Scholar, Periódico Capes e IEEE, utilizando palavras-chave como "Sensoriamento Aquático", "Monitoramento da Vida Marinha", "Sensoriamento Remoto", "Sensor Fotovoltaico em Barcos", "Monitoramento Aquático" e "Mapeamento Aquático". Foram incluídos estudos publicados nos últimos 15 anos que abordassem soluções para propulsão elétrica, monitoramento da vida marinha e veículos autônomos, enquanto estudos duplicados, sem aplicação prática ou sem dados quantitativos relevantes foram excluídos. A seleção foi realizada em três etapas: identificação dos artigos, triagem inicial baseada nos títulos e resumos, e leitura completa dos artigos selecionados para verificar a aderência aos critérios estabelecidos.

2.1.1 FONTES DE INFORMAÇÕES

Os dados analisados nesta revisão foram extraídos de diversas fontes acadêmicas e científicas, incluindo artigos revisados por pares, conferências e documentos técnicos disponíveis em bases como IEEE, Periódico Capes e Google Scholar. O objetivo foi compilar um conjunto abrangente de estudos que apresentassem soluções inovadoras para monitoramento aquático utilizando tecnologias embarcadas e fontes de energia renováveis.

2.1.2 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Para garantir uma revisão abrangente da literatura, a extração de dados foi realizada com foco nos componentes chave do projeto. Os estudos revisados forneceram informações sobre a integração do ESP32 e módulo de câmera, permitindo a transmissão de dados em tempo real para monitoramento remoto de ecossistemas aquáticos. A coleta de dados considerou aspectos como consumo energético, eficiência da comunicação sem fio, qualidade das imagens capturadas pelo módulo de câmera e confiabilidade do sistema em ambientes externos sujeitos a variações climáticas.

A pesquisa priorizou artigos acadêmicos, relatórios técnicos e estudos de caso que demonstrassem aplicação prática e inovação dentro do contexto do projeto Nautic Eyes. Foram analisadas publicações de revistas científicas renomadas na área de engenharia, tecnologia ambiental e robótica, além de documentos técnicos de organizações especializadas em sistemas de monitoramento aquático. A elegibilidade

dos estudos foi determinada considerando a relevância das informações, a metodologia utilizada e os impactos na área de navegação autônoma e sustentabilidade ambiental.

2.1.3 EXTRAÇÃO DE DADOS, ANÁLISE E APRESENTAÇÃO

Para garantir uma revisão abrangente da literatura, a extração de dados foi realizada com foco nos componentes-chave do projeto. Nos estudos de Durante et al. (2018), observou-se que a rede de sensores pode ser monitorada num servidor remoto na internet em tempo real. Foram considerados aspectos como consumo energético, eficiência da comunicação sem fio. O desempenho da rede é avaliado com relação à autonomia energética, capacidade de memória, alcance e confiabilidade na entrega dos dados.

No tocante à propulsão, os motores de corrente contínua foram analisados quanto ao desempenho energético e durabilidade. Os motores são eficientes, acessíveis e confiáveis para sistemas embarcados sustentáveis. A estrutura flutuante feita com bambu e garrafas PET foi igualmente avaliada e, conforme apontado por Sato et al. (2016), representa uma escolha viável, de baixo impacto ambiental e custo reduzido fazendo o uso de sacolas biodegradáveis que segundo Soares (2023), a utilização de embalagens biodegradáveis configura uma solução sustentável e consciente, oferecendo uma alternativa mais ecológica em comparação aos plásticos convencionais e promovendo práticas ambientalmente responsáveis no setor tecnológico.

2.1.4 CARACTERÍSTICAS DE ESTUDO

Os estudos selecionados para embasar o desenvolvimento do projeto Nautic Eyes apresentam uma variedade de abordagens, cada uma contribuindo de forma única para a compreensão da viabilidade e eficiência do sistema proposto. A maioria dos trabalhos analisados concentrou-se na integração de sensores para coleta de dados ambientais, destacando a precisão e confiabilidade necessárias para medições eficazes em diversas condições climáticas e geográficas.

Além disso, é recorrente na literatura a ênfase na eficiência energética em sistemas embarcados autônomos. O uso de painéis solares e estratégias de

armazenamento energético otimiza a autonomia operacional de projetos como o Nautic Eyes.

Outro ponto relevante está na utilização de materiais recicláveis. Conforme discutido por Sato et al. (2016), as garrafas PET representam uma alternativa viável para garantir fluibilidade com baixo custo e impacto ambiental reduzido. A reutilização desses materiais reforça o caráter sustentável do projeto juntamente com as sacolas biodegradáveis e sua estrutura de bambu sendo um recurso natural. Chegamos à conclusão com base nos estudos de Sato et al. (2016), o reaproveitamento de embalagens, especialmente de garrafas PET, é uma alternativa eficaz para reduzir impactos ambientais, além de gerar benefícios sociais e econômicos por meio da reciclagem e reutilização.

Por fim, destaca-se a importância dos motores CC na estrutura propulsora do projeto. De acordo com Guimarães (1993), oferece simples montagem e bom desempenho energético e custo acessível, sendo ideais para sistemas embarcados sustentáveis. No Nautic Eyes, os motores CC, integrados à estrutura com garrafas PET, acionam um mecanismo de propulsão similar a uma roda d'água, promovendo eficiência e sustentabilidade.

2.1.5 RESULTADOS

Os resultados evidenciam o potencial das tecnologias autônomas no monitoramento ambiental de ambientes aquáticos. Um exemplo prático é a utilização do microcontrolador ESP32, que demonstrou alta eficiência energética e estabilidade nas transmissões de dados via rede sem fio, mesmo em condições adversas. Complementando essa análise, destaca-se a eficácia do módulo de câmera embarcado, utilizado para capturar imagens que permitem visualização de imagens subaquáticas.

Outro ponto de destaque nos resultados está relacionado à propulsão da embarcação por motores CC. Conforme apresentado na análise técnica de Guimarães (1993), esse tipo de motor apresenta vantagens como baixo consumo, estrutura simples, características que o tornam compatível com propostas sustentáveis. Em paralelo, Santos et al. (2017) ressaltam que, à energia solar, requer cuidados com a quantidade de fios utilizados, para não aumentar o peso do barco, e com as

interferências eletromagnéticas inerentes ao funcionamento deste tipo de embarcação.

Por outro lado, permanece como desafio relevante a manutenção da conectividade em locais remotos. Nesse sentido, indicam que soluções como redes *MeSH* e a tecnologia *LoRa* podem ampliar a cobertura e a estabilidade na transmissão de dados, permitindo o acompanhamento remoto e contínuo das condições ambientais monitoradas.

2.1.6 DISCUSSÃO

A leitura ampla dos avanços e desafios na construção de embarcações autônomas voltadas ao monitoramento ambiental. Em alguns casos, destaca-se o protagonismo da eficiência energética viabilizada por sistemas fotovoltaicos; em outros, o foco recai sobre o uso de materiais recicláveis como parte essencial do conceito de sustentabilidade embarcada.

Por fim, destaca-se a contribuição de Sato et al. (2016), que reforçam o valor ecológico e técnico do reaproveitamento de PET. Essa prática, além de funcional, colabora para a redução do descarte de resíduos plásticos, alinhando o projeto aos princípios de inovação sustentável.

2.2 SISTEMA ELETRÔNICO E PROGRAMAÇÃO

A estrutura eletrônica do projeto Nautic Eyes foi baseada no microcontrolador ESP32 e ESP32-CAM, programado utilizando a plataforma Arduino IDE, com a linguagem de programação C++. Para o funcionamento correto do sistema, foram utilizadas bibliotecas específicas disponíveis na própria IDE, as quais facilitaram a comunicação entre os módulos e a captura de imagens. Segundo a documentação do fabricante, o ESP32-CAM possui conectividade *Wi-Fi* e *Bluetooth* integradas, além de suporte à câmera OV2640, sendo ideal para aplicações embarcadas e transmissão de imagens em tempo real.

O módulo ESP32-CAM foi responsável pela captura de imagens subaquáticas, funcionando como um sistema de visão embarcada. As imagens geradas são enviadas automaticamente para um servidor, permitindo o acesso remoto às informações visuais coletadas.

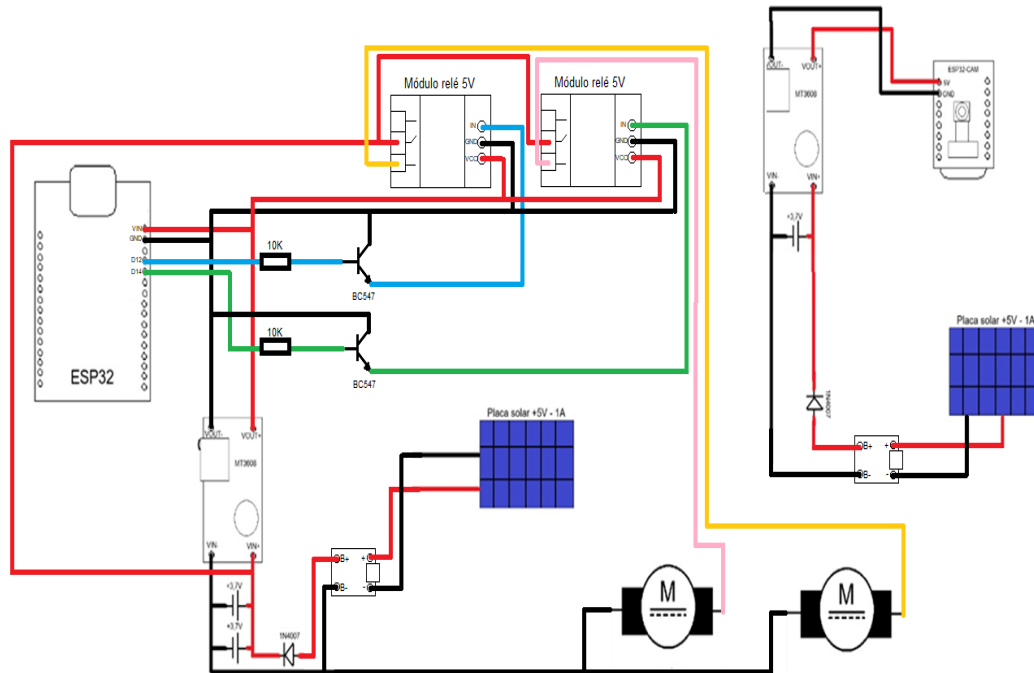
O sistema de alimentação elétrica foi cuidadosamente projetado para garantir autonomia e segurança. Foram utilizadas duas placas solares de 5V e 1A, que realizam a conversão da luz solar em energia elétrica. Essa energia é regulada por um controlador de carga solar, que atua como intermediário entre os painéis solares e as baterias. O controlador monitora a tensão e a corrente, garantindo que a carga seja distribuída de forma eficiente e segura, preservando a vida útil das baterias.

As baterias utilizadas possuem tensão de 3,7V e 2600mA/h cada, elas serão conectadas em paralelo aumentando a sua corrente para 5200mA/h e mantendo a tensão. Essa tensão é convertida para 5V por meio de um regulador de tensão do tipo Booster MT3608, que garante a estabilidade energética necessária para os demais componentes do sistema. Segundo seu *datasheet*, o MT3608 é um conversor elevador capaz de fornecer até 2A de corrente de saída, com tensão ajustável entre 2V e 28V, sendo adequado para aplicações alimentadas por baterias de baixa tensão (ETC2, 2025).

Esse conjunto integrado de eletrônica e alimentação autônoma permitiu à embarcação operar de forma eficiente, com capacidade de monitoramento remoto, registro visual e autonomia energética sustentável.

Conforme apresentado na Figura 1, observa-se o diagrama eletrônico do projeto, que ilustra a interligação dos componentes principais, incluindo o microcontrolador ESP32-CAM, o sensor ultrassônico, o sistema de alimentação por placas solares, o controlador de carga, os motores e os demais módulos necessários para o funcionamento do sistema.

Figura 1 - Diagrama eletrônico do projeto



Fonte Autoria própria

Foi desenvolvido um código para o microcontrolador ESP32, responsável por iniciar um servidor web acessível pela rede, no qual é possível realizar o controle dos motores por meio de quatro botões disponíveis na interface. Esses botões correspondem às seguintes funções: acionamento do motor direito, acionamento do motor esquerdo, acionamento simultâneo de ambos os motores e interrupção completa do funcionamento dos motores.

O código a seguir representa o código do ESP32:

```
#include <WiFi.h>           // Biblioteca para usar o Wi-Fi do ESP32
#include <WebServer.h>       // Biblioteca que cria um servidor web no ESP32

// ==== CONFIGURAÇÃO DA REDE WI-FI ====
const char* ssid = "NOME_DA_REDE"; // Nome da sua rede Wi-Fi
const char* password = "SENHA_DA_REDE"; // Senha da sua rede Wi-Fi

// ==== PINOS DOS RELÉS ====
#define RELE_DIREITO 26 // Pino do relé do motor direito
#define RELE_ESQUERDO 27 // Pino do relé do motor esquerdo

// ==== SERVIDOR WEB ====
WebServer server(80); // Cria o servidor na porta 80 (padrão HTTP)
```

```

// ==== VARIÁVEL DE ESTADO ====
String estadoMotores = "Motores desligados"; // Guarda o texto com o estado
atual dos motores

// ==== PÁGINA HTML ====
String paginaHTML() {
    // Aqui vai o código da página que será exibida no navegador
    String html = R"rawliteral(
    <!DOCTYPE html>
    <html>
    <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Controle de Motores</title>
    <style>
    /* ==== ESTILO DA PÁGINA ==== */
    body {
        background: #001f3f;           /* Fundo azul escuro */
        color: white;                 /* Texto branco */
        font-family: 'Arial Black', sans-serif; /* Fonte mais forte */
        text-align: center;           /* Centraliza o conteúdo */
    /*
        display: flex;
        flex-direction: column;
        justify-content: center;
        align-items: center;
        height: 100vh;                /* Ocupa a altura toda da
tela */
        margin: 0;
    }
    h1 {
        font-size: 48px;
        margin-bottom: 40px;
        color: #00e5ff;                /* Azul claro no título */
        text-shadow: 2px 2px 8px #000000; /* Sombra no texto */
        letter-spacing: 3px;           /* Espaço entre letras */
    }
    .button-container {
        display: flex;
        flex-direction: row;
        justify-content: center;
        gap: 20px;                     /* Espaço entre os botões */
    /*
    }
    button {
        width: 180px;
        height: 70px;
        font-size: 18px;
        border: none;
        border-radius: 12px;
        cursor: pointer;
        color: white;
        font-weight: bold;
        transition: transform 0.1s, background-color 0.2s;
    }
    button:hover {

```

```

        transform: scale(1.05);                /* Efeito de zoom ao
passar o mouse */
    }
    .on { background-color: #00c853; }        /* Verde */
    .off { background-color: #d50000; }       /* Vermelho */
    .both { background-color: #2962ff; }      /* Azul */
    #status {
        margin-top: 40px;
        font-size: 24px;
        color: #00ff80;                       /* Texto verde */
        text-shadow: 1px 1px 6px #000000;
    }
</style>
</head>
<body>
<!-- TÍTULO -->
<h1>NAUTIC EYES</h1>

<!-- BOTÕES DE CONTROLE -->
<div class="button-container">
    <button class="on" onclick="sendCommand('direito')">Motor
Direito</button>
    <button class="on" onclick="sendCommand('esquerdo')">Motor
Esquerdo</button>
    <button class="both" onclick="sendCommand('ambos')">Ambos
Motores</button>
    <button class="off" onclick="sendCommand('parar')">Parar</button>
</div>

<!-- TEXTO DE STATUS -->
<div id="status">Motores desligados</div>

<script>
    // ==== FUNÇÃO JAVASCRIPT QUE ENVIA COMANDOS AO ESP32 ====
    async function sendCommand(cmd) {
        const res = await fetch('/') + cmd;    // Envia o comando ao ESP
(ex: /direito)
        const text = await res.text();        // Recebe a resposta de
texto do ESP
        document.getElementById('status').innerText = text; // Atualiza o
texto verde
    }
</script>
</body>
</html>
)rawliteral";
return html; // Retorna o HTML completo
}

// ==== FUNÇÕES DE CONTROLE DOS MOTORES ====

void ligarDireito() {
    digitalWrite(RELE_DIREITO, HIGH);        // Liga o relé do motor direito
    digitalWrite(RELE_ESQUERDO, LOW);       // Garante que o esquerdo fique
desligado
    estadoMotores = "Motor direito ligado"; // Atualiza o texto do estado

```

```

    server.send(200, "text/plain", estadoMotores); // Envia o texto de resposta
    ao navegador
}

void ligarEsquerdo() {
    digitalWrite(RELE_DIREITO, LOW);          // Desliga o direito
    digitalWrite(RELE_ESQUERDO, HIGH);       // Liga o esquerdo
    estadoMotores = "Motor esquerdo ligado";
    server.send(200, "text/plain", estadoMotores);
}

void ligarAmbos() {
    digitalWrite(RELE_DIREITO, HIGH);         // Liga os dois relés
    digitalWrite(RELE_ESQUERDO, HIGH);
    estadoMotores = "Ambos os motores estão ligados";
    server.send(200, "text/plain", estadoMotores);
}

void pararMotores() {
    digitalWrite(RELE_DIREITO, LOW);          // Desliga ambos os relés
    digitalWrite(RELE_ESQUERDO, LOW);
    estadoMotores = "Motores desligados";
    server.send(200, "text/plain", estadoMotores);
}

void handleRoot() {
    server.send(200, "text/html", paginaHTML()); // Envia a página principal ao
    navegador
}

// ==== CONFIGURAÇÃO INICIAL (setup) ====
void setup() {
    Serial.begin(115200);                      // Inicia comunicação serial para
    debug

    pinMode(RELE_DIREITO, OUTPUT);             // Define o pino do relé direito como
    saída
    pinMode(RELE_ESQUERDO, OUTPUT);           // Define o pino do relé esquerdo
    como saída

    // Garante que os motores iniciem desligados
    digitalWrite(RELE_DIREITO, LOW);
    digitalWrite(RELE_ESQUERDO, LOW);

    // Conecta ao Wi-Fi
    Serial.println("Conectando ao Wi-Fi...");
    WiFi.begin(ssid, password);               // Tenta conectar na rede Wi-Fi
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { // Espera até conectar
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }

    // Mostra informações no monitor serial
    Serial.println("\nConectado!");
    Serial.print("IP do ESP32: ");
}

```

```

Serial.println(WiFi.localIP());           // Mostra o IP para acessar no
navegador

// Define as rotas do servidor (endereços que o navegador pode acessar)
server.on("/", handleRoot);              // Página principal
server.on("/direito", ligarDireito);      // Botão "Motor Direito"
server.on("/esquerdo", ligarEsquerdo);   // Botão "Motor Esquerdo"
server.on("/ambos", ligarAmbos);         // Botão "Ambos Motores"
server.on("/parar", pararMotores);       // Botão "Parar"

server.begin();                           // Inicia o servidor web
Serial.println("Servidor iniciado!");
}

// ==== LOOP PRINCIPAL ====
void loop() {
  server.handleClient();                   // Mantém o servidor ativo
  respondendo aos navegadores
}

```

Para o código da ESP32-CAM, foi utilizado um dos exemplos disponíveis na própria IDE Arduino. O caminho seguido dentro do software foi: Arquivo, em seguida Exemplos, depois ESP32 e, por fim, Câmera, selecionando a opção CameraWebServer.

Após acessar o exemplo, é necessário inserir o nome da rede (SSID) e a senha de acesso à internet (*password*) nos campos correspondentes. Em seguida, deve-se abrir o arquivo *board_config.h* para identificar o modelo de câmera utilizado no projeto. Depois de identificada a câmera correta, é preciso comentar (adicionando `//`) as linhas referentes às câmeras que não estão sendo utilizadas e descomentar (removendo `//`) a linha correspondente ao modelo em uso, assegurando assim a correta inicialização e o funcionamento adequado do módulo.

2.3 RECURSOS NECESSÁRIOS

O desenvolvimento deste projeto envolveu a utilização integrada de diversos recursos essenciais para sua execução eficaz e sustentável. Esses recursos abrangem desde materiais físicos e tecnológicos até a estrutura humana, física e financeira que possibilitaram a concretização das etapas propostas. A seleção dos materiais considerou aspectos de reaproveitamento e sustentabilidade, visando minimizar o impacto ambiental, enquanto os componentes eletrônicos e ferramentas tecnológicas garantiram a funcionalidade do protótipo. A equipe multidisciplinar foi fundamental para o andamento das atividades, contando ainda com o suporte técnico

do orientador. Além disso, a infraestrutura disponibilizada pela instituição, como laboratórios e espaços para testes, possibilitou a realização das fases experimentais em ambiente controlado. Por fim, o financiamento do projeto foi realizado de forma autofinanciada, com investimento limitado e estratégias para redução de custos, reforçando o compromisso com a viabilidade econômica e ambiental do trabalho. Nos tópicos seguintes, serão detalhados os recursos materiais, tecnológicos, humanos, físicos e financeiros utilizados, evidenciando sua importância para o sucesso do projeto.

2.3.1 RECURSOS MATERIAS

Para a execução do projeto foram utilizados diversos materiais, entre eles garrafas PET, sacolas biodegradáveis, bambu, arame, parafusos de aço inox, fios, placa MDF, que traduz para o português como Painel de Fibra de Média Densidade e placas eletrônicas. As garrafas PET e o bambu foram reaproveitados, reforçando o compromisso com práticas sustentáveis e a redução do impacto ambiental. O arame, utilizado para a amarração e fixação da estrutura de bambu, também foi reaproveitado, alinhando-se à proposta de sustentabilidade do projeto, uma vez que é um material altamente resistente, durável e reciclável, podendo ser reutilizado sem perda de suas propriedades mecânicas. As sacolas biodegradáveis foram adquiridas com a finalidade de realizar a vedação dos componentes eletrônicos, substituindo plásticos convencionais e contribuindo para a preservação ambiental. Já os parafusos de aço inox foram escolhidos pela sua resistência à corrosão e pela durabilidade necessária para garantir a integridade estrutural da embarcação em ambientes aquáticos. A placa de MDF foi adotada como solução para a construção de uma caixa destinada à proteção e organização dos componentes elétricos. Para sua confecção, utilizou-se corte a laser, garantindo precisão e bom acabamento. Essa estrutura será fixada sobre a base de bambu, abrigando a placa solar em sua parte superior.

2.3.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS

No desenvolvimento eletrônico, foram empregados componentes como motor CC 5V, controlador de ponte H dupla DRV8833, conversor booster MT3608, bateria LCR18650 de 3,7V e 2600mAh, controlador de carga solar modelo SD05CRMA, placa solar de 5V, módulo ESP32-CAM. Para a programação e simulação, utilizou-se o

software Arduino IDE e a plataforma Tinkercad, para a fabricação da caixa de placa MDF foi usado o programa Autocad para desenho técnico do modelo que usamos para cortar. Além disso, equipamentos como computadores e multímetros foram fundamentais para a montagem, testes e verificação dos circuitos eletrônicos, utilizamos corte a laser para a construção da caixa para os componentes eletrônicos.

2.3.3 RECURSOS HUMANOS

A equipe foi composta por quatro integrantes que colaboraram integralmente em todas as etapas físicas e de montagem do projeto. Além disso, contou-se com o apoio técnico e orientativo do professor Diogo Pedriali, que contribuiu para o desenvolvimento e aprimoramento do trabalho.

2.3.4 RECURSOS FÍSICOS E ESTRUTURAIS

As atividades de montagem foram realizadas em diversos espaços disponibilizados pela instituição ETEC Euro Albino de Souza, incluindo laboratórios, salas de aula e, ocasionalmente, nas residências dos membros da equipe. Para os testes práticos, foi utilizado o tanque experimental da própria instituição, garantindo um ambiente controlado e adequado para a validação do protótipo.

2.3.5 RECURSOS FINANCEIROS

O projeto foi integralmente autofinanciado pelos membros da equipe, com um investimento total de R\$ 424,74. O reaproveitamento de materiais como garrafas PET e o uso do bambu, um recurso natural abundante, foram estratégias essenciais para a redução dos custos e para o fortalecimento do caráter sustentável do projeto.

2.4 CRONOGRAMA

O cronograma de execução do projeto foi elaborado de forma a organizar e distribuir adequadamente as etapas necessárias para o desenvolvimento do trabalho, conciliando as atividades práticas, teóricas e documentais com a disponibilidade dos membros da equipe. O planejamento temporal permitiu uma divisão eficiente das tarefas, proporcionando avanços simultâneos em diferentes frentes do projeto, como a montagem física do protótipo, a programação embarcada, a produção textual e os materiais de apresentação.

As atividades se iniciaram no dia 05 de fevereiro com o desenvolvimento do artigo científico, e seguiram até novembro com a apresentação final do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Durante o processo, a equipe distribuiu as responsabilidades conforme as habilidades e disponibilidade de cada membro, havendo colaboração mútua em momentos estratégicos.

O quadro 1 a seguir, apresenta de forma detalhada todas as etapas, seus respectivos períodos e os responsáveis envolvidos em cada fase.

Quadro 1 – Cronograma de tarefas

Período	Etapa	Responsavel
05/02/2025 a 16/04/2025	Desenvolvimento do artigo científico	Fábio de Oliveira Junior
23/04/2025 a 18/06/2025	Início da montagem do protótipo	Lucas Crispim dos Santos José Eduardo dos Santos
	Início da construção da programação	Bryan Smith de Campos
	Desenvolvimento da escrita da monografia	Fábio de Oliveira Junior
09/06/2025 a 18/06/2025	Desenvolvimento do protótipo	Jose Eduardo dos Santos Lucas Crispim dos Santos
25/06/2025 a 17/09/2025	Finalização da monografia Inicio da montagem do pôster	Fábio de Oliveira Junior Bryan Smith de Campos
17/09/2025 a 24/09/2025	Finalização do pôster	Bryan Smith de Campos
01/10/2025 a 20/10/2025	Todas as etapas finalizadas	Todos os membros da equipe
21/10/2025 a 18/11/2025	Preparação para apresentação	Todos os membros da equipe
19/11/2025	Apresentação do TCC	Todos os membros da equipe

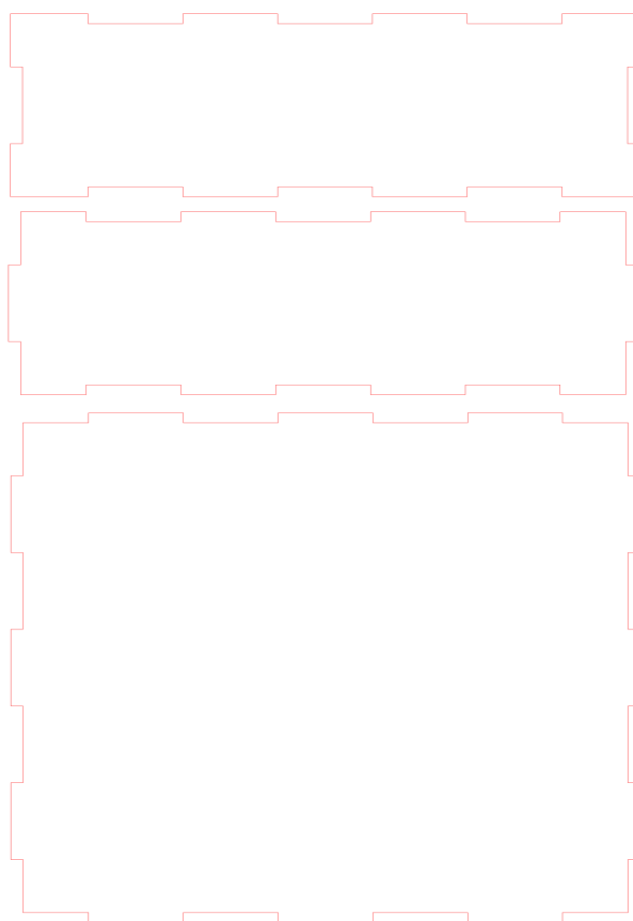
Fonte: Autoria própria

2.5 DESENHOS E DETALHAMENTOS

Para a proteção e organização dos componentes elétricos, foi projetada uma caixa em MDF com espessura de 3 mm. O desenho técnico foi elaborado em software CAD e exportado para corte a laser.

O modelo utiliza o sistema de encaixe com junta dentada, que consiste em um conjunto de prolongamentos e reentrâncias retangulares distribuídos ao longo das bordas das peças. Esse tipo de união aumenta a área de contato entre as superfícies, proporcionando maior resistência mecânica e estabilidade dimensional. Além disso, com a junta dentada facilita a montagem, garante um bom alinhamento entre as partes e reduz a necessidade de fixadores adicionais, como parafusos ou colas em excesso. Vide a Figura 2 representando os desenhos feitos para colocar no laser.

Figura 2 - Desenhos técnico elaborado no software AutoCAD para o corte laser

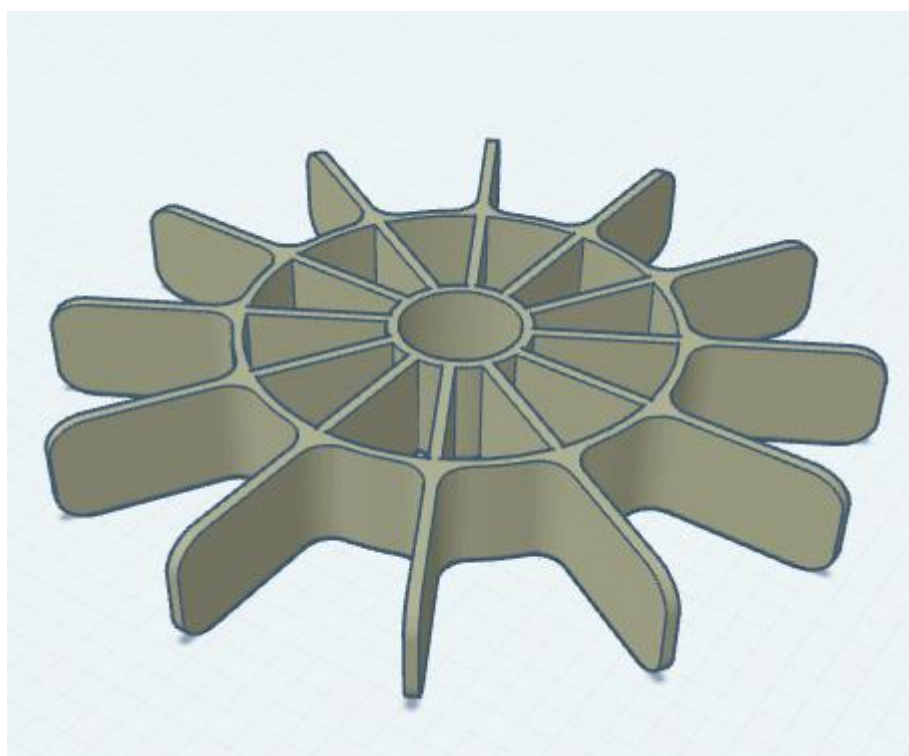


Fonte: Autoria própria

A roda apresentada foi projetada para atuar como sistema de propulsão em embarcações. Seu formato circular conta com doze palhetas dispostas radialmente, conectadas a um eixo central reforçado. As palhetas largas aumentam a superfície de contato com a água, permitindo melhor aproveitamento da força gerada durante a rotação. Esse movimento transforma a energia mecânica do eixo em impulso, possibilitando o deslocamento do barco.

O design contempla reforços estruturais que asseguram rigidez e resistência, mesmo em condições de esforço contínuo na água. Além disso, a simetria da roda garante maior equilíbrio dinâmico, reduzindo vibrações e otimizando a eficiência do sistema propulsor. Trata-se de um mecanismo simples, durável e funcional, que pode ser acionado manualmente ou por meio de um motor, vide a figura 3.

Figura 3 – Roda d'água em 3D do projeto



Fonte: Autoria própria

2.6 CUSTOS

A seguir, apresenta-se um quadro com a descrição detalhada dos componentes eletrônicos, materiais e demais itens adquiridos para a construção do protótipo. A Tabela 1 contempla a quantidade utilizada de cada item, e o custo total individual,

incluindo o valor gasto com frete. Essa discriminação tem como objetivo evidenciar os recursos financeiros empregados no projeto, demonstrando o planejamento orçamentário e a viabilidade econômica da proposta, com foco em reaproveitamento e baixo custo.

Tabela 1 – Tabela de custo do projeto

Item	Quantidade	Valor (R\$)
Motor DC 5V	2	39,60
Módulo relé 5V	2	15,95
Transistor BC547	2	0,40
Resistor 10K	2	0,14
MT3608 Booster	2	26,90
Bateria LCR18650	4	64,60
Placa solar 5V	2	37,42
ESP32 CAM	1	78,90
SD05CRMA	4	20,88
Placa MDF	3	14,10
Protoboard 400 pontos	1	27,95
ESP32	1	30,00
Impressão 3d	2	40,00
Frete dos produtos	-	28,00
Total	-	424,74

Fonte: Autoria própria

2.7 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

A construção do protótipo do projeto Nautic Eyes foi realizada priorizando práticas sustentáveis, utilizando majoritariamente materiais reaproveitados e de baixo impacto ambiental. A estrutura física da embarcação foi desenvolvida a partir de bambu, garrafas PET, arame e parafusos com porcas de aço inoxidável. Foram utilizadas cinco garrafas PET, que desempenham a função de flutuação, garantindo a estabilidade da embarcação sobre a superfície da água.

O bambu, material escolhido pela sua leveza, resistência e caráter renovável, foi cortado manualmente com o uso de serra. Para a montagem da estrutura, as hastes de bambu foram amarradas nas extremidades utilizando arame, que

proporciona resistência mecânica adequada, além de ser um material reaproveitado, reciclável e alinhado aos princípios de sustentabilidade adotados no projeto. Para aumentar a durabilidade do bambu e evitar sua degradação por contato com a água, foi aplicada uma camada de verniz impermeabilizante, garantindo que o material não absorvesse umidade e prolongando sua vida útil.

Para ilustrar esse processo, a Figura 4 apresenta o momento da aplicação do verniz nas hastes de bambu, etapa fundamental para assegurar a preservação da estrutura frente às condições de operação em ambientes aquáticos.

Figura 4 - Processo de envernização do bambu utilizado na estrutura da embarcação



Fonte: Autoria própria

A vedação dos componentes eletrônicos foi realizada de maneira sustentável, utilizando fitas isolantes e sacolas biodegradáveis, assegurando proteção contra umidade e respingos sem recorrer ao uso de plásticos convencionais, em consonância com a proposta ambiental do projeto. Além disso, desenvolvemos cuidadosamente uma caixa feita em placa de MDF, projetada para abrigar de forma segura todos os componentes eletrônicos do sistema, incluindo o cérebro do projeto, o ESP32,

garantindo proteção contra respingos a água e reforçando com as sacolas biodegradáveis para a vedação.

Os motores de corrente contínua foram fixados nas laterais da embarcação, permitindo a locomoção eficiente. As placas solares foram posicionadas na parte superior da caixa de MDF, de forma funcional e discreta, enquanto o módulo ESP32-CAM, responsável pela captura das imagens subaquáticas, foi instalada dentro de um pote na frente da embarcação, funcionando como uma proteção contra água, mantendo a integridade do sistema eletrônico. As conexões elétricas foram devidamente organizadas e isoladas dentro da embarcação, garantindo segurança no funcionamento do sistema.

O sistema de alimentação foi montado com a interligação das placas solares às baterias, através de fios, que passam por um controlador de carga, garantindo que a energia gerada seja armazenada de maneira eficiente e segura. As baterias foram acomodadas na parte interna da embarcação, devidamente protegidas e isoladas, assegurando estabilidade e autonomia energética ao protótipo.

A construção foi realizada de forma colaborativa, com a equipe dividida em dois grupos: um focado no desenvolvimento e montagem dos circuitos eletrônicos, e outro na fabricação da estrutura física da embarcação, ambos trabalhando simultaneamente, promovendo integração entre as etapas e otimizando o tempo de execução. Durante todo o processo, houve uma preocupação constante em manter o uso de materiais sustentáveis, reaproveitando ao máximo recursos como garrafas PET, bambu e arame, e buscando alternativas que reduzissem o impacto ambiental do projeto.

2.8 PROTOCOLO DE TESTES

A equipe elaborou diversos testes, tais como: Distância máxima de captura de imagem da ESP32-CAM via Wifi, Teste de Estrutura e Flutuabilidade, Teste do Sistema Elétrico (Esp32, Motores), Testes Ambientais e Sustentáveis.

Os resultados que buscamos encontrar são os melhores possíveis, onde tanto as ligações elétricas, quanto a parte física do projeto correspondem com a ideia proposta do protótipo. Buscamos qualidade de imagem uma distância de 10 a 15 metros onde corresponde com a distância que um servidor *Wi-Fi* pode alcançar em condições favoráveis. A estrutura física deve suportar as condições em ambientes

lacustres e se locomover de forma constante assim como proposto. Testes ambientais e sustentáveis também entram na ideia principal do projeto, onde buscamos ter toda estrutura do projeto de forma reciclável e sustentável, com materiais que encontramos na natureza ou em locais de descarte de materiais recicláveis.

2.8.1 EXECUÇÃO DOS TESTES

Para Execução dos testes, fizemos a ligação do modulo ESP32-CAM conectado e controlado remotamente via *Wi-Fi* pelo servidor criado pelo ESP32, para testarmos a distância máxima alcançada da imagem, utilizamos um treina genérica fornecida pela própria instituição de ensino (ETEC Euro Albino de Souza) tal teste foi feito de maneira visada não direta, onde a ESP32-CAM estava dentro de uma sala fornecendo imagens e o servidor receptor de imagens estava ao lado de fora da sala. Os testes realizados para obtenção de dados de fluabilidade da estrutura, soltamos a mesma em um tanque cheio de água, onde obtivemos um resultado positivo, com a estrutura flutuando de forma esperada sem quaisquer problemas. Neste teste realizado adicionamos em cima da estrutura uma garrafa genérica de peso aproximado de 500g, onde a estrutura não apresentou nenhum tipo de risco de estabilidade ou até um possível risco de afundar. Os testes de motores e ESP32 foram realizados de forma conexas, onde para realizarmos os testes de funcionamento dos motores, utilizamos o servidor criado pelo próprio ESP32.

2.8.2 COLETA DE DADOS DOS TESTES

Após as análises e execuções dos testes, coletamos os seguintes dados: De forma visada não direta (Contendo obstáculos, como paredes) a ESP32-CAM consegue enviar até 9 metros com o servidor ainda ativo, porém sem imagens em tempo real sendo enviadas. A partir de 12 metros o servidor já não está mais ativo, onde não há mais conexão total entre ESP32-CAM e servidor Host fixo, roteador de celular.

Realizados os testes de forma visada, ou seja, sem obstáculos que possam atrapalhar a conexão entre servidor e ESP32, foi notado que o alcance de conexão aumentou, com o servidor ainda ativo, enviando ordens para o ESP chegamos a 16 metros, a partir dos 20 metros de distância, a placa controladora já não respondia mais as ordens enviadas, chegando a conclusão de sua distância máxima alcançada

através de um servidor *Wi-Fi*, nas circunstâncias utilizadas, sendo um servidor Host Fixo, roteando conexão de um aparelho telefone celular POCO X6 PRO.

Após testes de fluabilidade, obtivemos que a estrutura física suporta a ideia proposta, flutuando de forma tranquila, sem a necessidade de alterações ou mudanças em componentes estruturais.

Os motores correspondem aos sinais enviados pelo ESP32, com isso através do servidor host fixo, conseguimos enviar o sinal pelo host, para que o ESP32 acione os motores, garantido o funcionamento dos motores que estão acoplados as hélices nas laterais da estrutura, garantindo a movimentação da mesma.

2.8.3 ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTES

Com base nos testes realizados, foi possível verificar que o protótipo do Nautic Eyes apresentou desempenho satisfatório em relação aos objetivos propostos. A análise dos resultados indica que o sistema eletrônico, a estrutura física e o conjunto de materiais sustentáveis utilizados funcionaram de maneira coerente com o planejamento inicial do projeto.

Em relação à transmissão de imagem via módulo ESP32-CAM, observou-se que, em ambiente com obstáculos, como paredes e estruturas internas, o alcance máximo de comunicação estável foi de aproximadamente 9 metros, com o servidor ainda ativo, porém sem transmissão contínua de imagens em tempo real. Já em condições sem barreiras físicas, o alcance esperado é estimado entre 15 e 20 metros, valor condizente com o desempenho padrão de redes *Wi-Fi* locais, atendendo, portanto, ao requisito proposto para captação e envio de imagens em curtas distâncias.

No que diz respeito à fluabilidade da estrutura, os testes demonstraram que o protótipo apresentou estabilidade e sustentação adequadas, mesmo quando submetido a um peso adicional aproximado de 500g. A estrutura manteve-se equilibrada e sem indícios de afundamento ou perda de estabilidade, validando o dimensionamento físico e o uso dos materiais recicláveis e sustentáveis empregados na sua confecção.

Os testes do sistema elétrico e de propulsão comprovaram o funcionamento integrado entre o microcontrolador ESP32 e os motores de corrente contínua. O controle remoto via servidor *Wi-Fi* mostrou-se funcional, possibilitando o acionamento

dos motores e, conseqüentemente, a movimentação da embarcação de forma responsiva e contínua. Esses resultados reforçam a eficiência da comunicação entre hardware e software no controle do protótipo.

Por fim, a análise ambiental e sustentável evidenciou que o uso de materiais recicláveis como garrafas PET, bambu e sacolas biodegradáveis não apenas garantiu a leveza e a flutuabilidade da estrutura, como também reforçou o compromisso do projeto com a sustentabilidade e reutilização de recursos, um dos pilares principais do Nautic Eyes.

De modo geral, os resultados obtidos nos testes demonstram a viabilidade técnica e ambiental do protótipo, apontando apenas pequenas limitações relacionadas ao alcance do sinal *Wi-Fi*, que podem ser aprimoradas em versões futuras com a adição de módulos de comunicação de longo alcance ou repetidores de sinal.

2.9 MELHORIAS

Durante o desenvolvimento e a execução do projeto Nautic Eyes, foi possível identificar diversas oportunidades de melhorias que poderiam ser aplicadas em futuras versões do protótipo, sempre mantendo como princípio fundamental a sustentabilidade ambiental. As soluções adotadas priorizaram materiais reaproveitados, fontes de energia limpa e sistemas de baixo impacto, e, dentro dessa proposta, surgem possibilidades de aprimoramento tanto na estrutura física quanto nos sistemas eletrônicos e operacionais.

Uma das principais melhorias observadas está relacionada ao aumento da potência e do porte físico da embarcação, tornando-a mais robusta e capaz de operar não apenas em ambientes de águas calmas, como rios e lagos, mas também em condições mais desafiadoras, como mares e locais com maior intensidade de correnteza. Isso exigiria a utilização de baterias de maior capacidade, capazes de oferecer uma autonomia ampliada, além de placas solares de maior porte, otimizando a geração de energia para suprir a demanda dos novos componentes.

Além disso, uma evolução natural para o projeto seria a integração de novos sensores ambientais, como sensores de pH, turbidez, temperatura da água, além de um sonar para mapeamento subaquático, permitindo um monitoramento ainda mais completo dos corpos d'água. A adição de um módulo GPS também se mostra

relevante, proporcionando rastreamento preciso da embarcação e coleta georreferenciada dos dados obtidos.

No campo da automação, vislumbra-se a possibilidade de implementar tecnologias baseadas em Inteligência Artificial (IA), que poderiam otimizar rotas, interpretar dados ambientais em tempo real e até mesmo permitir que a embarcação tome decisões autônomas em relação a obstáculos ou alterações nas condições do ambiente.

Embora a estrutura atual, construída com bambu, garrafas PET, arame e outros materiais sustentáveis, tenha se mostrado eficiente e alinhada aos princípios do projeto, uma melhoria futura seria o desenvolvimento de uma embarcação de maior escala, aproximando-se de um barco em tamanho real, mas mantendo a proposta de sustentabilidade na escolha dos materiais.

Por fim, destaca-se que, mesmo com a ampliação dos sistemas, a proposta é manter o uso de *Wi-Fi* como meio principal de comunicação, visto que essa tecnologia se mostrou eficiente para a transmissão de dados em curtas e médias distâncias, especialmente quando associada ao armazenamento remoto em servidores ou nuvens. Entretanto, para operações em áreas mais extensas ou que demandem maior alcance de sinal, é possível considerar a implementação de antenas de alto ganho, ampliando significativamente a cobertura da comunicação sem fio e garantindo a transmissão dos dados de forma estável, mesmo em ambientes mais distantes.

Essas melhorias apontam não apenas para a expansão das capacidades operacionais do Nautic Eyes, mas também reforçam o compromisso do projeto com a inovação, a preservação ambiental e a aplicabilidade em diferentes cenários de monitoramento.

2.10 ASPECTOS POSITIVOS

O desenvolvimento do projeto Nautic Eyes proporcionou diversos aspectos positivos, tanto do ponto de vista ambiental quanto social, educacional e técnico. A adoção de práticas sustentáveis se destaca como um dos principais pontos fortes, uma vez que o protótipo foi construído com materiais de baixo impacto ambiental, como garrafas PET, bambu e arame reaproveitado, além de componentes eletrônicos devidamente protegidos com sacolas biodegradáveis. Essa escolha de materiais não apenas contribuiu para a redução de resíduos e para o reaproveitamento de recursos,

mas também alinhou o projeto com os princípios da sustentabilidade, reforçando o compromisso com a preservação ambiental.

Do ponto de vista social e educacional, o projeto proporcionou uma significativa oportunidade de aprendizado para todos os envolvidos, promovendo o desenvolvimento de habilidades em áreas como eletrônica, programação, design estrutural, trabalho em equipe e sustentabilidade. Além disso, o Nautic Eyes tem potencial para servir como ferramenta didática, estimulando a conscientização ambiental e tecnológica em ambientes escolares, feiras de ciências e projetos comunitários, incentivando práticas de preservação dos corpos d'água.

No aspecto técnico, o protótipo demonstrou um desempenho satisfatório, cumprindo os objetivos estabelecidos. A embarcação funcionou de forma autônoma, eficiente e estável, realizando com êxito a coleta de imagens subaquáticas. O sistema de alimentação por energia solar se mostrou eficiente, garantindo autonomia ao protótipo sem a necessidade de fontes de energia externas, além de reforçar o caráter sustentável do projeto.

Outro ponto positivo foi a economia gerada pelo reaproveitamento dos materiais, que não apenas reduziu os custos totais do desenvolvimento, mas também evitou a utilização de recursos não renováveis, reafirmando o compromisso ambiental desde a concepção até a execução do projeto.

Por fim, destaca-se que todos os objetivos propostos foram plenamente atingidos, demonstrando que é possível aliar tecnologia, inovação, baixo custo e sustentabilidade em soluções práticas para o monitoramento ambiental de corpos d'água.

2.11 RISCOS

Durante o desenvolvimento e a implementação do projeto Nautic Eyes, foram identificados alguns riscos potenciais relacionados às dimensões estruturais, elétricas, eletrônicas, operacionais e ambientais. Embora grande parte desses riscos tenha sido mitigada durante a construção e os testes preliminares, é essencial que sejam devidamente analisados, visando garantir a segurança, a funcionalidade e a durabilidade do sistema.

Em relação à parte estrutural, o uso do bambu, embora inicialmente possa gerar preocupações quanto à resistência, foi considerado adequado devido ao seu

tratamento prévio com verniz, o que confere ao material maior durabilidade, resistência à umidade e proteção contra agentes externos. Dessa forma, os riscos de quebra, apodrecimento ou perda de resistência estrutural tornam-se mínimos. No que tange à vedação, embora não tenham sido constatadas falhas durante os testes, é recomendada atenção periódica, uma vez que qualquer comprometimento nesse aspecto pode gerar infiltrações que afetariam diretamente o desempenho dos componentes eletrônicos. Quanto ao sistema de flutuação, o risco de afundamento foi considerado extremamente baixos, visto que tal ocorrência só se verificaria na hipótese de todas as garrafas PET se soltarem simultaneamente, o que é altamente improvável, dada a eficiência do sistema de fixação adotado.

No que se refere aos aspectos elétricos e eletrônicos, os riscos foram amplamente reduzidos por meio de medidas preventivas implementadas no projeto. A ocorrência de curto-circuito é considerada improvável, uma vez que todo o sistema está devidamente vedado, protegendo os componentes contra a entrada de água. Além disso, as conexões elétricas foram realizadas por meio de soldagem, o que garante maior estabilidade e resistência, eliminando a possibilidade de desconexão acidental dos fios. Também não foram observados riscos relacionados a problemas no carregamento solar, nem tampouco situações de superaquecimento das baterias ou dos motores, uma vez que todos os componentes foram dimensionados corretamente, de acordo com as especificações técnicas necessárias para o pleno funcionamento da embarcação.

No âmbito operacional, identificou-se um risco pontual de perda de sinal de comunicação *Wi-Fi* em ambientes excessivamente abertos ou em distâncias elevadas em relação ao ponto de controle. Embora tal situação seja rara, pode ocasionar limitações temporárias na transmissão de dados. Além disso, foi observado durante os testes que o desempenho da embarcação pode ser comprometido em situações de correntezas mais intensas, exigindo, portanto, futuros aprimoramentos no sistema de propulsão e estabilidade, a fim de garantir maior eficiência frente às adversidades naturais. Por outro lado, riscos de colisão com obstáculos submersos ou flutuantes foram descartados, uma vez que o equipamento dispõe de controle manual que permite a intervenção do operador sempre que necessário.

No tocante aos riscos ambientais e externos, verificou-se que há uma baixa probabilidade de danos causados por animais, como aves ou peixes, bem como de

atos de vandalismo, especialmente quando a embarcação é utilizada em ambientes supervisionados. Em relação às condições climáticas, o projeto se mostrou resistente a chuvas, visto que a única parte exposta é o painel solar, cuja parte superior pode ser molhada sem prejuízo ao seu funcionamento, enquanto a parte inferior permanece vedada juntamente com os demais componentes. Contudo, em situações de baixa luminosidade ou durante a chuva, há uma redução momentânea na geração de energia, o que, no entanto, não compromete o funcionamento, desde que as baterias estejam previamente carregadas.

Por fim, os testes realizados indicaram que o principal ponto de atenção está relacionado à operação da embarcação em locais com correntezas mais fortes. Embora tal fator não tenha comprometido a funcionalidade geral do projeto, representa um indicativo relevante para o desenvolvimento de melhorias estruturais e operacionais futuras.

2.12 DIFERENCIAIS

O projeto desenvolvido apresenta uma série de diferenciais que o destacam em relação a iniciativas semelhantes, principalmente pelo viés sustentável, pela geração autônoma de energia e pelo potencial de impacto ambiental e educacional.

Um dos principais elementos inovadores está na capacidade do protótipo de operar de forma autônoma por meio da captação de energia solar, eliminando a dependência de fontes externas de alimentação elétrica. Essa característica, aliada ao foco na sustentabilidade, torna o projeto altamente relevante frente aos desafios ambientais atuais, sobretudo no que diz respeito à preservação e monitoramento de corpos hídricos.

A escolha dos materiais também reflete um compromisso ambiental significativo. Foram utilizados itens recicláveis, como garrafas PET, e biodegradáveis, como sacolas específicas, além de bambu um recurso natural que não exige processos industriais para sua obtenção. Tais escolhas não apenas reduziram o impacto ambiental do desenvolvimento do projeto, mas também contribuíram para reforçar a mensagem de conscientização sobre o uso responsável de materiais.

Do ponto de vista financeiro, o projeto demonstrou ser uma solução de baixo custo, especialmente considerando sua funcionalidade, alcance e propósito. Essa

característica o torna viável para aplicação em diferentes contextos, mesmo com recursos limitados.

Em termos de impacto social e educacional, o protótipo se mostra versátil e com potencial de aplicação em diversas instituições, como escolas técnicas, ONGs e até mesmo em operações de conscientização realizadas por bombeiros e agentes ambientais. Além de atuar diretamente na limpeza de ambientes aquáticos, o projeto pode servir como ferramenta pedagógica no ensino de eletrônica, energias renováveis e sustentabilidade.

Esses elementos inovação tecnológica, responsabilidade ambiental, acessibilidade econômica e valor educativo compõem o conjunto de diferenciais que conferem ao projeto não apenas funcionalidade, mas também relevância social e acadêmica.

2.13 RECOMENDAÇÕES

Com base nas análises realizadas durante a construção, desenvolvimento e testes do projeto Nautic Eyes, algumas recomendações são propostas visando aprimorar tanto a eficiência operacional quanto a segurança e a durabilidade da embarcação, sempre mantendo o compromisso com a sustentabilidade, que é um dos princípios centrais do projeto.

Em relação à parte estrutural, recomenda-se a manutenção dos materiais utilizados, como bambu e garrafas PET, tendo em vista sua contribuição significativa para a sustentabilidade do projeto. Não se identificou a necessidade de substituição desses materiais por alternativas mais robustas, uma vez que a proposta é justamente fomentar práticas sustentáveis e de baixo impacto ambiental.

No âmbito operacional, uma das recomendações é a possibilidade de aprimorar o desempenho da embarcação em ambientes com correntezas mais fortes. Para isso, sugere-se o aumento da potência dos motores ou do sistema de propulsão, de modo a proporcionar maior força e controle sobre a embarcação em condições adversas. Este aprimoramento, contudo, deve ser pensado de forma alinhada aos princípios sustentáveis que norteiam o projeto, buscando soluções que não comprometam a eficiência energética nem elevem significativamente o impacto ambiental.

Em relação ao sistema elétrico e eletrônico, recomenda-se a melhoria do processo de vedação dos compartimentos sensíveis, utilizando técnicas e materiais

que mantenham a proposta sustentável, mas que ofereçam uma proteção ainda mais eficiente contra infiltrações. Essa medida visa não apenas aumentar a durabilidade dos componentes, mas também reduzir os riscos de falhas elétricas no longo prazo. Adicionalmente, sugere-se que futuras versões do projeto possam incorporar melhorias no sistema de comunicação e controle, visando minimizar eventuais perdas de sinal e garantir uma operação mais estável e segura, onde pode ser melhorado a distância que a comunicação funcione no caso que seja melhorado para mais longe de 12 metros. Outro ponto que pode ser melhorado e o tempo que o projeto demora para ser recarregado com a energia solar, pode ser pensado adicionar mais placas solares, para o projeto recarregar mais rápido. E pode ser melhorado a qualidade da câmera que obtém as imagens subaquáticas.

No que se refere à manutenção preventiva, torna-se indispensável a realização de inspeções periódicas na vedação, verificando se há desgastes, trincas ou falhas que possam comprometer a integridade da proteção contra umidade. Da mesma forma, recomenda-se a constante avaliação das garrafas PET responsáveis pela flutuação, observando seu estado de conservação e substituindo-as sempre que houver sinais de desgaste, rachaduras ou perda de pressão.

Além disso, recomenda-se que, em projetos futuros e em possíveis evoluções deste trabalho, sejam considerados novos testes em diferentes ambientes e condições, bem como o desenvolvimento de soluções que possam ampliar a capacidade operacional da embarcação. Tais aprimoramentos podem incluir a integração de novos sensores, melhorias na automação, na eficiência energética e na coleta de dados ambientais.

Portanto, as recomendações aqui apresentadas não apenas visam a otimização do projeto Nautic Eyes, mas também servem como diretrizes para sua continuidade, expansão e replicação, mantendo o equilíbrio entre inovação tecnológica e responsabilidade ambiental.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do projeto Nautic Eyes proporcionou uma relevante contribuição para a busca de soluções sustentáveis aplicadas ao monitoramento ambiental de ecossistemas aquáticos. A proposta inicial, que visava construir uma embarcação autônoma, de baixo custo, utilizando materiais recicláveis e energia limpa, foi plenamente alcançada, demonstrando que é possível aliar tecnologia, inovação e sustentabilidade de forma eficiente.

Durante a construção e os testes do protótipo, foi possível validar a integração dos sensores ambientais, do módulo de câmera subaquática, do sistema de propulsão elétrica e do carregamento por energia solar, comprovando a viabilidade técnica e funcional do projeto. A utilização do microcontrolador ESP32 se destacou pela eficiência na coleta e transmissão dos dados, enquanto a escolha por materiais como bambu, garrafas PET e sacolas biodegradáveis reafirmou o compromisso do projeto com a preservação ambiental e o reaproveitamento de recursos.

Entre os principais desafios identificados, destacam-se as limitações operacionais frente a ambientes com correntezas mais intensas e eventuais perdas de sinal *Wi-Fi* em áreas muito abertas ou distantes. No entanto, esses pontos não comprometeram o funcionamento geral da embarcação, sendo indicados como oportunidades de aprimoramento para futuras versões. Além disso, a estrutura demonstrou resistência e estabilidade, especialmente devido ao tratamento adequado dos materiais, que garantiu maior durabilidade e proteção contra agentes externos.

Do ponto de vista social e educacional, o projeto se revelou extremamente enriquecedor, proporcionando aos envolvidos um amplo desenvolvimento de habilidades técnicas, práticas e de conscientização ambiental. Mais do que um equipamento de monitoramento, o Nautic Eyes se consolida como uma ferramenta didática, capaz de estimular o interesse pela ciência, pela tecnologia e pela sustentabilidade em diferentes contextos, como instituições de ensino, feiras de ciências e projetos comunitários.

Em síntese, os resultados obtidos comprovam que é possível desenvolver soluções tecnológicas de baixo custo, eficientes e alinhadas aos princípios da sustentabilidade. O projeto se apresenta não apenas como uma alternativa viável para o monitoramento de corpos hídricos, mas também como um modelo replicável que pode ser aprimorado e expandido, contribuindo significativamente para a preservação

dos recursos naturais e para a educação ambiental. Assim, as perspectivas futuras envolvem o aperfeiçoamento dos sistemas de propulsão, vedação e comunicação, bem como a possibilidade de expansão da coleta de dados ambientais para aplicações em diferentes contextos e ecossistemas.

3.1 TRABALHOS FUTUROS

O avanço das tecnologias aplicadas ao monitoramento ambiental abre possibilidades promissoras para a evolução do projeto Nautic Eyes. Com base nos resultados e nas lacunas identificadas, algumas frentes futuras de desenvolvimento se mostram estratégicas. Uma delas é a ampliação dos sensores embarcados, incorporando módulos capazes de medir variáveis como pH, turbidez, condutividade elétrica e presença de metais pesados, o que permitirá uma análise ambiental mais completa e precisa.

Além disso, a integração de inteligência artificial poderá otimizar a interpretação de dados em tempo real, realizando classificações automáticas e fornecendo alertas imediatos em caso de detecção de anomalias ambientais. Essa capacidade aumentaria a eficiência do sistema e reduziria a necessidade de intervenção humana contínua.

Outra linha de aprimoramento envolve o reforço da estrutura física da embarcação, com testes em ambientes naturais mais exigentes, como rios com correnteza intensa ou zonas costeiras com salinidade variável. O uso de novos materiais recicláveis mais resistentes e de técnicas de fabricação modulares pode fortalecer a durabilidade da estrutura, Segundo Sato et al., (2016) a reciclagem surge como uma solução, reduzindo o volume a ser disposto, aumentando a vida útil dos aterros sanitários e permitindo o reaproveitamento dos resíduos. Com base nas análises realizadas durante o desenvolvimento e nos testes do protótipo, algumas melhorias futuras são sugeridas para ampliar a eficiência, a segurança e a sustentabilidade do projeto Nautic Eyes.

No que se refere à estrutura, recomenda-se a manutenção do uso de materiais sustentáveis, como bambu e garrafas PET, visto que estes cumprem satisfatoriamente sua função estrutural e contribuem de maneira significativa para a proposta ambiental do projeto, não havendo necessidade de substituição por alternativas mais robustas.

Quanto ao desempenho em ambientes de maior complexidade, como aqueles caracterizados por correntezas mais intensas, sugere-se a possibilidade de incremento da potência dos motores ou a adoção de sistemas de propulsão mais eficientes. Tal medida visa ampliar o controle da embarcação em situações adversas, devendo, contudo, estar alinhada aos princípios de eficiência energética e sustentabilidade que norteiam o projeto.

Em relação ao sistema elétrico e eletrônico, destaca-se a necessidade de aprimorar a vedação dos compartimentos que abrigam os componentes sensíveis, utilizando técnicas e materiais que conciliem proteção eficiente e baixo impacto ambiental. Essa melhoria busca não apenas prolongar a vida útil dos equipamentos, mas também minimizar riscos de falhas operacionais. Além disso, é recomendada a atualização do sistema de comunicação, de modo a aumentar a estabilidade do sinal e expandir seu alcance para além dos 12 metros observados nos testes atuais.

No âmbito da eficiência energética, considera-se pertinente a inclusão de painéis solares adicionais, com o objetivo de reduzir o tempo de recarga e ampliar a autonomia da embarcação. Complementarmente, sugere-se a substituição da câmera destinada à captura de imagens subaquáticas por equipamentos de maior qualidade, a fim de proporcionar registros mais nítidos e detalhados, potencializando as aplicações do projeto em monitoramentos ambientais.

Por fim, a criação de uma plataforma online de visualização integrada com sistemas de informação geográfica (SIG) permitirá o acompanhamento em tempo real dos dados coletados, contribuindo para a tomada de decisões por órgãos ambientais, pesquisadores e instituições educacionais. Essa conexão entre o campo e o digital tornará o Nautic Eyes ainda mais acessível, colaborativo e relevante para o enfrentamento de desafios ecológicos contemporâneos.

REFERÊNCIAS

DURANTE, Gabriel. **Desenvolvimento de uma rede de sensores sem fio para processamento de sinais acústicos marinhos**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

EIRAS, Amanda de Souza; RANGEL, Rayssa Vieira Rios Sardinha; CORDEIRO, Rogerio de Avellar Campos. Análise das ações da robótica educacional no âmbito da educação ambiental. **Revista Vértices**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. e25321140, 2024. DOI: 10.19180/1809-2667.v25n32023.21140.+9+++ Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/21140..> Acesso em: 3 jun. 2025.

ELTON ALISSON. **Ambientes marinhos e de água doce no Brasil sofrem com poluição por micro plásticos**. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/ambientes-marinhos-e-de-agua-doce-no-brasil-sofrem-com-poluicao-por-microplasticos/25429/>. Acesso em: 3 jun. 2025.

ETC2. **HCSR04: Ultrasonic Sensor Module Datasheet**. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132204/ETC2/HCSR04.html>. Acesso em: 4 jun. 2025.

ETC2. **MT3608: 2A Step-Up Converter Datasheet**. Disponível em: https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Mt3608&gad_source=1&gad_campaignid=1434060638&gbraid. Acesso em: 4 jun. 2025.

FIRME, Isabel Cristina Tomaz; DE OLIVEIRA, Manildo Marcião. **Microplásticos e impactos no meio ambiente: Análise de ocorrências no ambiente marinho**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 14, n. 1, p. 4-17, 2020.

GUIMARÃES, Lívio A. Demonstre em aula: um motor de corrente contínua. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 185-187, 1993.

MERCADO LIVRE. **Barco lancha 30km/h Alta Velocidade Controle Remoto 2.4GHz**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-5226350650-barco-lancha-30kmh-alta-velocidade-controle-remoto-24ghz-_JM. Acesso em: 3 jun. 2025.

SANTOS, Gleidison. **Desenvolvimento de sistemas de comunicação para embarcação movida à energia solar**. 2017.

SATO, SAS et al. Reciclagem de PET: potencialidades para sustentabilidade e inclusão social. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, 2016.

SOARES, Lucas Perdigão. **Sacolas plásticas biodegradáveis, alternativa para o meio ambiente: uma revisão bibliográfica**. 2023.